

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Stock de carbono almacenado en la biomasa aérea,
sotobosque y suelo en bosques andinos, Huancayo,
Perú, 2013**

Estudio realizado en los bosques andinos de Viques y la Hacienda Chorrillos
ubicados en la Provincia de Huancayo, Departamento de Junín

Indira Angela Luza Eyzaguirre

Para optar el Título Profesional de
Ingeniera Ambiental

Huancayo, 2014

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

DEDICATORIA

A mis grandes inspiraciones: mi familia, mi país, la ciencia y el arte.

A la cosmovisión andina quien comprende perfectamente el entorno geográfico.

A nuestra cultura peruana la cual dejó un gran legado lleno de tradiciones valiosas con mucha identidad; por la gran diversidad socio - ecológica que caracteriza como único al Perú.

A la magnífica *Gea* por su gran flujo de energía, único - hasta ahora - en el universo.

AGRADECIMIENTOS

A la música que por medio de mis bandas favoritas inspiraron a que esta investigación siga y porque el hombre canaliza tantas emociones.

Agradezco primeramente a todas esas estupendas mentes de genios que pasaron a la historia y quienes me transmitieron tanto con cada letra impresa por las cuales se convirtieron en mis mentores. Al gran investigador e inventor James Lovelock por su Hipótesis de GAIA, generadora de grandes debates; a Aldo Leopold por su gran y revolucionario artículo “La ética de la Tierra”, así mismo a Alvin Tofler por su obra “La tercera ola” y a los grandes científicos investigadores: Eugene Odum y Antonio Brack Egg por transmitirme tanto conocimiento ecológico.

Agradezco infinitamente a mi mamá y hermanitos por su apoyo incondicional y por ser parte de cada salida a campo para obtener todos los datos que hicieron realidad esta investigación y a mi papá por su interés pese a la distancia.

A mis asesores de tesis: Ing. Miguel Garay por su apoyo y confianza en este tema de investigación y al Ing. Luis Suarez por su impresionante disposición para la investigación en el ámbito ambiental, porque admiro su gran capacidad de interpretación, análisis, por mostrarme las ideas fascinantes que se pueden lograr tan solo investigando y por enseñarme que “El fin primordial de la investigación es la de contribuir a la solución de necesidades de la sociedad en base a resultados científicos”.

A Surazul; la persona más especial, única y el más completo que haya conocido mi eterno agradecimiento por todas aquellas conversaciones llenas de debates de todo tipo, por todos aquellos momentos tan intensos; gracias por la inspiración que me diste, gracias por compartir una magnífica historia conmigo y por ayudarme a descubrir un nuevo mundo lleno de tanta fantasía y emociones.

Agradezco todas las maravillosas enseñanzas de toda la experiencia y conocimiento transmitido de las personas más geniales que haya conocido:

- *“Echemos a andar este carro tan lindo llamado: Perú”* Dr. Jorge Ferrer – Docente de Responsabilidad Social; quien guio ésta idea de investigación

hacia lo que ahora es, por ser mi mentor en gran parte de mi filosofía socio – ambiental, por su gran motivación y ánimos por hacer crecer la patria y por compartir las distintas herramientas y cosas lindas que se pueden lograr en mi carrera.

- Al Dr. Francisco Tarazona – Docente de Fenómenos de Transportes; por la pasión puesta en cada clase, por tanta experiencia transmitida y por su disposición, iniciativa y motivación en el Semillero de Investigación.
- Al Ing. Guillermo Jaramillo – Docente de Modelado y Simulación; por sus enseñanzas, por su preocupación del avance de esta tesis y por enseñarme la otra cara de la ciencia: El modelado con herramientas ambientales como software es importante para la investigación ambiental.
- *“Que todas las cosas que hagas tengan significado, que sirvan para la eternidad”* Mg. David Pizarro – Docente de Lógica; un docente de quien aprendí que el campo ambiental está intrínseco en todo aspecto antropológico.
- Al Lic. Wilmer Medina – Docente de Ética por sus revistas sobre cosmovisión andina e identidad social que me ayudaron a comprender el lado humano de la sociedad.
- A la Ing. Olga Kostenko – Docente de Gestión de Residuos Peligrosos y Contaminación de Aguas, por transmitir su visión sobre el mundo y por contarme la fascinante historia de Chérbnyl.
- A la profesora Luz Supo – Docente de Estadística por enseñarme que “La importancia de las investigaciones no solo está en elaborar proyectos...” y sobre la gran importancia de las estadística en toda investigación.

A Trilce Guerra, Naty Huari, Julio Capacyachi, Daryl Estrella, Gaby Buendía, Janet Baltazar, Miguelito Domínguez, Daniel Asorza, Joseph Sedano, Alfonso Márquez, Santiago y Yanina Escobar por hacer de mis días en la universidad tan divertidas y por los únicos y especiales momentos compartidos.

Agradezco al decano de mi facultad: Ing. Ricardo Salcedo por su presencia inesperada en aquel evento de gran importancia para mí; a la Ing. Jacqueline Hilario Pérez por su ayuda en las gestiones para hacer viable esta investigación, al Ing. Eleuterio Torres quien le dio visión a esta idea, al Dr. Hildegardo Córdova quien por medio del Coloquio de la PUCP mostró interés en este tema, a la organización de

Graña y Montero por hacerme partícipe del concurso “Estructurando tus ideas” con el artículo de esta investigación y al Ing. William Porras Subgerente de Desarrollo Social y Comunal, quien hizo viable el acceso al bosque de Viques.

Agradezco a los encargados de la hacienda de Chorrillos y a su anímica mascota: Fausto; quien hizo que la toma de datos sea muy divertida.

INDICE

RESUMEN	XIV
CAPITULO I: INTRODUCCION	1
1.1. FUNDAMENTACIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. OBJETIVOS	3
1.2.1. OBJETIVO PRINCIPAL	3
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.3. JUSTIFICACIÓN	4
1.3.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	4
1.3.2. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL	4
1.3.3. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	4
1.4. DELIMITACIÓN	5
1.4.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL	5
1.4.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL	5
1.4.3. DELIMITACIÓN TEÓRICA	5
1.5. FUNDAMENTACIÓN Y FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS	5
HIPÓTESIS GENERAL	5
HIPÓTESIS ESPECIFICAS	6
1.6. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES	6
CAPITULO II: MARCO TEORICO	8
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	8
2.2. BASES TEÓRICOS	15
I. CAMBIO CLIMÁTICO:	15
II. EFECTO INVERNADERO:	17
III. GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI):	19
IV. CO ₂ :	19
V. PROTOCOLO DE KIOTO:	21
VI. MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO (MDL):	21
VII. REDUCCIÓN DE EMISIONES Y DEGRADACIÓN FORESTAL (REDD):	22
VIII. MERCADO DE BONOS DE CARBONO:	24
IX. PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES (PSA):	26
X. CICLO DEL CARBONO:	27
XI. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS BONOS DE CARBONO:	32
XII. STOCK DE CO ₂ :	33
XIII. SUELO	34
XIV. BIOMASA:	39
XV. MÉTODOS DE MEDICIÓN DEL STOCK DE CARBONO:	41
XVI. EUCALYPTUS GLOBULUS LABILL:	44
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	46
I. BIOMASA:	46
II. SOTOBOSQUE:	46
III. SUELO:	47
IV. CARBONO:	47
V. CAMBIO CLIMÁTICO:	47
VI. SERVICIOS AMBIENTALES:	47

VII. SERVICIOS ECOLÓGICOS:	47
VIII. VALOR ECOLÓGICO:	47
IX. BOSQUES ANDINOS:	48
CAPITULO III: METODOLOGIA	49
3.1. TIPIFICACIÓN Y MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN	49
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	49
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	50
3.3.1. DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN	50
3.3.2. DETERMINACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA ESTIMAR EL STOCK DE CARBONO	53
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	55
FASES DE LA INVESTIGACIÓN	55
1º. FASE DE PLANIFICACIÓN	56
1.1. <i>Recopilación de información y revisión bibliográfica:</i>	56
1.2. <i>Gestión para los permisos respectivos:</i>	56
1.3. <i>Adquisición de los equipos, herramientas e instrumentos requeridos:</i>	56
2º. FASE DE EJECUCIÓN	56
2.1. <i>Protocolos</i>	56
2.1.1. <i>Biomasa aérea</i>	58
2.1.2. <i>Sotobosque</i>	60
2.1.3. <i>Suelos</i>	61
2.2. <i>Interpretación de resultados para las muestras de suelo</i>	63
2.3. <i>Valoración económica de los ecosistemas forestales</i>	64
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION	65
4.1. TRATAMIENTO, ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	65
4.1.1. VARIABLE INDEPENDIENTE:	65
4.1.1.1. Clima: Temperatura y precipitación promedio	65
4.1.1.2. Topografía	66
4.1.1.3. Hidrografía	68
4.1.1.4. Ecorregión	70
4.1.2. VARIABLE DEPENDIENTE:	72
4.1.2.1. Datos obtenidos de la Biomasa Aérea	73
4.1.2.2. Datos obtenidos del Sotobosque	77
4.1.2.3. Datos obtenidos del Suelo	81
4.1.2.4. Datos comparativos entre componentes	86
4.1.2.5. Valoración económica de los bosques andinos	89
4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS	93
4.2.1. <i>NIVEL DE SIGNIFICANCIA (A)</i>	93
4.2.2. <i>RESULTADOS DEL ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO</i>	93
4.2.3. <i>DETERMINAR EL TIPO DE DISTRIBUCIÓN QUE SIGUEN LOS DATOS "SPSS"</i>	95
4.2.4. <i>IGUALDAD DE VARIANZA EN "SPSS"</i>	95
4.2.5. <i>ANÁLISIS DE LA HIPÓTESIS GENERAL</i>	96
4.2.5.1. Elegir el estadístico de prueba	97
4.2.5.2. Resultados de la prueba paramétrica t-Student	97
4.2.5.3. Tomar la decisión (aceptar o rechazar)	97
4.2.5.4. Resultados de la prueba no paramétrica de WILCOXON para muestras independientes (Statdisk)	98

4.2.5.5. Tomar la decisión (aceptar o rechazar)	98
4.2.6. ANÁLISIS DE LAS HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1	99
4.2.6.1. Análisis en componentes de la Hacienda Chorrillos	99
4.2.6.2. Prueba de componentes en el bosque de Viques	100
4.2.7. ANÁLISIS DE LAS HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2: CHORRILLOS	101
4.2.7.1. Stock de carbono respecto a la temperatura (°C)	101
4.2.7.2. Stock de carbono respecto a la altitud (m.s.n.m)	102
4.2.7.3. Stock de carbono respecto a la pendiente (%)	103
4.2.7.4. Stock de carbono respecto a la precipitación (mm)	104
4.2.8. ANÁLISIS DE LAS HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2: VIQUES	105
4.2.8.1. Stock de carbono respecto a la temperatura (°C)	106
4.2.8.2. Stock de carbono respecto a la altitud (m.s.n.m)	107
4.2.8.3. Stock de carbono respecto a la pendiente (%)	108
4.2.8.4. Stock de carbono respecto a la precipitación (mm)	109
4.2.9. ANÁLISIS DE LAS HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3	111
CONCLUSIONES	112
RECOMENDACIONES	116
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	119
ANEXOS	123
I. MATRIZ DE CONSISTENCIA	123
TIPIFICACIÓN Y MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN	123
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	123
POBLACIÓN Y MUESTRA	123
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	123
II. EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS	125
III. EVIDENCIAS DEL ANÁLISIS REALIZADO EN EL LABORATORIO DE LA UNALM EN LIMA	130

Tablas

Tabla 1: Operalización de variables. _____	7
Tabla 2: Biomasa total estimada y carbono almacenado por sitio de estudio en el centro del estado de Veracruz. _____	10
Tabla 3: Metodología para determinar las parcelas. _____	11
Tabla 4: Carbono Almacenado para cada estrato estudiado. _____	13
Tabla 5: Valores del Carbono total. _____	13
Tabla 6: Fuentes generadoras de GEI según el CONAM (2002). _____	18
Tabla 7: Emisiones históricas de CO ₂ . _____	20
Tabla 8: Medida anual del CO ₂ a nivel mundial _____	20
Tabla 9: Medida histórica del nivel de CO ₂ _____	20
Tabla 10: Compromiso del Protocolo de Kioto. _____	21
Tabla 11: Principales Servicios Ambientales de los ecosistemas forestales _____	27
Tabla 12: Producción y reservas de carbono de los ecosistemas terrestres _____	28
Tabla 13: Coste del carbono captado por nuevas plantaciones mediante forestación o reforestación _____	33
Tabla 14: Beneficios ambientales del <i>Eucalypto globulus labill.</i> _____	45
Tabla 15: Tipo y método de investigación. _____	49
Tabla 16: Diseño de la investigación. _____	49
Tabla 17: Alcance de la investigación. _____	50
Tabla 18: Especificaciones de la población del bosque de Viques. _____	51
Tabla 19: Especificaciones de la población del bosque Hacienda Chorrillos. _____	52
Tabla 20: Leyenda de la división de muestras en el bosque de Viques. _____	54
Tabla 21: Leyenda de la división de muestras en el bosque Hacienda Chorrillos. _____	54
Tabla 22: Protocolo para la determinación de carbono en el componente aéreo, análisis en campo. _____	58
Tabla 23: Protocolo de fórmulas para la determinación de carbono en el componente aéreo. _____	59
Tabla 24: Procedimiento para la determinación de carbono en el componente de Sotobosque, análisis de campo. _____	60
Tabla 25: Procedimiento para la determinación de carbono en el Sotobosque, análisis en laboratorio. _____	60
Tabla 26: Formulario para el análisis de gabinete para determinar el carbono en el Sotobosque. _____	61
Tabla 27: Procedimiento para tomar muestra en campo en el Suelo. _____	61
Tabla 28: Protocolo para analizar en laboratorio las muestras de suelo recolectadas. _____	62
Tabla 29: Formulario para el análisis de suelos. _____	63
Tabla 30: Tabla de interpretación de salinidad y pH para el análisis de suelos según la UNALM. _____	63
Tabla 31: Tabla de interpretación de materia orgánica, fósforo y potasio disponible para el análisis de suelos según la UNALM. _____	63
Tabla 32: Tabla de interpretación de las relaciones catiónicas para el análisis de suelos según la UNALM. _____	63
Tabla 33: Tabla de interpretación de la clase textural para el análisis de suelos según la UNALM. _____	63
Tabla 34: Valores de Nitrógeno en el suelo según Moreno (1998). _____	64
Tabla 35: Valores de la densidad aparente para el análisis del suelo según Delgadillo. _____	64
Tabla 36: Metodología para la valoración económica de los ecosistemas forestales. _____	64
Tabla 37: Resultados del análisis de los Factores climatológicos. _____	66
Tabla 38: Características topográficas de las zonas de estudio por sensoramiento remoto (Google Earth) _____	66

Tabla 39: Resultados obtenidos de la Hidrografía. _____	69
Tabla 40: Resultados sobre el número de árboles inventariados, hectáreas y edad de los bosques andinos estudiados. _____	74
Tabla 41: Resultados de la biomasa aérea total en toneladas de carbono y dióxido de carbono almacenado. _____	76
Tabla 42: Resultados de la estimación de biomasa, carbono y dióxido de carbono en el Sotobosque. _____	77
Tabla 43: Resultados de la densidad aparente, temperatura promedio y porcentaje de humedad en el suelo. _____	82
Tabla 44: Resultados del análisis de caracterización del suelo según el laboratorio de la UNALM. _____	84
Tabla 45: Resultados finales de la reserva de carbono y dióxido de carbono en el suelo. _	85
Tabla 46: Resultados obtenidos referido a la Valoración económica según el stock de carbono en los bosques andinos estudiados. _____	90
Tabla 47: Nivel de significancia (α) para la prueba estadística. _____	93
Tabla 48: Resultado del estadístico descriptivo en SPSS. _____	94
Tabla 49: Resultados de las medidas de posición de los datos. _____	94
Tabla 50: Resultado de la prueba de normalidad mediante el análisis de Kolmogorov-Smirov en SPSS. _____	95
Tabla 51: Criterio y calificación de NORMALIDAD según SPSS. _____	95
Tabla 52: Criterio y conclusión del análisis de igualdad de varianzas en Excel. _____	96
Tabla 53: Criterio para el análisis estadístico. _____	96
Tabla 54: Análisis y planteamiento de la hipótesis general; prueba de dos colas o bilateral.96	
Tabla 55: Resultados de la prueba paramétrica de muestras independientes (t-Student) en SPSS. _____	97
Tabla 56: Criterio, conclusión e interpretación de la prueba de hipótesis. _____	98
Tabla 57: Resultados de la prueba no paramétrica de Wilcoxon para muestras independientes con Statdisk. _____	98
Tabla 58: Análisis y planteamiento de la hipótesis específica 1. _____	99
Tabla 59: Resultados de la prueba Kruskal-Wallis para Chorrillos. _____	99
Tabla 60: Resultados de la prueba Kruskal-Wallis para Viques. _____	100
Tabla 61: Planteamiento de la hipótesis específica 2 para Chorrillos. _____	101
Tabla 62: Estadístico de prueba respecto a la correlación de variables. _____	101
Tabla 63: Resultado de la prueba de correlación del stock de carbono respecto a la temperatura en Chorrillos. _____	101
Tabla 64: Estadístico de prueba respecto a la correlación de variables. _____	102
Tabla 65: Resultado de la prueba de correlación del stock de carbono respecto a la altitud en Chorrillos. _____	102
Tabla 66: Estadístico de prueba respecto a la correlación de variables. _____	103
Tabla 67: Resultado de la prueba de correlación del stock de carbono respecto a la pendiente en Chorrillos. _____	103
Tabla 68: Estadístico de prueba respecto a la correlación de variables. _____	104
Tabla 69: Resultado de la prueba de correlación del stock de carbono respecto a la precipitación en Chorrillos. _____	104
Tabla 70: Planteamiento de la hipótesis específica 2 para Viques. _____	105
Tabla 71: Estadístico de prueba respecto a la correlación de variables. _____	106
Tabla 72: Resultado de la prueba de correlación del stock de carbono respecto a la temperatura en Viques. _____	106
Tabla 73: Estadístico de prueba respecto a la correlación de variables. _____	107
Tabla 74: Resultado de la prueba de correlación del stock de carbono respecto a la altitud en Viques. _____	107

<i>Tabla 75: Estadístico de prueba respecto a la correlación de variables.</i>	108
<i>Tabla 76: Resultado de la prueba de correlación del stock de carbono respecto a la pendiente en Viques.</i>	109
<i>Tabla 77: Estadístico de prueba respecto a la correlación de variables.</i>	109
<i>Tabla 78: Resultado de la prueba de correlación del stock de carbono respecto a la precipitación en Viques.</i>	110
<i>Tabla 79: Planteamiento y conclusión de la hipótesis específica 3.</i>	111
<i>Tabla 80: Matriz de Consistencia de la Investigación</i>	124
<i>Tabla 81: Fotografías del Bosque de Viques.</i>	125
<i>Tabla 82: Fotografías del bosque Hacienda Chorrillos.</i>	126
<i>Tabla 83: Algunos materiales usados en campo.</i>	126
<i>Tabla 84: Trabajo de campo en la Biomasa aérea.</i>	127
<i>Tabla 85: Trabajo de campo, Sotobosque.</i>	128
<i>Tabla 86: Trabajo de campo, Suelos.</i>	128
<i>Tabla 87: Trabajo en laboratorio.</i>	129

Figuras

<i>Figura 1: Metodología para determinar las parcelas.</i>	12
<i>Figura 2: Tamaño y forma de las sub muestras.</i>	12
<i>Figura 3: Ciclo y factores del Cambio Climático.</i>	15
<i>Figura 4: Ciclo del efecto invernadero.</i>	17
<i>Figura 5: Ciclo del Carbono en sistemas forestales</i>	27
<i>Figura 6: Dinámica de los flujos globales de carbono.</i>	27
<i>Figura 7: Reservas edáficas de carbono</i>	29
<i>Figura 8: Horizontes del suelo</i>	30
<i>Figura 9: Clima actual mundial</i>	31
<i>Figura 10: Dinámica del carbono</i>	31
<i>Figura 11: Modelo mundial del carbono según la NASA</i>	32
<i>Figura 12: Porcentaje mundial de stock de carbono</i>	34
<i>Figura 13: Ciclo terrestre del carbono del suelo</i>	39
<i>Figura 14: Distribución de la Biomasa en un bosque primario</i>	41
<i>Figura 15: Comparación de CO₂ por toneladas entre el Eucalypto globulus labill y especies del Pino.</i>	45
<i>Figura 16: Bosque de Viques, vista con Google Earth</i>	51
<i>Figura 17: Vista del bosque de Viques.</i>	51
<i>Figura 18: Bosque Hacienda Chorrillos, vista con Google Earth</i>	52
<i>Figura 19: Vista del bosque Hacienda Chorrillos.</i>	53
<i>Figura 20: División de muestras en el bosque de Viques.</i>	53
<i>Figura 21: División de muestras en el bosque de Viques.</i>	54
<i>Figura 22: Fases de la investigación</i>	55
<i>Figura 23: Depósitos de almacenamiento en un ecosistema forestal.</i>	57
<i>Figura 24: Método Cluster, no destructivo según el MINAM, 2009.</i>	57
<i>Figura 25: Análisis de la topografía a través de Imágenes Satelitales: (a) Bosque de Viques y (b) Bosque Hacienda Chorrillos.</i>	66
<i>Figura 26: Vista de la superficie topográfica del bosque de Viques (a) (b).</i>	67
<i>Figura 27: Vista de la superficie topográfica del bosque Hacienda Chorrillos (c) (d).</i>	68
<i>Figura 28: Análisis observacional de la influencia hidrológica en los bosques andinos estudiados.</i>	69
<i>Figura 29: Vista de la vegetación presente en el bosque de Viques (a) y de las pendientes en el bosque de Chorrillos (b).</i>	70
<i>Figura 30: Tipo de región natural según Pulgar Vidal de las zonas estudiadas.</i>	71
<i>Figura 31: Tipo de bosque (a) Bosque Seco-Montano Bajo Tropical (color celeste rayado) y (b) Bosque Húmedo-Montano Tropical (color verde petróleo).</i>	71
<i>Figura 32: (a y b) Vista del bosque de Chorrillos, se observan árboles más maduros en cuanto a biomasa. (c y d) Vista del bosque de Viques, se observan árboles más delgados en cuanto a diámetro.</i>	75
<i>Figura 33: Bosque de Viques: (a) escenario con ausencia de sotobosque, (b) escenario con sotobosque y (c) escenario pedregoso y presencia de especies de zonas áridas. Bosque Chorrillos: (d, e y f) todos los escenarios con presencia de sotobosque.</i>	80
<i>Figura 34: Variación del dióxido de carbono en los subcomponentes de tallos, hojas y otros en el Sotobosque en el bosque de Viques (a) y Chorrillos (b).</i>	81
<i>Figura 35: Resultados de la variación en porcentaje del C, N y MO en los suelos.</i>	85
<i>Figura 36: Resultados obtenidos de la variación del suelo referidos a la reserva de carbono y CO₂ en toneladas.</i>	86

<i>Figura 37: Resultados comparativos entre la biomasa aérea y sotobosque referidos a la biomasa.</i>	86
<i>Figura 38: Resultados comparativos entre los tres componentes analizados referidos al carbono almacenado.</i>	87
<i>Figura 39: Resultados comparativos entre los tres componentes analizados referidos al dióxido de carbono almacenado.</i>	87
<i>Figura 40: Vista del líquen presente en los árboles de Viques (a), vista de poblaciones de musgos presentes en los árboles de Chorrillos (b).</i>	89
<i>Figura 41: Valoración económica en tres escenarios para los ecosistemas forestales según la reserva de carbono.</i>	90
<i>Figura 42: Flujo de Stock de carbono, CO₂, valoración económica y otras características de los ecosistemas forestales estudiados.</i>	92
<i>Figura 43: Campana de Gauss para la prueba de Wilcoxon.</i>	98
<i>Figura 44: Resultados y campana de Gauss de la prueba de Kruskal-Wallis para el análisis de varianza de las muestras (biomasa aérea, sotobosque y suelo) de la Hacienda Chorrillos.</i>	99
<i>Figura 45: Resultados y campana de Gauss de la prueba de Kruskal-Wallis para el análisis de varianza de las muestras (biomasa aérea, sotobosque y suelo) del bosque de Viques.</i>	100
<i>Figura 46: Gráfico de dispersión de la correlación del stock de carbono respecto a la temperatura en Chorrillos (Xlstat y Statdisk).</i>	102
<i>Figura 47: Gráfico de dispersión de la correlación del stock de carbono respecto a la altitud en Chorrillos (Statdisk).</i>	103
<i>Figura 48: Gráfico de dispersión de la correlación del stock de carbono respecto a la pendiente en Chorrillos (Xlstat).</i>	104
<i>Figura 49: Gráfico de dispersión de la correlación del stock de carbono respecto a la precipitación en Chorrillos (Xlstat y Statdisk).</i>	105
<i>Figura 50: Gráfico de dispersión de la correlación del stock de carbono respecto a la temperatura en Viques (Xlstat y Statdisk).</i>	107
<i>Figura 51: Gráfico de dispersión de la correlación del stock de carbono respecto a la altitud en Viques (Xlstat y Statdisk).</i>	108
<i>Figura 52: Gráfico de dispersión de la correlación del stock de carbono respecto a la pendiente en Viques (Xlstat).</i>	109
<i>Figura 53: Gráfico de dispersión de la correlación del stock de carbono respecto a la precipitación en Viques (Xlstat y Statdisk).</i>	110
<i>Figura 54: Recepción de las muestras de suelo llevadas al laboratorio de suelos de la UNALM.</i>	130
<i>Figura 55: Envío de correos sobre el resultado del análisis especial y caracterización de suelos.</i>	131

RESUMEN

Uno de los grandes desafíos ambientales para la sociedad en la actualidad es el cambio climático, porque el incremento de sus indicadores contribuyen a la generación de los Gases de Efecto Invernadero, especialmente del dióxido de carbono (CO₂); por ello el análisis de la reserva o “Stock” de Carbono que almacenan los ecosistemas forestales como los bosques en sus diferentes componentes es de suma importancia; porque son considerados como los más importantes sumideros de carbono según los estudios de entidades de gran importancia como el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático o IPCC por sus siglas en inglés. El objetivo principal de esta investigación fue: Comparar el Stock de Carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo entre los bosques de Viques y la Hacienda Chorrillos y los objetivos específicos fueron: (i) Estimar dicho Stock en los componentes principales de estos ecosistemas forestales, (ii) Identificar la relación con los factores ambientales de la zona y (iii) Valorar económicamente en base a dicho Stock de Carbono. La metodología utilizada fue no destructiva a través de la ecuación alométrica de Brown según el MINAM. Para la determinación de parcelas se usó sensoramiento remoto por medio del Google Earth obteniendo 6 y 4 parcelas generales, 1 para caracterización del suelo, 18 y 12 para análisis especial de Carbono/Nitrógeno, 6 y 4 para el inventario forestal en Viques y Chorrillos respectivamente. Se concluyó que el bosque de Viques tiene mayor stock de Carbono almacenado en sus componentes (33291 t C/19ha y 122065 t CO₂/19ha) a diferencia del bosque de Chorrillos (2934 t C/10ha y 10758 t CO₂/10ha); esta variación se ve influenciado por la edad, hectáreas y factores ambientales (climáticos, topográficos, hidrográficos y tipo de ecorregión) comprobada estadísticamente con la prueba de hipótesis paramétrica t-student y no paramétrica de Wilcoxon para muestras independientes. La valoración económica de Viques fue de 332905 US\$/t C/19ha y para Chorrillos fue de 29339 US\$/t C/10ha.

Palabras clave: Stock de Carbono, Cambio Climático, Ecosistema Forestal, Valoración Económica de Servicios Ambientales.

ABSTRACT

One of the greatest environmental challenges today is the climate change, since the increase of the values of the indicators of climate change contribute to the generation of greenhouse gases, especially CO₂; therefore the analysis of the reservation or "Stock" that store carbon forest ecosystems such as forests in its different components is paramount; since they are considered as the most important carbon sinks based on studies of major institutions such as the IPCC. The main objective of this research was to compare the Stock Carbon stored in aboveground biomass, understory and ground between forests Viques and Finance Chorrillos and specific objectives were to estimate said Stock in the main components of these forest ecosystems, identify relation to environmental factors in the area and economic evaluations based on such Stock Carbon. The methodology used was through nondestructive allometric equation Brown. For determination of remote sensing plots used by the Google Earth 6 and 4 general obtaining plots , 1 for soil characterization, 18 and 12 for special analysis of C/N , 6 and 4 for forest inventory and Chorrillos respectively Viques. This research concluded that the forest has more stock Viques Carbon stored in its components (33291, 122065 tnC/19ha and tnCO₂/19ha) unlike Chorrillos Forest (2934 and 10758 tnC/10ha tnCO₂/10ha) influenced by the age hectares and environmental factors (climatic, topographic, hydrographic and type of ecoregion) as parametric test t – student hypothesis. Economic valuation of the first was U.S. \$ 332905/tnC/19ha and the second 29339 U.S.\$/tnC/10ha. The ecosystem management is an approach to natural resource management that focuses on maintaining ecosystems to meet both ecological and human future needs. These multidisciplinary but interdisciplinary teams also are needed. Humans depend on ecosystems to meet our needs; likewise, ecosystems can be understood as the biophysical basis of the economy.

Keywords: Stock Carbon, Climate Change, Forest Ecosystem, Economic Valuation of Environmental Services.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Fundamentación y formulación del problema

“Uno de los grandes desafíos ambientales en la actualidad es el cambio climático, ya que sus causas son locales con efectos globales. Más aún, el cambio climático es complejo ya que involucra muchos aspectos interconectados del sistema climático y sus impactos son múltiples y compuestos debido a las complejas estructuras sociales y económicas a nivel nacional como internacional” (Takahashi, K.; 2010; p. 19).

El incremento de los valores de los indicadores del Cambio Climático contribuyen a la generación de los *GEI*, especialmente del CO_2 ; por eso el análisis de la reserva o “Stock” de Carbono que almacenan los ecosistemas forestales como los bosques en sus diferentes componentes es de suma importancia; ya que son considerados como los más importantes sumideros de Carbono según los estudios de entidades de gran importancia como el *IPCC*. “Por ello la preocupación de la comunidad científica aumenta respecto al incremento de los espacios depredados, expansión de la agricultura industrializada” (ONU; 1992; p. 10), la tala de bosques, entre otros aspectos causados por las actividades antropogénicas que aceleran el proceso natural del Cambio Climático. La demanda del mercado económico está en expansión y causando efectos irreversibles en los sistemas de la Tierra; es por eso que se formaron acuerdos mundiales como el protocolo de Kioto donde se propusieron los Mecanismos de Desarrollo Limpio (*MDL*); el cual

incluye el mercado o bonos de Carbono en el sector industrial dándole valor económico a un determinado ecosistema en base a las reservas o “Stock” de Carbono almacenado propuesto según el libro sobre Reducción de las Emisiones Producto de la Deforestación y la Degradación Ambiental o REDD por sus siglas en inglés. Los países en desarrollo aportan gran cantidad de biomasa vegetal que actúan a manera de pulmón por limpiar la atmósfera a través de la captación de CO₂ en el proceso de fotosíntesis. Los países industrializados pagan por este servicio resultándoles más barato obtener Certificados de Reducción (CERs) que reducir las emisiones de CO₂ in situ; el cual no siempre debería ser la solución sino de implementar tecnologías más limpias.

Los bosques andinos son ecosistemas que están ubicados a más de 3.500 m.s.n.m. y son los guardianes de la vida en el planeta, los beneficios que proporcionan van del ámbito local al mundial. Los bosques andinos son claves para regular las actuales variaciones de temperatura, ya que crean microclimas. (MINAM, 2011, p. 25). Los factores ambientales como la climatología (temperatura, precipitación), hidrología, topografía y tipología ecosistémica del lugar; así mismo los factores ambientales del suelo como la temperatura, humedad, pH, entre otros influyen directamente en las reservas o “Stock” de Carbono en los componentes de un ecosistema forestal: Biomasa aérea, Sotobosque y suelo.

El Valle del Mantaro se caracteriza por presentar variabilidad climática y topográfica de múltiples sectores de vegetación, las que reciben un impacto por las actividades antropogénicas que cada vez requiere de mayores extensiones de terreno altamente fértiles, es por eso que es necesario y urgente realizar una aproximación o estimación a la valoración económica de los servicios ambientales de ecosistemas forestales como los bosques; por ser una herramienta que brinda una perspectiva interdisciplinaria respecto a la reducción del Cambio Climático, principalmente de los *GEI*. En base a lo mencionado anteriormente se plantearon las siguientes interrogantes como problemas encontrados a las necesidades existentes:

¿Cuál es la relación del Stock de Carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo entre los bosques de Viques y la Hacienda Chorrillos?

¿Cuánto es el Stock de Carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo en los bosques de Viques y la Hacienda Chorrillos?

¿Qué factores ambientales se relacionan con la variación del Stock de Carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo en los bosques de Viques y la Hacienda Chorrillos?

¿Cuánto es la valoración económica en base al Stock de Carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo que tienen los bosques de Viques y la Hacienda Chorrillos?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo principal

- Comparar el Stock de Carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo entre los bosques de Viques y la Hacienda Chorrillos.

1.2.2. Objetivos específicos

- Estimar el Stock de Carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo en los bosques de Viques y la Hacienda Chorrillos.
- Identificar la relación que tienen los factores ambientales con la variación del Stock de Carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo en los bosques de Viques y la Hacienda Chorrillos.
- Valorar económicamente en base al Stock de Carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo en los bosques de Viques y la Hacienda Chorrillos.

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación teórica

- Esta investigación es de suma importancia para la comunidad científica, porque en base a los resultados se podrá tener una perspectiva más amplia de cómo actúa el Cambio Climático en el Valle del Mantaro; así mismo se podrá valorar económicamente un ecosistema, es decir dicha valoración servirá como guía para la gestión ambiental como la implementación y cumplimiento de políticas ambientales; ya que se podrá entender mejor el ambiente geográfico a nivel ecológico.

1.3.2. Justificación ambiental

- La ubicación geográfica del Perú (franja ecuatorial) nos hace beneficiarios de tener una gran biodiversidad, pero actualmente los efectos de los problemas ambientales globales como el Cambio Climático vienen incrementándose a causa de las actividades antropogénicas diversas; es por eso que es necesario realizar investigaciones de corte científico en el campo de la Ingeniería Ambiental, teniendo en cuenta la realidad diversificada de los ecosistemas altoandinos, con el fin de probar la influencia de las actividades antropogénicas en la aceleración del Cambio Climático.

1.3.3. Justificación práctica

- La estimación del Stock de Carbono es una alternativa de desarrollo sostenible, ya que proporciona viabilidad técnica al financiamiento de proyectos sobre la absorción y captura de Carbono de los bosques; esto porque el costo por tonelada de carbono almacenado usualmente es superior a 5 US\$/t C por ello dicho financiamiento podría ser una herramienta clave en los proyectos de preservación, conservación y mitigación ambiental.

1.4. Delimitación

1.4.1. Delimitación espacial

- La investigación se ejecutó en dos zonas de estudio: distrito de Viques y distrito de Huancayo (Chorrillos); pertenecientes a la provincia de Huancayo, departamento de Junín.

1.4.2. Delimitación temporal

- La investigación se ejecutó en 8 meses en las zonas de estudio mencionadas para la obtención de datos, envío de muestras al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina en Lima y finalmente análisis posteriores en el laboratorio de Química/Biología de la Universidad Continental.

1.4.3. Delimitación teórica

- Para la recolección de datos de Stock de Carbono almacenado en los componentes de los boques se utilizó herramientas y materiales disponibles previa coordinación.

1.5. Fundamentación y formulación de la hipótesis

Se formularon las hipótesis generales y específicas, cada una fundamentada con una hipótesis nula (H_0) y alternativa (H_1); especificadas a continuación:

Hipótesis general

- **H_0 :** El Stock de Carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo del Bosque Hacienda Chorrillos es igual al Stock de Carbono almacenado del bosque de Viques.
- **H_1 :** El Stock de Carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo del Bosque Hacienda Chorrillos es diferente al Stock de Carbono almacenado del bosque de Viques.

Hipótesis específicas

- **Ho:** El Stock de Carbono almacenado es los componentes del bosque de Viques es mayor que el Stock de Carbono almacenado en los componentes del bosque Hacienda Chorrillos.
- **H1:** El Stock de Carbono almacenado es los componentes del bosque de Viques es menor que el stock de C almacenado en los componentes del bosque Hacienda Chorrillos.

- **Ho:** Los factores ambientales influyen directamente en el Stock de Carbono almacenado en los componentes de los bosques andinos.
- **H1:** Los factores ambientales no influyen en el Stock de Carbono almacenado en los componentes de los bosques andinos.

- **Ho:** El bosque de Viques tiene mayor valoración económica que el bosque Hacienda Chorrillos respecto al Stock de Carbono almacenado en sus componentes.
- **H1:** El bosque de Viques tiene menor valoración económica que el bosque Hacienda Chorrillos respecto al Stock de Carbono almacenado en sus componentes.

1.6. Identificación y descripción de variables

VD: Stock de Carbono almacenado en los componentes del bosque: biomasa aérea, sotobosque y suelo.

VI: Ubicación Geográfica referido a los Factores Ambientales de los bosques andinos de Viques y Hacienda Chorrillos.

Fuente: Elaboración propia.

Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidad
VD			
Stock de Carbono almacenado en los componentes del bosque.	Biomasa aérea	Hectáreas totales de cada bosque.	ha
		Arboles inventariados.	# árboles
		Medición de circunferencia de árboles inventariados.	cm
		Cálculo del área y volumen de la biomasa.	m ² y m ³
		Medición del ángulo con clinómetro.	Grados
		Estimación del Carbono almacenado.	t C/ha
		Estimación del CO ₂ almacenado.	t CO ₂ /ha

	Sotobosque	Recolección de sotobosque (hojas, tallos y otros) en un área de 0.25 m ² y su posterior pesaje en húmedo y seco.	g
		Estimación del Carbono almacenado.	t C/ha
		Estimación del CO ₂ almacenado.	t CO ₂ /ha
	Suelo	Medición insitu en la recolección de muestras de la temperatura.	°C
		Medición de pH, humedad y conductividad eléctrica en laboratorio.	%, dS/m
		Mediciones de densidad aparente del suelo.	g/cm ³
		Caracterización del suelo por medio del análisis en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la UNALM, Lima. Textura, Conductividad Eléctrica, Análisis Mecánico y Cationes cambiables .	% ppm
		Análisis especial en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la UNALM, Lima.	%C, %N, C/N
		Estimación del Carbono almacenado.	t C/ha
		Estimación del CO ₂ almacenado.	t CO ₂ /ha
Valoración económica	Estandarización internacional de precios por t/ha.	US\$/ t/ha	

La reserva de carbono se inicia con los flujos constantes de emisiones a largo plazo; se inicia en el ciclo del carbono con la intervención del ciclo hidrológico. Así el stock de carbono depende de la ubicación o del tipo de ecosistema que almacena en su biomasa el carbono y por lo tanto el dióxido de carbono; muchos estudios mencionan incluso que a mayor altitud los ecosistemas forestales almacenan mayor cantidad de carbono.

VI			
Ubicación geográfica de los bosques andinos	Factores ambientales de la zona		
	Climatología	Presencia de vientos. (observacional)	+/-
		Precipitación según la data de estaciones.	mm/año
		Temperatura máxima de la zona según data de estaciones.	°C
	Topografía	Pendiente (sensoramiento remoto)	%
	Hidrografía	Presencia de cuerpos de agua (observacional)	# de cuerpos de agua
	Ecorregión	Mapa ecológico de Junín. Bibliografía (Brack, Antonio y Pulgar, Javier).	Imágenes cartográficas
	Ubicación geográfica	Coordenadas UTM, elevación y área por sensoramiento remoto.	Norte, Este m.s.n.m. ha

La ubicación geográfica de cada ecosistema depende del proceso geológico de formación que cada zona tuvo, como la diferencia entre el mar peruano, la selva o la cordillera de los Andes. La zona a estudiarse son bosques andinos, que son ecosistemas ubicados a 3500 m.s.n.m. aproximadamente; así mismo el Valle del Mantaro se caracteriza por presentar variabilidad climática y topográfica por ello esta variable es dependiente al historial geográfico de cada zona.

Tabla 1: Operalización de variables.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

Se desarrolló un estudio en tres zonas del Valle del Mantaro, el bosque del Fundo “El Porvenir” (*Eucalyptus globulus labill*), el bosque de la comunidad de Chamiseria (*Pinus radiata d.don*) y el bosque Dorado – anexo de Paccha (*Polylepis incana H&B*). Se utilizaron parcelas de 50m x 50m, 20m x 20m y 10m x 30m, respectivamente, con un total de 9 parcelas para cada lugar. Se realizó un muestreo de la masa arbórea (inventario forestal) con la finalidad de cuantificar el almacenamiento de carbono y obtener la cantidad de CO₂ capturado por la biomasa total. La biomasa del sotobosque fue recolectada en una subparcela de 1m² dentro de cada parcela. El bosque de *Eucalyptus globulus labill* tuvo un almacenamiento de carbono de 234,22 t C/ha, el bosque *Pinus radiata d.don* se obtuvo un almacenamiento de carbono de 141,50 t C/ha y para el bosque de *Polylepis incana H&B* se obtuvo un almacenamiento de carbono de 156,45 t C/ha. Se capturo CO₂ de la atmosfera y se incorporó a la biomasa total (madera, ramas principales y secundarias, hojas, raíces y suelos), 63,88 t C/ha en el bosque *Eucalyptus globulus labill*, 38,59 t C/ha para el bosque de *Pinus radiata d.don* y 42,67 t C/ha para el bosque de *Polylepis incana H&B*. Las mediciones de flujo de CO₂ de los suelos se realizaron utilizando el equipo EGM 4 analizador de gas infrarrojo (IRGA), la temperatura y la humedad se midieron de manera independiente. Los valores de la mediana del flujo de CO₂ en el suelo fueron medidos en los meses de la época seca (mayo, junio, julio, agosto y

septiembre). Se reportó un flujo de CO₂ de 170,00 mg/m²/ha, 165,00 mg/m²/ha y 530,00 mg/m²/ha para los bosques de *Eucalyptus globulus labill*, *Pinus radiata d.don* y *Polylepis incana H&B* respectivamente. (Dávila et al; 2008).

En un análisis del stock y flujos de carbono, se utilizó 104 parcelas permanentes ubicadas en bosques primarios donde hubo 91,584 árboles inventariados con diámetro ≥ 10 cm totalizando un área cubierta: 163.2 ha. Las conclusiones fueron: A) El análisis del stock y los flujos del carbono nos permiten un mejor entendimiento de la dinámica del bosque amazónico. B) El stock de carbono puede variar debido a los cambios climáticos, por lo tanto, el monitoreo a largo plazo es fundamental y las posibilidades de colaboración de RAINFOR dentro de un proyecto de REDD. C) Probar si las ecuaciones alométricas para estimar la biomasa son confiables para los bosques peruanos. D) Abastecer con información básica sobre el stock de carbono de los bosques de tierra firme en la Amazonia peruana (árboles, madera muerta, suelos). E) Parcelas permanentes para monitorear los cambios en el stock y los flujos de carbono al largo plazo. (Phillips y Lloyd; 2007).

Se menciona en un estudio de que por medio del pago por servicios ambientales se puede compensar a los propietarios para que conserven o aumenten la cobertura arbórea. Estimar la biomasa forestal existente mediante la masa por unidad de volumen, la capacidad de almacenamiento de carbono de las fincas es directamente proporcional a la biomasa leñosa presente. Se comparan estos resultados con otros estudios con el fin de evaluar las posibilidades de participar en los mercados para este tipo de servicio ambiental. La determinación adecuada de la biomasa forestal permite determinar la cantidad de carbono, es fuente de información importante para los proyectos de servicios ambientales. Los sistemas agroforestales han sido reconocidos como parte de los sumideros de carbono pero aún no se conoce mucho sobre su potencial. La captura de carbono representa un sistema para proporcionar un valor económico agregado, al propiciar la captación de carbono sino también integrarse al desarrollo sustentable del país. La estimación de la biomasa permite también permite establecer la cantidad de bióxido de carbono que puede ser removida de la atmósfera por la reforestación. El objetivo de este estudio fue estimar la cantidad de carbono

almacenado por la biomasa de fuste, ramas y hojas. Debido a las limitaciones económicas se escogieron solamente seis especies de las más representativas, abundantes y con el más alto potencial comercial que se encontraron en las fincas estudiadas. El estudio de la biomasa de seis especies de árboles en cuatro fincas; la finca VBM se califica como cultivo rústico con manejo medio-híbrido, mientras que las fincas PAN, MOR y ESM se caracterizan por ser policultivos simples con manejo alto-híbrido; así como se muestra en la tabla (2) la especie en la categoría Rústicos almacena mayor carbono con 42.4 t /ha. (Dávalos y Rodríguez; 2002).

Fuente: Dávalos, R. et al. (2002). Almacenamiento de carbono. México.

Categoría	Clave	Individuos /ha	DAP prom (cm)	Área basal (m ² /ha)	Altura promedio (m)	Volumen /ha (m ³ /ha)	Biomasa total/ha (m ³ /ha)	Peso /ha (T/ha)	Carbono alm/ha (TC/ha)	Carbono alm/ha Promedio (T/ha)
Bosques	CAÑ	684	17.3	14.63	10.89	75.87	159.33	79.67	39.8	28.0
	PAR	593	15.7	9.01	9.15	30.65	64.37	32.18	16.1	
Rústicos	MIR	137	33.0	18.20	12.54	88.07	184.95	92.48	46.2	42.4
	ORD	165	41.2	13.30	10.58	56.86	119.42	59.71	29.9	
	ARM	155	37.2	28.05	10.03	121.14	254.40	127.20	63.6	
	ZOP	120	37.2	21.28	10.60	94.83	199.15	99.58	49.8	
	VBM	153	31.3	12.22	13.46	79.22	166.36	83.18	41.6	
	ONZ	210	23.9	12.72	9.53	44.53	93.51	46.75	23.4	
Policultivos	ALU	420	17.7	11.87	7.80	35.60	74.75	37.38	18.7	16.0
	PAN	386	18.4	9.10	5.42	21.44	45.03	22.51	11.3	
	MOR	279	19.6	6.99	9.08	20.69	43.45	21.72	10.9	
	AUR	393	27.2	15.04	12.64	59.06	124.04	62.02	31.0	
	ESM	192	22.4	12.37	10.28	49.45	103.84	51.92	26.0	
	VCS	274	18.7	8.43	6.44	16.94	35.57	17.79	8.9	
	AXO	310	15.8	5.79	6.25	10.64	22.34	11.17	5.6	
Monocultivos	VSE	266	18.3	7.75	5.48	12.55	26.36	13.18	6.6	4.5
	MTZ	167	16.1	3.79	4.11	4.67	9.80	4.90	2.5	

Categoría	Carbono almacenado /ha Promedio (T/ha)	Pago sugerido por almacenamiento de carbono / ha (Pesos Mex / ha)	Pago redondeado (Pesos Mex / ha)
Rústicos	42,4	1259	1250
Policultivos	16,1	478	500
Monocultivos	4,5	134	150

Tabla 2: Biomasa total estimada y carbono almacenado por sitio de estudio en el centro del estado de Veracruz.

Los árboles eran libres de plagas y enfermedades y libres de defectos tanto físicos como mecánicos. Para la obtención de la biomasa del fuste se derribaron los árboles seleccionados y se cortaron los fustes en trozos de 1.20 m. El peso total de las trozas se calculó tomando en cuenta su volumen a partir de los datos de densidad determinados, las hojas y frutos se pesaron en conjunto y su peso se agregó al de las ramas y fustes para el cálculo de la

biomasa total. Sobre el pago por servicios ambientales de captura y almacenamiento de carbono: ¿Cuánto se debe pagar para que los propietarios de las fincas tengan un incentivo suficiente para mantener la cobertura vegetal de sus fincas como reservorio de biodiversidad?; la tarifa aceptable para los países industriales que pagarían los bonos de carbono sería \$2.70 dólares por tonelada de carbono almacenado. Por lo tanto es una fuente adicional de ingreso para cafeticultores (café + pago por secuestro de C + valor de la madera de buena calidad).

El MINAG realizó un estudio donde el objetivo principal fue: Estimar el contenido de carbono almacenado en la biomasa del bosque de la Comunidad Nativa Ese'esja de Infierno. Así mismo los objetivos específicos: a) Estimar el contenido de carbono almacenado en el reservorio aéreo; b) Estimar el contenido de carbono almacenado en el reservorio subterráneo; c) Estimar el contenido de carbono en hojarasca y d) Estimar el contenido de carbono orgánico del suelo; la metodología para estimar el contenido de carbono en el reservorio aéreo se basó según el diámetro del tronco por el método destructivo como se muestra en la tabla (3) y figura (1), mediante el cual se obtuvo los radios de las sub parcelas circulares como se muestra en la figura (2). (MINAG; 2012).

Fuente: MINAG. (2012). Estimación del carbono en la biomasa. Perú.

Parcelas Circulares Anidadas

Diámetro del Tronco	Radio de las Sub parcelas circulares
Muestreo destructivo	1m
5 – 19.9 cm de DAP	5m
20 – 49.9 cm de DAP	16m
> de 50cm de DAP	30m

Tabla 3: Metodología para determinar las parcelas.

Fuente: MINAG. (2012). Estimación del carbono en la biomasa. Perú.

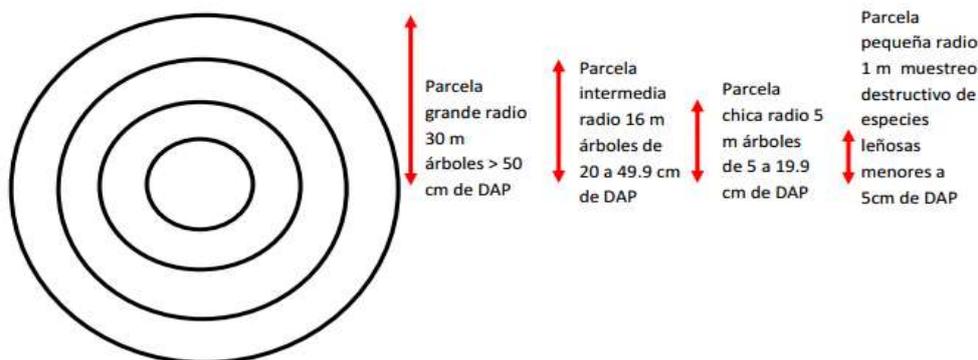


Figura 1: Metodología para determinar las parcelas.

Fuente: MINAG. (2012). Estimación del carbono en la biomasa. Perú.

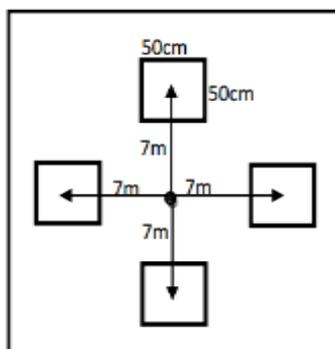


Figura 2: Tamaño y forma de las submuestras.

El estudio concluyó que el área total de estudio tiene una extensión de 17,913.5 ha que comprende al bosque de la comunidad de infierno, concesión de ecoturismo y su área de influencia a 2 km. Con el inventario de carbono se validó la estratificación realizada al área de estudio. Las parcelas evaluadas en el inventario de carbono fueron un total de 67, de las cuales 50 fueron muestreadas en áreas de cobertura boscosa y 17 en bosque secundario de diferentes años (5-10 años, 10-20 años y más de 20 años). Se realizó la estimación del carbono almacenado para 4 reservorios de acuerdo a la estratificación del área de estudio. Los reservorios estimados fueron: Reservorio aéreo, Reservorio subterráneo, Hojarasca, Carbono orgánico del suelo. De acuerdo a los reservorios estimados para cada estrato podemos determinar que el bosque de aguajal mixto almacena el mayor alto contenido de carbono en t/ha frente a los demás tipos de bosque del área de estudio. Como se observa en la tabla (4) el área de estudio almacena un total de 3,123,170.3 t de carbono equivalente a 11,451,624.5 t de CO₂.

Fuente: MINAG. (2012). Estimación del carbono en la biomasa. Perú.

Estratos	Carbono (tn/ha)	Superficie (ha)	Carbono (tn)	tCO ₂ -e
Aguajal mixto	242.6	111.6	27,084.8	99,311.1
Aluvial inundable	188.4	3,121.5	588,251.7	2,156,922.7
Terraza baja	184.6	8,532.9	1,575,447.4	5,776,640.6
Terraza disectada suave	151.7	6,147.4	932,386.4	3,418,750.1
Total		17,913.5	3,123,170.3	11,451,624.5

Tabla 4: Carbono Almacenado para cada estrato estudiado.

Una investigación realizada en un parque nacional se estimó el carbono en los bosques, siendo el objetivo del estudio de estimar de manera preliminar el stock de carbono en tres tipos de bosques presentes en el parque nacional. La hipótesis planteada es que existen diferencias significativas en el contenido de Carbono almacenado en esos tipos de bosques y se puede evidenciar con los valores obtenidos de carbono como se muestra en la tabla (5). (Pizzurno; 2003).

Fuente: Pizzurno, M. (2003). Estimación preliminar del stock de carbono en CAAZAPA.

Nombre científico	Carbono aéreo (tC)	Carbono radicular (tC)	Carbono total (tC)
<i>Chorisia speciosa</i>	0,42	0,10	0,52
<i>Patagonula americana</i>	7,05	1,69	8,74
<i>Cordia trichotoma</i>	1,06	0,25	1,31
<i>Cecropia pachystachya</i>	0,06	0,01	0,07
<i>Jacaratia spinosa</i>	0,03	0,01	0,04
<i>Rheedia brasiliensis</i>	0,02	0,00	0,02
<i>Alchornea triplinervia</i>	0,01	0,00	0,01
<i>Nectandra angustifolia</i>	1,14	0,27	1,42
<i>Nectandra lanceolata</i>	3,35	0,80	4,16
<i>Trichilia catigua</i>	0,04	0,01	0,05
<i>Sorocea bonplandii</i>	0,14	0,03	0,18
<i>Rapanea lorentziana</i>	0,06	0,01	0,07
<i>Plinia rivularis</i>	1,00	0,24	1,24
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	1,31	0,31	1,62
<i>Prunus subcoriacea</i>	1,50	0,36	1,86
<i>Citrus aurantium</i>	0,04	0,01	0,05
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	1,19	0,28	1,47
<i>Cupania vernalis</i>	0,02	0,01	0,03
<i>Diatenopteryx sorbifolia</i>	1,39	0,33	1,73
Total	19,82	4,76	24,58

Tabla 5: Valores del Carbono total.

Este estudio concluyó que en las seis parcelas instaladas en el Parque Nacional Caazapá se identificaron 22 familias botánicas, 42 géneros, 45 especies y 287 individuos que se encuentran distribuidos en tres estratos. Las familias más representativas corresponden a *fabaceae* con 9 especies, seguida por *meliaceae* con 5 especies, *rutaceae* con 4 especies, *lauraceae*, *moraceae* y *sapindaceae* con 3 especies cada una, *boraginaceae*, *myrtaceae* y *sapotaceae* con 2 especies. Las demás familias representan una sola especie. De una superficie total de 16.000 ha, el Bosque Denso Semidecídulo Estacionalmente Saturado ocupa 6436,8 ha; seguido por el Bosque Abierto Semidecídulo Subhúmedo con 4006,4 ha y el Bosque de Galería con 3894,4 ha. La serie de cálculos a las variables dasométricas relevadas en el campo arrojaron que el Bosque de Galería es el que posee mayor stock de carbono con 308,15 t C/ha; seguido por el Bosque Abierto Semidecídulo Subhúmedo con 195,2 t C/ha y por último el Bosque Denso Semidecídulo Estacionalmente Saturado con 151,3 t C/ha. Convertido a dióxido de carbono equivalente el Bosque de Galería almacena 1129,98 t CO₂/ha, el Bosque Abierto Semidecídulo Subhúmedo 715,79 t CO₂/ha y en menor proporción el Bosque Denso Semidecídulo Estacionalmente Saturado 554,45 t CO₂/ha. Los resultados de esta investigación comparando con los obtenidos por Parra et al., (2009) y Pedroni (2003) son superiores, esto obedece principalmente a que en este estudio las mediciones se realizaron a partir de 5 cm de DAP. La densidad de la madera de las diferentes especies condiciona la absorción del carbono. Las diferencias observadas entre el volumen y por ende la cantidad de carbono capturado en los diferentes tipos de bosques tal vez obedecerían a la tala ilegal de los recursos forestales por parte de pobladores de las comunidades adyacentes al parque. Debido a las limitaciones de tiempo y recursos, la metodología del estudio de carbono permitirá arrojar resultados preliminares que podrán servir para diseñar estudios posteriores y para tener una primera idea sobre la línea de base de un posible proyecto de generación y venta de servicios de mitigación del cambio climático. Mediante el ANOVA se determinó que no existen diferencias significativas para las variables área basal, volumen y carbono almacenado en las parcelas estudiadas del Bosque Abierto Semidecídulo Subhúmedo, Bosque Denso Semidecídulo Estacionalmente Saturado y del

Bosque de Galería. En vista a los resultados obtenidos, se rechaza la hipótesis de la investigación que plantea que existen diferencias significativas en el stock de C en los tres tipos de bosques en el Parque Nacional Caazapá.

Se menciona respecto a la captación de dióxido de carbono: que los países en desarrollo aportan gran cantidad de biomasa vegetal que actúa manera de pulmón para limpiar la atmósfera, mediante la captación de CO₂ en la fotosíntesis. Los países industrializados pagan por este servicio, y les resulta más barato que reducir las emisiones de CO₂ in situ. (Ferrer, J.; 2003)

2.2. Bases teóricas

i. Cambio climático:

“Por 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).

El cambio climático incluye la presión del consumo de recursos, acumulación de GEI y efectos invernadero por ello genera impactos climáticos y económicos como se observa en la figura (3).

Fuente: Vargas P. (2009).

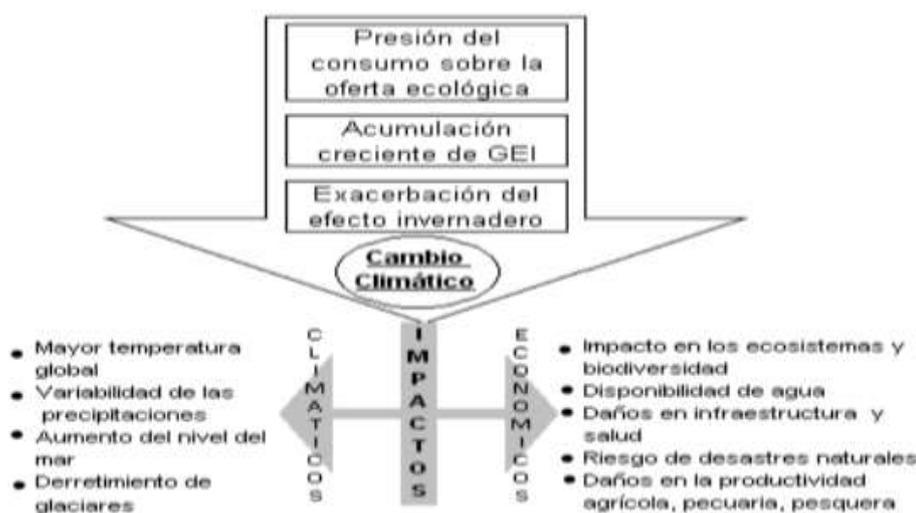


Figura 3: Ciclo y factores del Cambio Climático.

“Consecuencias del cambio climático: Por efectos adversos del cambio climático se entiende los cambios en el medio ambiente físico o en la biota resultantes del cambio climático que tienen efectos nocivos significativos en la composición, la capacidad de recuperación o la productividad de los ecosistemas naturales o sujetos a ordenación, o en el funcionamiento de los sistemas socioeconómicos, o en la salud y el bienestar humanos.” (Naciones Unidas; 1992).

Se menciona sobre los impactos en el Perú del cambio climático, como el aumento de la temperatura global que estará asociados a:

- El retroceso glaciar
- El aumento de la frecuencia e intensidad del Fenómeno del Niño
- Elevación del nivel del mar

El principal efecto de la acumulación gradual de GEI se estaría manifestando actualmente en nuestro país a través del retroceso glaciar. Según el CONAM en los últimos 22 a 35 años se ha perdido el 22% de la superficie glaciar (equivalente a 7 000 millones de metros cúbicos o 10 años de consumo de agua en Lima), con un efecto mayor sobre los glaciares pequeños y de menor cota. Este hecho tendría consecuencias negativas sobre la disponibilidad del agua considerando que la mayor parte de los ríos de la vertiente occidental de nuestros andes. En este sentido, se proyecta que para el 2025 los glaciares del Perú por debajo de los 5 500 m.s.n.m. habrán desaparecido. Presentan un considerable caudal sólo durante el período de lluvias (diciembre-abril) mientras que para el período de estiaje (mayo-noviembre) se abastecen ya sea por el escurrimiento por infiltración de las zonas altas o por la fusión del hielo de los glaciares (como ejemplo, aproximadamente el 40% del caudal del río Santa en período de estiaje proviene de la desglaciación. Así, un continuo proceso de desglaciación generaría inicialmente una mayor circulación del agua en los cauces alcanzando un máximo de disponibilidad durante los siguientes 25 a 50 años; luego del cual se iniciaría una progresiva disminución, agudizando el período de estiaje y en consecuencia, reduciendo la disponibilidad de agua para consumo humano, procesos industriales y generación de energía por fuente hidroeléctrica. Sin embargo, estos

efectos pueden reducirse con la ejecución oportuna de medidas de almacenamiento. Por otro lado, el retroceso de los frentes glaciares junto con el incremento en la intensidad de las lluvias produciría la formación de lagunas o glaciares “colgados”; aumentando el riesgo de desastres naturales (huaycos, aluviones y rebalses); afectando a las poblaciones de los valles interandinos del país. Comparando los dos inventarios glaciares realizados por el CONAM, observamos que la mayoría de los glaciares han sufrido una importante reducción de su superficie glaciar entre 1997 y 1962; llegando incluso a reducciones de más del 40%. (Vargas; 2009)

ii. Efecto invernadero:

“Se refiere a un mecanismo por medio del cual la atmósfera de la Tierra se calienta; para poder profundizar en él necesitamos entender que es y como está organizada la atmósfera.” (Caballero et al; 2000).

Como se muestra en la figura (4) el efecto invernadero se evidencia mediante los flujos de captura de energía en el suelo, atmosfera y espacio.

Fuente: Vargas P. (2009).



Figura 4: Ciclo del efecto invernadero.

La atmósfera terrestre es una delgada capa de gases que rodea a nuestro planeta, para darnos una idea de las escalas, la atmósfera equivale a envolver con papel aluminio un balón de fútbol, el balón representando la Tierra, el grosor del papel aluminio al de la atmósfera.

Esta delgada capa de gases que rodea al planeta, es muy importante dado que en ella residen los gases que son fundamentales para el desarrollo de la mayor parte de la vida en el planeta, además de que la atmósfera representa un medio importante en el que reside una buena parte de la vida de la Tierra. La composición química de la atmósfera (que gases la forman y en que proporciones) incluye mayoritariamente a solo dos gases, Nitrógeno (N), en un 79% y Oxígeno (O₂) en un 20%. El 1% restante está formado por diversos gases entre los que los más abundantes son el Argón (Ar) en un 0.9% y el dióxido de carbono (CO₂) en aproximadamente un 0.03%. Este último gas, presente en proporciones tan bajas, es de crucial importancia en el proceso de calentamiento de la atmósfera, como lo veremos a continuación en la tabla (6).

Fuente: Vargas P. (2009).

Fuentes generadoras de Gases de Efecto Invernadero		Emisión de GEI		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Quema de combustibles	-Generación de energía			
	-Sector Industrial	X	X	X
	-Transporte			
	-Residencial			
Emisiones fugitivas	-Almacenamiento y transporte de combustibles fósiles		X	
Procesos industriales	-Producción minera			
	-Industria química	X	X	
	-Producción de metales			
Agricultura	-Fermentación entérica			
	-Cultivos de arroz	X	X	X
	-Quema de sabanas			
	-Uso de suelos agrícolas			
Cambio de Uso de Suelo	-Cambio en bosques y otros stocks de biomasa leñosa			
	-Conversión de bosques y pastizales	X	X	X
	-Abandono de tierras manejadas			
Desechos	-Aguas residuales			
	-Rellenos sanitarios	X	X	X
	-Botaderos			

CO₂: dióxido de carbono, CH₄: metano, N₂O: óxido de nitrógeno

Tabla 6: Fuentes generadoras de GEI según el CONAM (2002).

iii. Gases de Efecto Invernadero (GEI):

“Por gases de efecto invernadero se entiende aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropogénicos, que absorben y reemiten radiación infrarroja.” (Naciones Unidas, 1992).

iv. CO₂:

“La presencia de dióxido de carbono en la Tierra es compleja ya que interviene en la transferencia entre la atmósfera, los océanos y la biósfera. Por medio de la fotosíntesis, las plantas utilizan 100 pentagramos (Pg) (1x10¹⁵ gramos) de CO₂ por año. La misma cantidad de CO₂ es añadida a la atmósfera por año, mediante la respiración y descomposición de los seres vivos. Los océanos liberan 100 Pg de CO₂ y absorben 104 Pg de carbón cada año. La mayoría del carbono oceánico se encuentra en la forma de carbonatos sedimentados. Quemar combustibles provenientes de derivados fósiles como el petróleo agrega 5 Pg de carbono, los incendios y la deforestación agrega 2 Pg de carbono. Al sumar todas las fluctuaciones de CO₂, se estima que aproximadamente 3 Pg de carbono, en la forma de CO₂, se están acumulando en la atmósfera cada año. Como este gas es químicamente inerte, no es destruido por procesos fotoquímicos, por lo que solo se pierde por transferencia al océano o a la biosfera.” (Sánchez M.; 2007).

La comunidad científica realiza monitoreos del dióxido de carbono para luego proyectar y estimar a través de modelos matemáticos que predicen el incremento de este gas en los países más industrializados como se muestra en la tabla (7); así la NASA tiene una base de datos de este componente que se actualiza mes tras mes como se muestra en la tabla (8), todo esto converge a un nivel histórico de CO₂ como se muestra en la tabla (9).

Fuente: Vargas P. (2009).

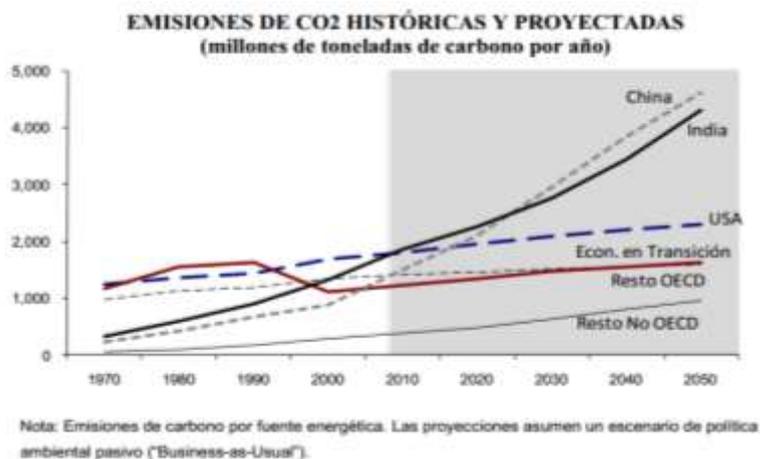


Tabla 7: Emisiones históricas de CO₂.

Fuente: Base de datos extraídos de la página oficial de la NASA.

DIRECT MEASUREMENTS: 2005-PRESENT

Data source: Monthly measurements (corrected for average seasonal cycle). Credit: NOAA

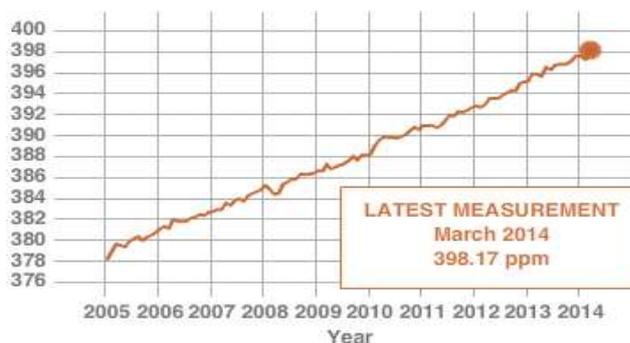


Tabla 8: Medida anual del CO₂ a nivel mundial

Fuente: Base de datos extraídos de la página oficial de la NASA.

PROXY (INDIRECT) MEASUREMENTS

Data source: Reconstruction from ice cores. Credit: NOAA

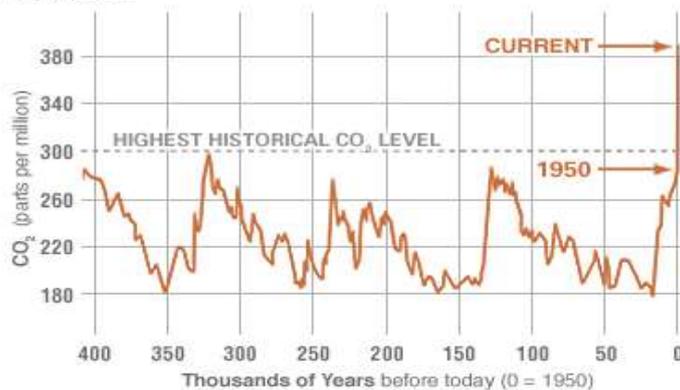


Tabla 9: Medida histórica del nivel de CO₂

v. Protocolo de Kioto:

“El Protocolo de Kioto es el único acuerdo internacional para hacer frente al cambio climático. Su objetivo es conseguir para que en el 2012 haya un 5% menos de gases que producen el cambio climático que en 1990. Según Kioto, la Unión Europea tiene que reducir sus emisiones un -8%, a España se le permite aumentar un +15% y demás países como se muestra en la tabla (10). La energía nuclear no es la solución al cambio climático. De hecho, en 2001 se excluye de los mecanismos del Protocolo de Kioto.” (PNUMA; 1998).

Fuente: Vargas P. (2009).

Compromiso de reducción bajo el Protocolo de Kyoto respecto al nivel de 1990	
País	% reducción al 2008-12
UE-15, Bulgaria, Republica Checa, Estonia, Latvia, Liechtenstein, Lituania, Monaco, Romania, Eslovaquia, Eslovenia, Suiza	-8%
Canada, Hungría, Japón, Polonia	-6%
Croacia	-5%
Nueva Zelanda, Federación Rusa, Ucrania	0
Noruega	1%
Australia	8%
Islandia	10%

Tabla 10: Compromiso del Protocolo de Kioto.

vi. Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL):

Se menciona que el MDL, se convierte en una importante herramienta para fomentar el desarrollo sostenible y apoyar la transferencia de recursos y tecnología no contaminante en países en desarrollo, al mismo tiempo que permite reducir la emisión global de GEI y cumplir con las metas establecidas. Estos y otros mecanismos de reducción de emisiones han dado lugar a la aparición de distintos mercados de bonos de carbono. Estos mercados se basan en el principio de que la reducción de emisiones contaminantes producirá un efecto positivo global de similar magnitud, sin importar el lugar donde se reduzcan las mismas. El mercado de bonos de carbono más importante es el Plan de Mercado de Valores de Emisiones Europeas o EU ETC por sus siglas en inglés. En este mercado se pueden transar los certificados de reducción o CER`s por sus siglas en inglés y los demás activos originados a través de los mecanismos del Protocolo de Kioto. Sin embargo, los tres mecanismos del Protocolo de Kioto también

permiten la financiación de proyectos directamente para cumplir con las obligaciones de reducción de emisiones. En consecuencia, los CER's que se generan vía proyectos en países de desarrollo pueden ser vendidos a países industrializados en mercados de carbono como el EU ETS y otros esquemas internacionales como el de Australia (New South Wales), Canadá o Japón. En el 2007, el mercado de carbono creció más del doble respecto al 2006, alcanzando la cifra de US \$ 64 034 millones; siendo el Régimen de la Unión Europea, quien predomina en el comercio de derechos de emisión con un 78% del valor mundial. (Vargas, P.; 2009).

vii. Reducción de Emisiones y Degradación Forestal (REDD):

El desarrollo de la política internacional REDD que es el proceso político que se ha desarrollado dinámicamente desde 1997. Luego de ideas iniciales con respecto a certificados de carbono-bosque, especialmente de Europa, en los últimos años se ha impuesto el reconocimiento de que es indispensable integrar las emisiones provenientes del área de Cambio de Tierra, Cambio de Uso de Tierra y Silvicultura (por el acrónimo en inglés LULUCF) en un acuerdo post 2012.

Este reconocimiento se basa en primera línea en un reporte del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (por el acrónimo en inglés IPCC). Según los datos del IPCC, el sector de LULUCF genera 17,4% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero. Eso significa que las emisiones del sector forestal son la segunda fuente de emisiones de gases de efecto invernadero luego del sector energético. De este modo, la importancia de REDD creció en las negociaciones internacionales sobre el cambio climático como un instrumento para mantener la función de sumidero y/o de refuerzo del bosque (véase, UNFCCC, 2008, posiciones de negociación de países con bosques tropicales).

El tema REDD, el cual no es tratado dentro del Protocolo de Kioto en sí, fue incorporado en Montreal en el 2005 durante el onceavo encuentro de los países miembros o Conference of Parties (COP) por sus siglas en inglés, es decir el COP11 de la Convención Marco de las Naciones Unidas

sobre el Cambio Climático (CMNUCC), gracias a una iniciativa de Papúa Nueva Guinea, Costa Rica y otros miembros de las naciones con bosques tropicales. En consecuencia se creó un grupo de trabajo que elabora las recomendaciones técnicas necesarias para la integración de REDD en un protocolo post- Kioto, las cuales deberán ser entregadas al Consejo subsidiado por Consejos Científicos y Técnicos o SBSTA por sus siglas en inglés de la CMNUCC. (Rodríguez, J.; 2002).

Las señales de que REDD es una política de mitigación para el cambio climático que tendrá mucha influencia en las estrategias de cooperación para la región son claras: i) La inclusión de REDD tal como se definió en la hoja de ruta de Bali en el acuerdo de Copenhague (Diciembre 2009); ii) El compromiso de poner a disposición de países en desarrollo de forma inmediata USD 30 billones para el período 2010-2012 para implementar acciones de mitigación incluyendo REDD; y iii) La reciente alianza en REDD alcanzada en la Conferencia de Bosques y Clima en Oslo (Mayo 2010) donde se han hecho operacionales recursos financieros para los países signatarios. Estos compromisos ponen en evidencia que la atención puesta en el potencial de REDD como una opción de mitigación al cambio climático de bajo costo ha sido aceptada por muchos países, aún en el supuesto de no alcanzarse un acuerdo post Kioto en la COP 16. (PRISMA, 2010).

Un Programa para gestión social de ecosistemas forestales menciona sobre las experiencias en la cuantificación de la biomasa y carbono en Bosques Andinos el proyecto “Modelo de Financiación Alternativo para el Manejo Sostenible de los Bosques de San Nicolás, ejecutado en Antioquia, Colombia, donde se realizó la cuantificación de la biomasa área y subterránea, así como la necromasa y la regeneración natural. El área de influencia del proyecto (con elevaciones desde los 700 hasta los 3200 m.s.n.m.) se clasificó en dos zonas: (i) Bosques Andinos de montaña en climas fríos húmedos y muy húmedos o zona alta, y (ii) bosques desde basal tropicales hasta subandinos en un paisaje de cañones con climas medios muy húmedos o zonas bajas. (ECOBONA; 2004)

viii. Mercado de bonos de carbono:

El Protocolo de Kioto es una de las iniciativas a nivel internacional para reducir las amenazas del cambio climático mediante compromisos de estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero por parte de los países. En dicho marco, que entró en vigor el 16 de febrero del 2005, las naciones desarrolladas se comprometieron a reducir las emisiones globales en un promedio de 5 por ciento por debajo de los niveles de 1990 para el periodo 2008-2012. Los países desarrollados que han ratificado el protocolo emiten actualmente más del 60% de las emisiones globales de dióxido de carbono. Sin embargo, países como EEUU, China e India, importantes contribuyentes al crecimiento de las emisiones; aún no lo han ratificado. Este comportamiento es consistente con la comparación entre los impactos estimados y los costos de mitigación: por un lado, tendrían que asumir los costos más altos, debido a que son los países con más altas emisiones de GEI y, por otro lado, obtendrían un nivel de beneficios menores de estas políticas dado que son los menos afectados. Para cumplir sus objetivos, el protocolo estableció tres mecanismos de mitigación que se adaptan a las distintas condiciones de los países miembros: (i) Comercio Internacional de Emisiones (CIE): Permite el intercambio comercial de permisos de emisión entre países con compromisos de reducción establecidos. Es decir, aquellos países que reduzcan emisiones por encima de lo exigido en el protocolo, podrán vender éste exceso a otros países para su acreditación respectiva. (ii) Implementación Conjunta (IC): permite que los países del Anexo I compren créditos de reducción de emisiones provenientes de proyectos ejecutados en otros países participantes del protocolo; en especial en economías en transición. (iii) Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL): similar al mecanismo de IC, con la diferencia que acredita como parte de la meta de reducción, proyectos llevados a cabo en países en desarrollo. Las emisiones reducidas por este medio se denominan Certificado de Reducción de Emisiones. (Vargas; 2009)

Los bonos de carbono son un mecanismo internacional de descontaminación para reducir las emisiones contaminantes al medio ambiente; es uno de los tres mecanismos propuestos en el Protocolo de

Kioto para la reducción de emisiones causantes del calentamiento global o efecto invernadero (GEI o gases de efecto invernadero). Inicialmente fue una propuesta lanzada por la economista argentina Graciela Chichilnisky en 1993 y finalmente fue incluida dentro de los mecanismos de desarrollo limpio del protocolo de Kioto en 1997. El sistema ofrece incentivos económicos para que empresas privadas contribuyan a la mejora del sistema operativo de la calidad ambiental y se consiga regular la emisión generada por sus procesos productivos, considerando el derecho a emitir CO₂ como un bien canjeable y con un precio establecido en el mercado. La transacción de los bonos de carbono - un bono de carbono representa el derecho a emitir una tonelada de dióxido de carbono - permite mitigar la generación de gases invernadero, beneficiando a las empresas que no emiten o disminuyen la emisión y haciendo pagar a las que emiten más de lo permitido. (Rodríguez; 2004)

Así mismo el mismo autor dice que “Los mercados de carbono son ámbitos donde se intercambian contratos de compra y venta donde una parte paga a otra por una cantidad determinada de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Estos mercados han exhibido un rápido crecimiento desde su creación: el valor total transado ha pasado de USD 11 mil millones en 2005 a alrededor de USD 150 mil millones en 2010. Los activos que se comercian en estos mercados son de tres tipos: - Permisos de emisión: son asignados por los gobiernos de países participantes a sus empresas emisoras de GEI, en función de los compromisos de reducción de emisiones asumidos en el marco del Protocolo de Kioto. El mercado más importante es el europeo (EU ETS), donde se transan permisos llamados “EUAs” (European Union Allowances). Certificados de reducción de emisiones basados en proyectos: son creados cuando un proyecto específico de mitigación llevado a cabo en un país en desarrollo o de Europa del Este demuestra que reduce emisiones de GEI en comparación de lo que hubiera ocurrido en ausencia del proyecto. Los certificados generados por proyectos realizados en países en desarrollo en el marco del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) se llaman “CERs”. Por su parte, los certificados generados por proyectos realizados en países de Europa del Este en el marco del Mecanismo de Implementación Conjunta

(MIC) son llamados Unidades de Reducción de Emisiones o “ERUs”. Tanto el MDL como el MIC son mecanismos de flexibilidad contemplados en el Protocolo de Kioto.- Certificados de reducción de emisiones voluntarias: son los certificados comercializados en los mercados de carbono voluntarios”. Por ello el papel principal de un certificador-verificador independiente debe ser firmar una declaración de que no hay errores o defectos en los datos reportados de reducción de emisiones GEI de una organización. Eso significa que los datos de GEI, deben cumplir requisitos relativos a principios de exactitud y transparencia, así como cumplir lo que está aprobado en la metodología de control que se haya decidido adoptar. Para hacer lo anterior es necesario hacer auditorias en el sitio y elaborar informes donde se dictamina si la verificación ha sido favorable o no. Si hacemos un flujo del proceso se puede resumir en los siguientes pasos: (a) Ver el proceso de neutralidad de carbono o cualquier otro que se quiera certificar. (b) Sensibilizar y entrenar al equipo de la organización a certificarse en las prácticas necesarias para llevarlo a cabo. (c) Revisar si son aceptables, los procesos y la documentación que los respalda. (d) Después de una certificación, hacer seguimiento del proceso de implementación. Para todas estas etapas contamos con el respaldo teórico e intelectual, lo que sería necesario es establecer una estructura operativa.

ix. Pago por Servicios Ambientales (PSA):

“El nuevo enfoque para PSA reconoce la diferencia entre los servicios ambientales como se muestra en la tabla (11), y las actividades humanas de mitigación de impacto ambiental.” (Ferrer, J.; 2003).

Fuente: Ferrer, J.; (2003)

Servicios ambientales	Funciones	Ejemplos
Regulación de gases	Regulación de la composición química atmosférica	Balance de CO ₂ /O ₂ niveles de SO _x
Regulación del clima	Regulación de la temperatura global; precipitación y otros procesos climáticos locales y globales	Regulación de gases de efecto invernadero
Regulación o prevención de desastres	Capacidad del ecosistema de dar respuesta y adaptarse a fluctuaciones ambientales	Protección de tormentas, inundaciones, sequias,

		respuestas del hábitat, cambio ambientales, etc.
Regulación hídrica	Regulación de los flujos hidrológicos	Provisión de agua

Tabla 11: Principales Servicios Ambientales de los ecosistemas forestales

x. Ciclo del Carbono:

“El carbono es un elemento básico para la vida que se caracteriza por los acervos de reservas atmosféricas muy pequeños como se muestra en las figuras (5; 6), pero sumamente activos y vulnerables a perturbaciones, ya que modifican el clima y los patrones climáticos de manera que afectan directamente la vida sobre la Tierra.” (Odum, E.; Barret, G.; 2008).

Fuente: Gallardo J. y Merino A., (2001).

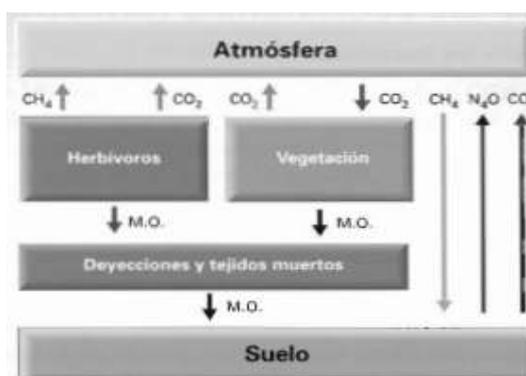


Figura 5: Ciclo del Carbono en sistemas forestales

Fuente: Gallardo J. y Merino A., (2001).

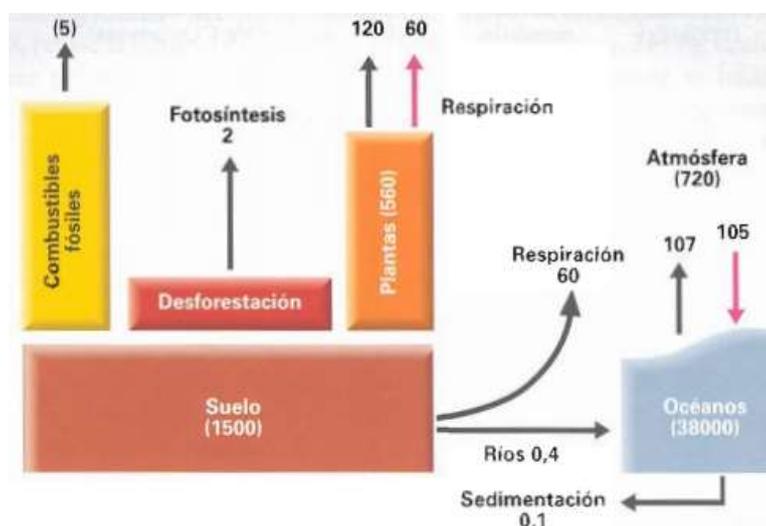


Figura 6: Dinámica de los flujos globales de carbono.

En la siguiente tabla (12) se muestra el reparto de carbono entre los diferentes ecosistemas terrestres a nivel mundial:

Fuente: Gallardo J. y Merino A., (1996).

Ecosistemas	Superficie	Biomasa	Biomasa	Producción	Producción
(Unidades)	(x 106 km ²)	(ecosistema)	(mundial)	(ecosistema)	(mundial)
		(Mg C ha ⁻¹)	(Pg C)	(Mg C ha ⁻¹ a ⁻¹)	(Pg C a ⁻¹)
Bosque tropical	17 a 25	120 a 190	215 a 230	7 a 19	14 a 22
Bosque templado	10 a 13	57 a 140	59 a 139	4	6,5 a 8,1
Bosque boreal	12 a 14	42 a 90	88 a 57	2,5	2,6 a 3,2
Sabana	15 a 25	18 a 29	66 a 79	3,5 a 8	14,9 a 17,7
Pradera templada	9 a 15	7 a 14	9 a 23	6 a 7	5,3 a 7,0
Agrosistemas	14 a 15	43	3 a 4	3	4,0 a 5,0
Semiárido, matorral	42 a 46	2 a 4	8 a 10	1	1,4 a 3,5
Tundra y humedales	10 a 12	2 a 3	17 a 21	0,5 a 30	0,5 a 4,3
TOTAL	150	s. d.	466	s. d.	60 a 63

Ecosistemas	Carbono suelo	C/N	Carbono suelo	Carbono total
(Unidades)	(ecosistema)	suelo	(mundial)	(mundial)
	(Mg C ha ⁻¹)	(media)	(Pg C)	(Pg C)
Bosque tropical	13	10	214 a 250	428 a 553
Bosque templado	90	14	100 a 153	159 a 292
Bosque boreal	150	14	338 a 471	395 a 559
Sabana	54	16	120 a 264	326 a 330
Pradera templada	230	11	170 a 295	200 a 304
Agrosistemas	s. d.	10	128 a 180	131 a 169
Semiárido, matorral	s. d.	10	20 a 191	159 a 199
Tundra y humedales	220	20	117 a 225	357 a 367
TOTAL	s. d.	s. d.	1500 a 2000	2200 a 2500

Tabla 12: Producción y reservas de carbono de los ecosistemas terrestres

En esta misma figura se muestra también la distribución de ese carbono en biomasa y suelo. Aproximadamente el 50% del total de carbono contenido en los ecosistemas terrestres se encuentra en el suelo; así mismo en la figura (7) se aprecia la diferencia en las reservas de carbono según el clima, vegetación, tipo de suelo y finalmente en la formación de humus.

Fuente: Gallardo J. y Merino A., (1996).

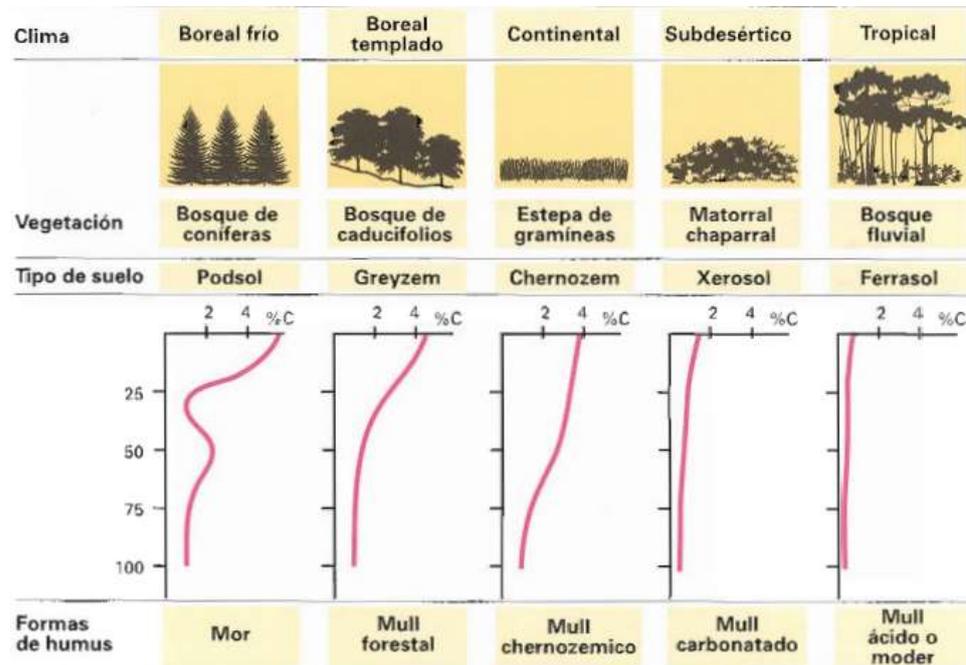


Figura 7: Reservas edáficas de carbono

El contenido de Carbono en los suelos del mundo es acerca de tres veces superior al contenido en la vegetación. Por este motivo el Carbono orgánico del suelo desempeña un papel crítico en el balance global de Carbono. Además, la materia orgánica del suelo (MOS) es el componente edáfico que influye en la porosidad y en la reserva de agua y nutrientes del suelo. Además, es uno de los parámetros más importantes para evaluar la susceptibilidad edáfica a la erosión. La cantidad de materia orgánica esta primeramente determinada por aspectos ambientales, como el clima, topografía, vegetación, etc.; aunque la gestión silvícola también influye de manera determinante en estos contenidos. Los mayores contenidos de materia orgánica hasta 1Gg C ha (giga equivalente a 10^9), 1 Gg es 109 g, se dan en las turberas (histosoles foto 1/figura 17), donde las bajas temperaturas y el exceso hídrico retarda la descomposición orgánica. Los contenidos de C también son importantes (hasta 200 Mg C ha) en los umbrisoles (foto 2/figura 17) de las regiones templadas del norte de España y de las zonas montañosas, donde alta precipitación y temperatura moderada coadyuvan a una gran producción de restos orgánicos. Los niveles se reducen considerablemente, entre 80-150 Mg C ha. En los

cambisoles (foto 3/figura 17), muy extendidos en España. En las superficies antiguas de las mesetas dominan los luvisoles (foto 4/figura 17), asociados generalmente a áreas semiáridas españolas, abundan los calcisoles, donde el C se encuentra como carbonatos (foto 5/figura 8). (Buendía, R.; 2011)

Fuente: Buendía R., (2011).

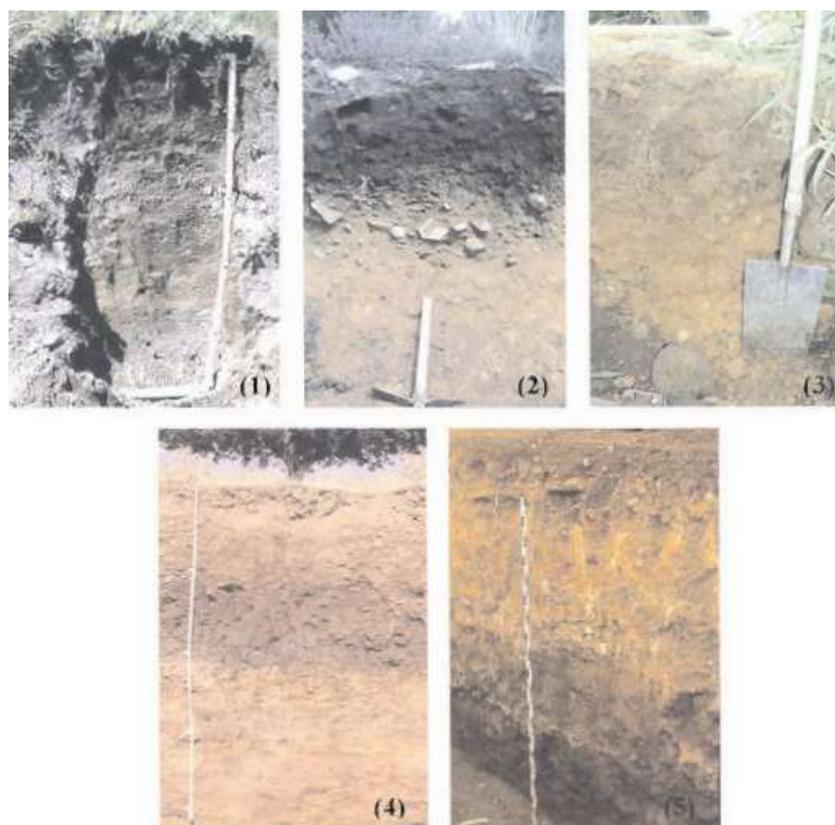


Figura 8: Horizontes del suelo

La NASA, menciona que la dinámica del carbono en los bosques tropicales de América Latina y el Caribe se prevé que disminuyan bajo cualquiera de los escenarios B2 o A2 como se muestra en la figura (9). Cuando la reserva total de carbono de los bosques se estima en 162.4 mil millones de toneladas en 2005, bajo el escenario B2 esa reserva se estima que disminuya 11.6% a 143.5 mil millones de toneladas. En el escenario A2 se estima que esa reserva disminuya 16.4% a 135.7 mil millones de toneladas. Cabe destacar que los bosques de Amazonía oriental y el Corredor Biológico Mesoamericano verán disminuir sus reservas de carbono sustancialmente como se muestra en la figura (10) los bosques

son el segundo componente que más carbono absorbe después de los océanos.

Fuente: NASA, 2001.

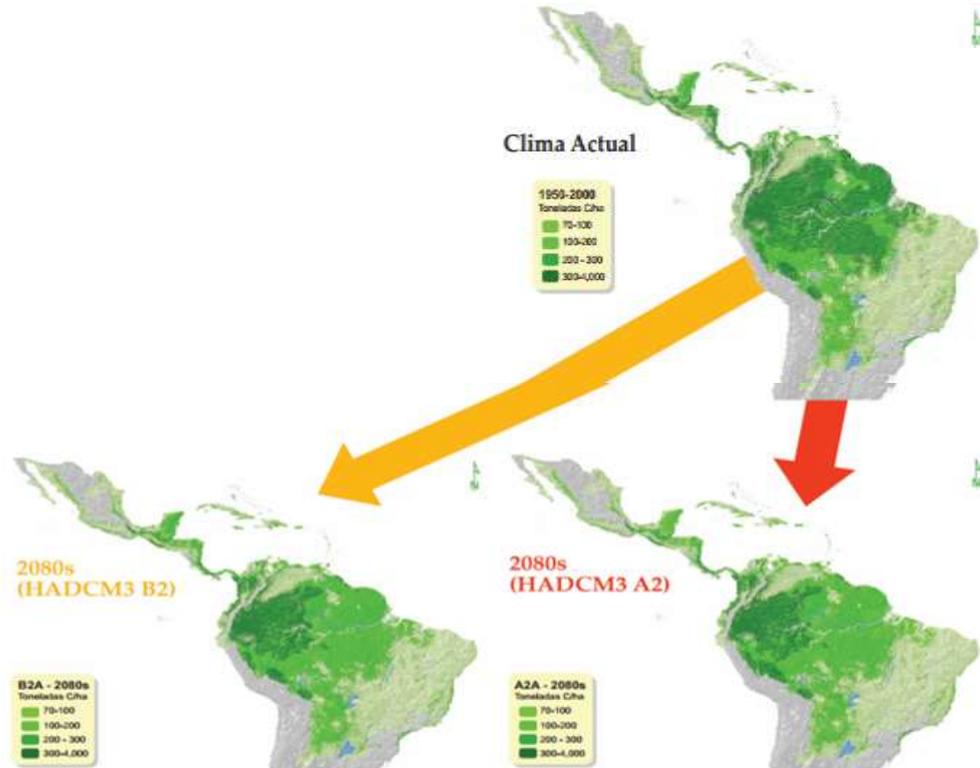


Figura 9: Clima actual mundial

Fuente: NASA, (2001).

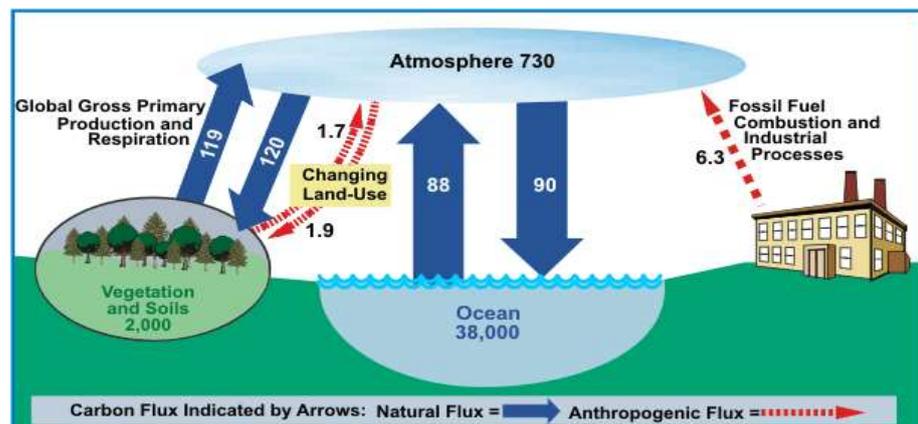


Figura 10: Dinámica del carbono

Resumiendo los resultados de este estudio, se observa que con base en el escenario de cambio climático de reducción de escala del consorcio World Clim partiendo del modelo climático global del Centro Hadley (GCM), es que el cambio climático cambiará radicalmente los regímenes

climáticos tropicales de América Latina y el Caribe por la década de 2080, con la extensión de la zona pluvial tropical disminuyendo aproximadamente un 60% bajo el escenario A2 pesimista o el escenario B2 más optimista. El análisis también concluye que más de la mitad del bosque pluvial tropical de la región - en cualquiera escenario - se convertirá en un bosque estacional o seco, aunque la conversión del bosque estacional será más significativa; ante ello se observa en la figura (11) el modelo mundial de carbono que realizó la NASA para proveer información más completa sobre el ciclo del carbono.

Fuente: NASA, (2001).

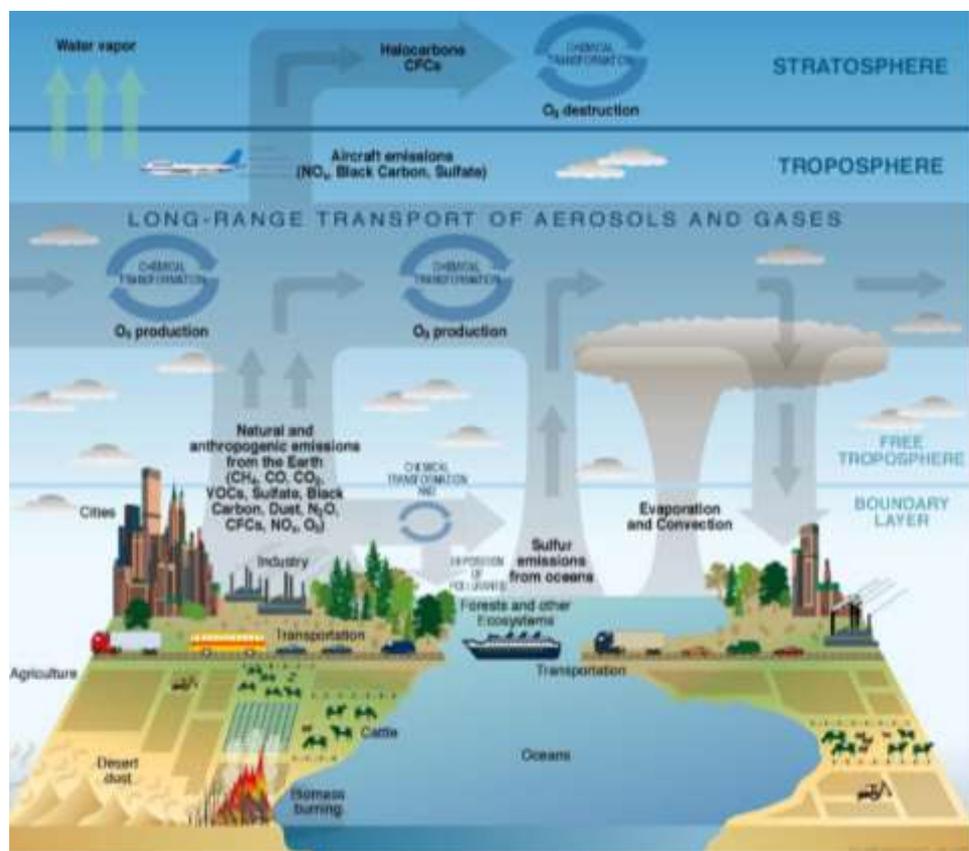


Figura 11: Modelo mundial del carbono según la NASA

xi. Valoración económica de los bonos de Carbono:

“Habitualmente se diferencia entre métodos basados en mercados reales (métodos de preferencias reveladas) y los métodos basados en mercados hipotéticos (métodos de preferencias declaradas); así mismo en la tabla

(13) se muestra los resultados de estimaciones del coste según el carbono captado viéndose que dicho valor cambia según las distintas económicas a nivel mundial tal como la bolsa de valores.” (Amoros, M.; Micalo, R.; 2000)

Fuente: Soliz B., (2003)

RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE ESTIMACIONES DEL COSTE DEL CARBONO CAPTADO POR NUEVAS PLANTACIONES MEDIANTE FORESTACIÓN O REFORESTACIÓN		
Autores	Región	Coste del carbono almacenado (\$/tonelada) (a)
Sedjo y Solomon (1989)	Global	3,5 - 7 1,5 - 3
Moulton y Richards (1990)	U.S.	9 - 41 2 - 9
Nordhaus (1991)	Global	42 - 114
Dixon <i>et al.</i> (1991)	Boreal Temperada Tropical	5 - 8 2 - 6 7
New York State (1991)	Estado de Nueva York	14 - 54
Van Kooten <i>et al.</i> (1992)	Canadá	6 - 18 66 - 187
Adams <i>et al.</i> (1993)	U.S.	20 - 61
Masera <i>et al.</i> (1995)	México	5 - 11
Ravindranath y Somashekhar (1995)	India	0,13 - 1,06
Xu (1995)	China	(12) - 2
Wangwacharakul y Bowonwiwat (1995)	Tailandia	(579) - 0,92
Parks y Hardie (1995)	U.S.	5 - 90
Slangen y Van Kooten (1996)	Holanda	1810 - 6070
Alig <i>et al.</i> (1997)	U.S.	24 - 141
Sohngen y Mendelsohn (2001)	Global	10-188
Dudek y LeBlanc (1990)	U.S.	23,9 - 38,4
Richards, Moulton y Birdsey (1993)	U.S.	9 - 66
Callaway y McCarl (1996)	U.S.	17 - 36
Lewis, Turner y Winjum (1996)	U.S.	(16,1)
Adams <i>et al.</i> (1999)	U.S.	15-21
Van Kooten <i>et al.</i> (2000)	British Columbia y Alberta	0-50
Sedjo (1999)	Patagonia	20
Newell y Stavins (2000)	Delta States	0 - 664
Plantinga (1997)	Wisconsin	6 - 38
Plantinga y Mauldin (2001)	Maine S. Carolina Wisconsin	10,25 - 47,5 4,94 - 22,76 9,05 - 38,13
Plantinga (1999)	Maine S. Carolina Wisconsin	0 - 250 0 - 40 0 - 85
McCarl and Callaway (1993)	EEUU	17,38 - 25,96
Schroeder <i>et al.</i> (1993)	16 países	3 - 27
Winjum <i>et al.</i> (1993)	12 países	11
Sinks Options Report (1999)	Eastern Canadá British Columbia (Canadá) Praderas (Canadá)	2,30 (b) 2,40 (b) 3,00
Stavins (1999)	Delta States	0 - 66
	U.S.	0 - 136

(a) Los resultados de los estudios están expresados en toneladas métricas de carbono y en dólares US. Los valores no corresponden al mismo año.
(b) En dólares canadienses.

Tabla 13: Coste del carbono captado por nuevas plantaciones mediante forestación o reforestación

xii. Stock de CO₂:

Un flujo constante de emisiones corresponde a un stock en el largo plazo. Por lo tanto, las metas de emisiones de gases son consistentes con un stock de GEI. Cabe señalar, que las emisiones de GEI no tienen que ser

nulas para estabilizar este stock. Así, un objetivo ambicioso de reducción de emisiones es aquel que sea compatible con la eliminación del déficit ecológico y la estabilización del stock de GEI a un nivel que proporcione una temperatura estable en el planeta. La emisión histórica de GEI por efecto de la actividad humana se explica principalmente por el nivel de desarrollo, crecimiento económico y población de los países tal y como se muestra en la figura (12). Así, las economías desarrolladas explicarían más del 75% del stock de GEI acumulado desde 1750. (Vargas; 2009)

Fuente: Soliz B., (2003)

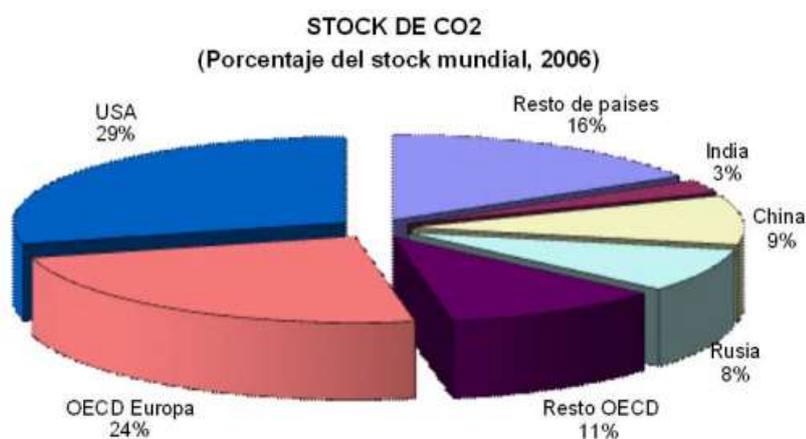


Figura 12: Porcentaje mundial de stock de carbono

xiii.Suelo

“Entendemos por suelo la superficie emergida de la tierra o parte de la litosfera que de alguna forma está sometida a la acción de los agentes climáticos y biológicos y, por supuesto, a una intervención masiva de las actividades humanas.” (Azabache, L.; 2011).

Propiedades

- **Físicas**

La estructura: La estructura se define como la forma que tienen los elementos minerales y orgánicos del suelo al agruparse en agregados primarios o secundarios. La estructura juega un papel importante en muchas propiedades del suelo como la porosidad, la permeabilidad, la profundidad de raíces, entre otras. La

composición química del agua o de los vertidos afecta a la estructura. Si las aguas vertidas son ricas en sodio, se produce una modificación de la estructura por dispersión y ruptura de los agregados, mientras que los cationes polivalente es como el calcio facilitan la floculación de las arcillas. En general, una baja concentración de electrolitos facilita la dispersión, y una concentración elevada provoca la floculación.

Porosidad: La condición física de un suelo depende, en gran medida, de la porosidad y del tamaño de los poros. En los suelos de textura fina, abunda la microporosidad frente a la macroporosidad, dominante esta última en suelos dominados por textura gruesa o con predominancia de gravas. En ambos casos los poros presentan poca variación en sus dimensiones. En los suelos agregados la porosidad es de carácter intermedio, es decir los poros son grandes y pequeños. El aporte de las aguas residuales industriales modifica la porosidad del suelo, aumentando o disminuyendo la distribución y tamaño de los poros en función de la escasez de los sólidos disueltos, del volumen de líquido aplicado y de las condiciones climáticas. Los residuos químicos, si están presentes en las aguas residuales, pueden actuar también sobre los agregados del suelo, produciendo modificaciones estructurales que repercuten en la porosidad. Estas variaciones que operan en detrimento de las características del suelo, pueden ser compensadas por la presencia de materia orgánica, que aumenta y estabiliza los agregados.

- **Químicas**

Reacciones de intercambio: La fracción mineral del suelo mantiene una estrecha relación con la vegetación presente en él, por constituir la base de la nutrición mineral de ésta, y es aprovechada por las plantas en forma iónica. La disponibilidad de estos elementos minerales es función de su solubilidad, y ésta es muy diferente para cada elemento por existir en el suelo en forma de combinaciones más o menos estables, formando parte del

complejo adsorbente; pueden participar en procesos de cambio reversibles, constituyendo la fuente esencial de los elementos asimilables por las plantas a nivel radicular.

Intercambio de aniones: En el suelo, la intensidad de intercambio aniónico es bastante menor que la de los cationes. Sin embargo, ciertos suelos retienen los aniones en forma intercambiable, como ocurre con Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- y H_2PO_4 .

Intercambio de cationes: Los principales cationes de cambio son: Al^{3+} , Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , Na^+ , Fe^{2+} y Mn^{2+} , siendo dominantes los cuatro primeros en suelos ácidos, y el magnesio y el calcio en suelos básicos. El sodio es el catión más importante en suelos sódicos.

La acidez del suelo: La acidez del suelo depende de varios factores: El pH, La capacidad de intercambio catiónico, La acidez intercambiable. A causa de esto, el suelo posee un poder tampón, que es un elemento capital en el momento de ser utilizado como elemento depurador. La acidez del suelo puede producirse por arrastre o lavado de sales, como consecuencia de precipitaciones o de vertidos abundantes, por la explotación selectiva de las cosechas, que extraen más cationes que aniones (según sea las especies implantadas), por la oxidación de los sulfuros de hierro que se hayan acumulado en condiciones anaerobias, por oxidación de compuestos de nitrógeno reducidos, por aumento de la presión parcial de CO_2 en la solución suelo al descomponerse los residuos orgánicos naturales o aportados, etc. En general un suelo se vuelve ácido fundamentalmente a causa de la pérdida de cationes metálicos intercambiables, y el predominio de hidrógeno cambiante. Este conjunto de posibilidades es un factor directo de la capacidad de asimilación por el suelo de aportes orgánicos e inorgánicos, que pueden consistir en vertidos de aguas residuales industriales o en cualquier otro tipo de vertido.

Salinidad: Un exceso de sales solubles en el suelo, sobre todo de sodio, reduce el poder de infiltración, puesto de estas sales actúan mediante presión osmótica, frenando la absorción tanto de agua como de otros iones presentes en el suelo. Como consecuencia de esta reducción de infiltración, la estructura del suelo se degrada, disminuyendo considerablemente la capacidad del mismo para mantener una cubierta vegetal, salvo en lo que se refiere a las especies adaptadas a esta sequía fisiológica o especies halófitas.

○ **Biológicas**

Descomposición de los residuos orgánicos: La descomposición de la materia orgánica muerta es, posiblemente, una de las principales funciones de los organismos del suelo. Los restos vegetales y animales que caen del suelo, fuente esencial de la materia orgánica, son sometidos desde su entrada al suelo a una descomposición más o menos rápida, transformándose por vía biológica en elementos minerales solubles o gaseosos (CO_2 , NH_3), o en complejos coloidales (humus), con velocidad e intensidad variable según el producto de que se trate y según sean las condiciones medioambientales. Los nutrientes que se obtienen tras un proceso de mineralización o de humificación, pueden ser consumidos en períodos de horas o de días. El nitrógeno es factor primordial en la descomposición, retrasándose el proceso cuando los niveles son bajos, menores que 1,5 g/kg; en este caso los organismos utilizan este nitrógeno del suelo en su biosíntesis, impidiendo o limitando su aprovechamiento por la planta. En esta situación, es factible mantener niveles adecuados de nitrógeno, agregando compuestos nitrogenados en forma de fertilizantes. Respecto al carbono, se calcula que entre el 50 y el 90% del carbono orgánico se transforma en CO_2 , y el resto se incorpora a la biomasa microbiana mediante procesos de síntesis. Los componentes de esta biomasa, cuando mueren, devuelven al suelo los elementos que inicialmente sustrajeron del mismo. El tipo de suelo favorece o dificulta la actividad

microbiana, a la vez que incrementan el aprovechamiento del carbono, reduciendo de este modo la disponibilidad total del elemento asimilable por la micro flora del suelo. Cuando el efluente residual vertido sobre el suelo contiene sustancias orgánicas fácilmente degradables, aparece un aumento en la intensidad de descomposición de ciertos productos.

Formación de humus: El humus se forma durante la descomposición microbiana de los residuos vegetales y animales, por degradación de componentes celulares, y en la síntesis de ciertos productos por los organismos del suelo. El humus aumenta la capacidad auto depuradora del suelo al facilitar los mecanismos de solubilidad de la materia mineral insoluble, unido ello a la mejora de las características físicas del soporte, a la disminución de la toxicidad de ciertos contaminantes, a la mejora de la capacidad de retención de agua, y a su poder de mantenimiento de grandes poblaciones de microorganismos.

Según la FAO, (2005) respecto al Carbono y materia orgánica en el suelo, el ciclo terrestre del carbono: el carbono del suelo y carbono global disponible se presenta en la figura (13), donde el carbono orgánico del suelo representa la mayor reserva en interacción con la atmósfera y se estima en cerca de 1 500 Pg C a 1 m de profundidad (cerca de 2 456 a dos metros de profundidad). El carbono inorgánico representa cerca de 1 700 Pg pero es capturado en formas más estables tales como el carbonato de calcio. La vegetación (650 Pg) y la atmósfera (750 Pg) almacenan considerablemente menos cantidades que los suelos. Los flujos entre el carbono orgánico del suelo o terrestre y la atmósfera son importantes y pueden ser positivos bajo la forma de captura o negativos como emisión de CO₂.

Fuente: Programa internacional de geósfera-biosfera, (1998).

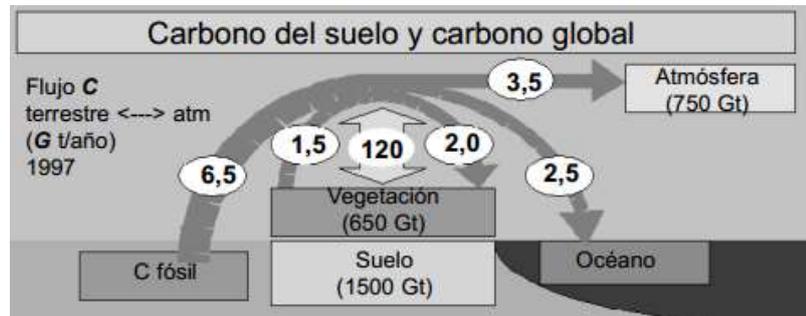


Figura 13: Ciclo terrestre del carbono del suelo

El papel fundamental de la materia orgánica en los suelos: La materia orgánica del suelo es un indicador clave de la calidad del suelo, tanto en sus funciones agrícolas (p. ej. producción y economía) como en sus funciones ambientales -entre ellas captura de carbono y calidad del aire. La materia orgánica del suelo es el principal determinante de su actividad biológica. La cantidad, la diversidad y la actividad de la fauna del suelo y de los microorganismos están directamente relacionadas con la materia orgánica. La materia orgánica y la actividad biológica que esta genera tienen gran influencia sobre las propiedades químicas y físicas de los suelos. La agregación y la estabilidad de la estructura del suelo aumentan con el contenido de materia orgánica. Estas a su vez, incrementan la tasa de infiltración y la capacidad de agua disponible en el suelo así como la resistencia contra la erosión hídrica y eólica. La materia orgánica del suelo también mejora la dinámica y la biodisponibilidad de los principales nutrientes de las plantas.

xiv. Biomasa:

“El término biomasa se refiere a toda la materia orgánica que proviene de árboles, plantas y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía; o las provenientes de la agricultura (residuos de maíz, café, arroz, del aserradero (podas, ramas, aserrín, cortezas) y de los residuos urbanos (aguas negras, basura orgánica y otros).” (PNUMA, 2004).

Esta es la fuente de energía renovable más antigua conocida por el ser humano, pues ha sido usada desde que nuestros ancestros descubrieron

el secreto del fuego. Desde la prehistoria, la forma más común de utilizar la energía de la biomasa ha sido por medio de la combustión directa: quemándola en hogueras a cielo abierto, en hornos y cocinas artesanales e, incluso, en calderas; convirtiéndola en calor para suplir las necesidades de calefacción, cocción de alimentos, producción de vapor y generación de electricidad. Los avances tecnológicos han permitido el desarrollo de procesos más eficientes y limpios para la conversión de biomasa en energía; transformándola, por ejemplo, en combustibles líquidos o gaseosos, los cuáles son más convenientes y eficientes. Así aparte de la combustión directa, se pueden distinguir otros dos tipos de procesos: el termo-químico y el bio-químico. Las fuentes más importantes de biomasa son los campos forestales y agrícolas pues en ellos se producen residuos (rastros) que normalmente son dejados en el campo al consumirse sólo un bajo porcentaje de ellos con fines energéticos. En la agroindustria, los procesos de secado de granos generan subproductos que son usados para generación de calor en sistemas de combustión directa; tal es el caso del bagazo de caña de azúcar, la cascarilla de café y la de arroz. Por otro lado, los centros urbanos generan grandes cantidades de basura compuestas en gran parte, por materia orgánica que puede ser convertida en energía, después de procesarla adecuadamente. Se considera que la biomasa es una fuente renovable de energía porque su valor proviene del Sol. A través del proceso de fotosíntesis, la clorofila de las plantas captura su energía, y convierte el dióxido de carbono (CO_2) del aire y el agua del suelo en carbohidratos, para formar la materia orgánica. Cuando estos carbohidratos se queman, regresan a su forma de dióxido de carbono y agua, liberando la energía que contienen. En la figura (14) se muestran los contenidos de carbono en la biomasa existente en un bosque primario. De esta forma, la biomasa funciona como una especie de batería que almacena la energía solar. Entonces, se produce en forma sostenida o sea - en el mismo nivel en que se consume – esa batería durará Indefinidamente.

Fuente: Gobierno de España; (2010).

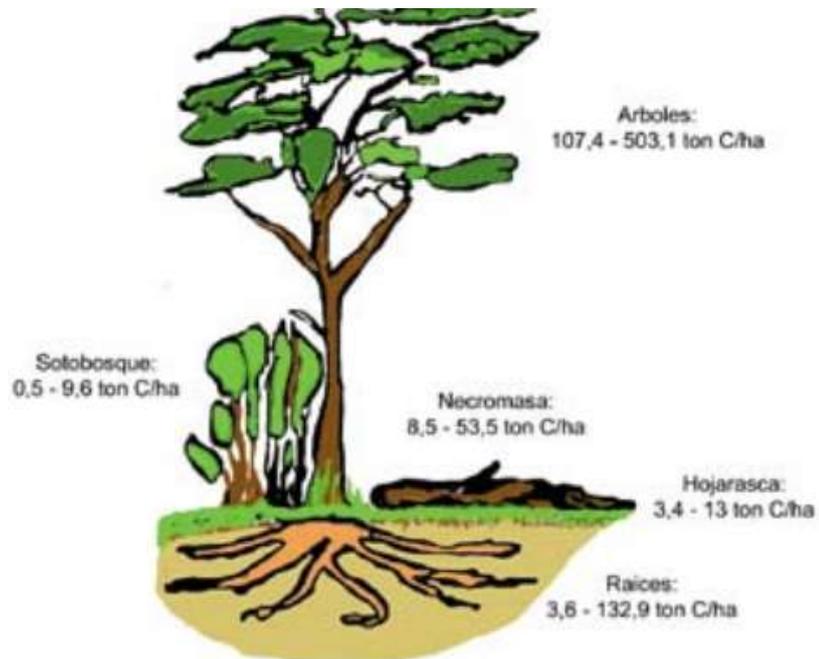


Figura 14: Distribución de la Biomasa en un bosque primario

xv. Métodos de medición del stock de Carbono:

Para las estimaciones sobre la cantidad de carbono almacenado en los Bosques Andinos de la región existe información generada y disponible limitada sobre el potencial de los Bosques Andinos para el desarrollo de proyectos de REDD. Parte de los vacíos de información se debe a los escasos estudios referidos a la cuantificación del carbono contenido en dichos bosques. Resulta necesario entonces realizar este ejercicio de estimación preliminar sobre el potencial de reserva de carbono forestal a escala regional, con el fin de: Crear conciencia sobre la carencia de información con relación a la cuantificación de carbono en Bosques Andinos (a diferentes niveles de detalle). Conocer y utilizar la información generada hasta el momento sobre la cuantificación de biomasa y carbono, y de la identificación y clasificación de ecosistemas andinos. Generar información referencial sobre el potencial de los Bosques Andinos para su participación en esquemas de REDD que pueda posteriormente ser ajustada según los requerimientos particulares. Para realizar las estimaciones se utilizó como base de información el Mapa de Sistemas Ecológicos de los Andes del Norte y Centro. El área de estudio seleccionado para realizar las estimaciones comprende cinco regiones

fitogeográficas. La primera de ellas, los Andes del Norte, ha sido tratada como una gran región fitogeográfica donde se diferencian dos subregiones biogeográficas: los Páramos y los Andes del Norte. La vegetación de los Andes del Norte puede ser agrupada en bosques húmedos montanos, arbustales pluviestacionales y xerofíticos y los páramos. La segunda es los Andes del Centro. Aquí se reconocen cuatro regiones florísticas bien definidas: Las yungas, que ocupan un rango altitudinal muy amplio, desde los 500 m.s.n.m. hasta algo más de los 4000 msnm. La puna húmeda, cuya vegetación potencial original en gran parte de ella, en los pisos altimontano y altoandino, son los bosques bajos de queñoa o queñoal (*Polylepis* spp.), dominados en cada zona o gran macizo montañoso por una especie diferente y restringida a ella. La puna xerofítica, que se distribuye fundamentalmente en el centro-sur del oeste de Bolivia y en el noroeste de Argentina, con extensiones menores en zonas adyacentes del suroeste de Perú y noreste de Chile. Ocupa un rango altitudinal muy amplio, que va desde unos 2000 m.s.n.m. en los valles altos orientales, hasta más de 6000 m.s.n.m. en los altos nevados y volcanes de la cordillera andina occidental. Incluye la gran meseta del Altiplano andino, con una altitud promedio de 3650 m.s.n.m. y situada en la zona más ancha de toda la Cordillera de los Andes. La región boliviana-tucumana, que se extiende hacia el sur a continuación de las yungas, distribuyéndose por las laderas y serranías orientales de la cordillera andina, desde el centro de Bolivia al noroeste de Argentina, entre los 600 m.s.n.m. y casi 4000 m.s.n.m. Cabe mencionar que el mapa de sistemas ecológicos ha sido elaborado en dos niveles: (i) a nivel de macrogrupos y (ii) sistemas ecológicos o ecosistemas. Para esta publicación se seleccionó trece macrogrupos para realizar las estimaciones. El área total de estudio alcanzó 14929258 ha. Se consideraron dos criterios para definir el área de estudio que contempla a los macrogrupos y sistemas ecológicos involucrados en las estimaciones: elevación y definición de bosque. (ECOBONA; 2004):

Elevación: Este criterio contribuye a determinar los límites superior e inferior. Según los perfiles altitudinales considerados para categorizar a la vegetación andina en los Andes del Norte y Centrales, en la tabla 10.1 se presentan los límites según cada piso altitudinal. Según la definición

adoptada por ECOBONA, se estima que estos ecosistemas incluyen áreas con una altitud mínima superior a la elevación mínima del piso basimontano. Con el fin de no incluir ecosistemas forestales que no sean considerados andinos y con fines únicos del presente documento, se ha considerado incluir en las estimaciones los siguientes pisos altitudinales: piso montano, piso altimontano y piso altoandino.

Definición de bosque: Este criterio excluye aquellos sistemas ecológicos que no son considerados bosques. Teniendo en cuenta la definición actual de “bosque” adoptada oficialmente en el marco de la CMNUCC por los países andinos, se excluyen ciertos macrogrupos de vegetación andina que no cumplen con los criterios actuales de cada una de las definiciones nacionales de bosque. Así, para realizar las estimaciones que se presentan en este documento no se han incluido ni los arbustales, ni los humedales, puna y páramos. Teniendo en cuenta ambos criterios, se han considerado solo aquellos sistemas ecológicos que cumplan con los criterios de elevación y definición de bosque especificados para este documento. Cualquier sistema ecológico que cumpla con alguna combinación de las características mencionadas de ambos criterios será considerado para las estimaciones presentadas en este documento: (i) BOSQUE MONTANO, (ii) BOSQUE ALTIMONTANO y (iii) BOSQUE ALTOANDINO. En total se han considerado trece macrogrupos y veinticuatro sistemas ecológicos para realizar las estimaciones. Una vez determinados los macrogrupos a considerar para las estimaciones, se identificaron las especies forestales representativas de cada macrogrupo. Luego, considerando las características de diámetro, altura y densidad promedio de cada especie forestal identificada, se calculó la biomasa por encima del suelo en cada uno de los macrogrupos. Los macrogrupos fueron clasificados según “categorías de densidad arbórea” y utilizando zonas de referencia para cada macrogrupo, sobre la base de otros estudios identificados, se determinó el número de árboles promedio por hectárea. La ecuación general utilizada para calcular la biomasa por encima del suelo es la presentada por Brown para la FAO:

Biomasa por encima del suelo (t/ha)= VOB * WD * BEF

Siendo VOB el volumen estimado, WD la densidad de la madera y BEF el Factor de Expansión de la Biomasa, es decir, el ratio de la biomasa seca de los árboles (por encima del suelo) a la biomasa seca del volumen total inventariado. Las estimaciones de biomasa por encima del suelo no consideran la biomasa de los arbustos, ni la vegetación herbácea ni la regeneración natural presente en cada uno de los macrogrupos. Para estimar el carbono en el resto de componentes del bosque, es decir, restos leñosos gruesos (CWD), raíces, necromasa, restos leñosos finos y en los suelos, se utilizó la información contenida en publicaciones científicas y proyectos en marcha, en los cuales el área de estudio se sitúa dentro de los límites de cada macrogrupo considerado. Asimismo, para calcular el Factor de Expansión de Biomasa (BEF), dato necesario para la ecuación, se utilizó la fórmula de Dauberet:

$$\text{BEF} = \exp(2,3624 - 0,3436 \ln Bf - 0,0044 \ln^2 Bf)$$

Para calcular el carbono, se consideró el valor por defecto del IPCC. Según esta fuente, se estima que la fracción de carbono en la biomasa seca es de 0,5 (ratio carbono: biomasa). El carbono estimado, contenido en la biomasa aérea total (TAGB) del área considerada para las estimaciones es de 832 237 222 t C.

xvi. Eucalyptus globulus labill:

Esta especie nació en Tasmania - Australia y existen cerca de 700 especies de eucalipto. Árbol magnífico, espectacular y de elevada talla, llega a alcanzar los 70 m de altura y los 2 m de diámetro, aunque normalmente supera los 50 m de altura y los 1,50 m de diámetro medido a 1,30 m de altura sobre el suelo (denominada "altura normal" o "altura del pecho"). Estas enormes dimensiones se alcanzan en árboles de avanzada edad, aislados o en alineaciones, pero nunca en cultivos forestales, pues en éstos se cortan para su aprovechamiento maderero cuando todavía tienen dimensiones bastantes menores. Las hojas que se agrupan agolpadas en los extremos de las ramillas, producen una copa de aspecto poco frondoso. Puede vivir más de 100 años. Puede soportar máximas estivales de hasta 40°C. (Grupo empresarial ENCE. 2008). Como se

muestra en la tabla (14) uno de los beneficios principales es la captura de CO₂; que es mayor frente a otras especies como se muestra en la figura (15).

Fuente: Grupo Empresarial ENCE, (2008).

Beneficios Ambientales	<ul style="list-style-type: none"> - Tasa de crecimiento y densidad mayor por ello es eficiente en la captura de CO₂, fijación de carbono y generación de Oxígeno. - Renovación cada 10 – 15 años. - Eficiente en el uso de agua; ya que favorece la recarga de acuíferos, aprovecha el agua de la niebla, no deseca los suelos. - Promueve la biodiversidad. - No es un bosque natural pero actúa de forma similar. - Recupera los suelos degradados.
------------------------	---

Tabla 14: Beneficios ambientales del *Eucalypto globulus labill.*

Fuente: Grupo Empresarial ENCE, (2008).



Figura 15: Comparación de CO₂ por toneladas entre el *Eucalypto globulus labill* y especies del Pino.

Este alto potencial individual se multiplica de forma exponencial con el cultivo de masas forestales, pues todos los árboles tienen una tasa de fijación de carbono mayor en sus primeros años de vida. El efecto masa es favorable para las especies (un árbol aislado sobrevive peor), y si éstas crecen mejor, fijan más carbono. Si además, a una especie se la induce a un crecimiento rápido, ésta crecerá más rápido y fijará aún más carbono. En el caso del eucalipto, su velocidad de crecimiento incrementa notablemente esta capacidad.

El eucalipto promueve la biodiversidad: El eucalipto no elimina otras plantas o árboles. Una plantación de eucalipto no es un bosque natural ni tampoco un cultivo agrícola, es un cultivo forestal que, por sus funciones, actúa de forma similar a un bosque. Una plantación de eucalipto tiene menor biodiversidad animal y vegetal que un bosque natural, pero alcanzarla no es su objetivo ni su función principal que, en cualquier caso, también cumple: una plantación crea nuevos espacios naturales para el desarrollo de la vida.

El eucalipto no degrada los suelos, los mejora: El eucalipto no aporta sustancias tóxicas para el suelo; al revés: tanto si los residuos se trituran e incorporan al suelo (que es un proceso biológico natural), como si se extraen en su mayor parte —ramas, hojas secas, cortezas y cáscaras—, los restos que quedan generan componentes químicos que actúan como nutrientes y que, por ejemplo, presentan mejor relación de ácidos que el roble y el pino, que son especies autóctonas.

2.3. Definición de términos básicos

i. Biomasa:

Se define como la suma total de la materia viva que se encuentra en un ecosistema en un periodo determinado y se expresa en términos de peso seco, masa o volumen. (Guerra; 2001)

ii. Sotobosque:

Se define como la vegetación que crece bajo los árboles de un bosque. (Larousse; 2005)

iii. Suelo:

Es la parte superficial no consolidada del manto correspondiente a la corteza continental, hecha de rocas desintegradas por intemperismo, partículas de materia orgánica, agua y organismos vegetales y animales. (Sarmiento; 2000)

iv. Carbono:

Es la distribución del carbono dentro de la planta hacia sus diferentes estructuras de acuerdo a los requerimientos de la planta en cada estación. El flujo del carbono hacia las diferentes fracciones químicas. (Sarmiento; 2000)

v. Cambio climático:

Es la variación del clima que se presenta durante los espacios de tiempo geológico y que afecta a grandes regiones. (Sarmiento; 2000)

vi. Servicios ambientales:

Son las funciones de la naturaleza que son directamente aprovechadas por los humanos sin que requieran inversiones económicas o de otra índole. (Sarmiento; 2000)

vii. Servicios ecológicos:

Son los atributos funcionales básicos del ecosistema puesto en sentido económico. (Sarmiento; 2000)

viii. Valor ecológico:

Es el conjunto de parámetros que determina la calidad de ecosistema, fijados mediante matrices especiales que se aplican a cada caso (con apreciaciones subjetivas de los valores no mensurables, porcentajes comparativos y valores cuantitativos), que permiten establecer la carta de

valoración ecológica. Es una técnica imprescindible para la elaboración de modelos en ecología de sistemas y en los estudios de valoración de impacto ambiental. (Sarmiento; 2000)

ix. Bosques andinos:

Se define como los bosques más altos del mundo y se extienden en las cimas y los valles interandinos de muchos departamentos del Perú (Huánuco, Junín, Huancavelica, Ayacucho, Apurímac, Cajamarca y Cusco). Algunos son cobijados por los Andes, a una altitud que oscila entre los 2000 y 4000 m.s.n.m. Y otros, los llamados Bosques de la Puna, crecen en el centro y sur del país a alturas que pueden llegar hasta los 5000 m.s.n.m. Los Bosques de los Valles Interandinos cobijados por los Andes son secos o semisecos y se caracterizan por la presencia de cactáceas, muchas de ellas endémicas, y árboles como la tara (valioso por sus frutos, que tienen alto contenido de taninos), el pisonay, la intimpa, algunas especies de cedros andinos (muy apreciados por su valiosa madera), el molle, el chachacomo, los árboles de pati y frutales nativos de creciente mercado nacional, como el sauco y el lúcumo. Es habitual en ellos, asimismo, la presencia de zorros andinos, pumas y tarucas. Y son ecosistemas frágiles con un alto grado de especies endémicas. Los Bosques de la Puna, por su parte, se caracterizan por la presencia de bosquetes de queñual (*Polylepis sp*) situados en las laderas protegidas del viento helado que alguna vez ocuparon un vasto territorio, aunque en la época de la Conquista fueron depredados para la obtención de leña para ser utilizados en los procesos metalúrgicos y hoy apenas ocupan una extensión de poco más de 90 mil hectáreas. Por las condiciones especiales de la zona (el frío y la altura) encontramos una avifauna asociada casi exclusivamente a los bosques de queñual cuya madera, muy dura y durable, ha sido históricamente utilizada en las zonas altoandinas para la construcción y la elaboración de utensilios y herramientas agrícolas tradicionales (arados y taclas), así como leña. Actualmente estas especies son empleadas bajo sistemas de agroforestería tradicional. (MINAM; 2011)

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipificación y método de la investigación

Fuente: Elaboración propia.

Tipo de investigación	Es del tipo Aplicada ; porque se utilizó teorías para estimar el stock o reserva de carbono en las zonas de estudio.
Método de investigación	A través del Análisis de datos se interpretaron los procedimientos a ejecutarse. Síntesis que permitió estructurar y organizar los datos que la investigación requirió. Observación como parte del procedimiento que permitió la recopilación de información requerida. Descripción porque se revisó, ordenó e identificó la correlación entre las variables estudiadas.

Tabla 15: Tipo y método de investigación.

3.2. Diseño de la investigación

El enfoque que se tuvo esta investigación fue **Cuasi-cuantitativo**; ya que tuvo variables del tipo cuantitativo pero también cualitativo.

Fuente: Elaboración propia.

Diseño de la investigación	No experimental ; ya que se describió la relación que hay entre las variables estudiadas.
----------------------------	--

Tabla 16: Diseño de la investigación.

Así mismo esta investigación tuvo alcance del tipo **Correlacional**; el cual se especifica en la tabla (17):

Fuente: *Elaboración propia.*

	<p>M= Datos obtenidos de cada componente de los bosques.</p> <p>O1= Stock de Carbono almacenado</p> <p>O2= Ubicación de los bosques</p> <p>r= coeficiente de correlación entre las VD y VI (Factores Ambientales)</p>
--	---

Tabla 17: Alcance de la investigación.

El Nivel de la investigación es del tipo II, ya que se complementará información sobre el Stock de Carbono presente en la biomasa aérea, sotobosque y suelo de ambos bosques.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Determinación de la población

La población estudiada fueron los bosques andinos llamados: Viques y Hacienda Chorrillos ambos de especie predominante ***Eucalyptus globulus labill***; estos bosques fueron seccionados por sensoramiento remoto para la posterior toma de muestras; en las siguientes tablas y figuras que se mostrarán a continuación se observa las especificaciones de cada zona estudiada en las tablas (18; 19) y figuras (16; 17; 18 y 19).

Fuente: *Elaboración propia.*

UBICACIÓN GEOGRÁFICA BOSQUE DE "VIQUES"		
PAIS	:	Perú
DEPARTAMENTO	:	Junín
PROVINCIA	:	Huancayo
DISTRITO	:	Viques
COORDENADAS	:	12°09'38.64" S 75°14'11.50" O

ELEVACION	:	3171 m.s.n.m.
FECHA DE IMAGEN	:	20/05/2013
PROPIETARIO	:	Municipio del Distrito de Viques
ENCARGADO	:	Ing. William Angel Porras Montes Subgerencia de Desarrollo Social y Comunal
EXTENSION	:	Área: 19.33 ha
ESPECIE	:	<i>Eucalyptus globulus labill</i>

Tabla 18: Especificaciones de la población del bosque de Viques.

Foto: Indira Luza (20/05/2013)



Figura 16: Bosque de Viques, vista con Google Earth

Foto: Indira Luza (30/09/2013)



Figura 17: Vista del bosque de Viques.

Fuente: Elaboración propia.

UBICACIÓN GEOGRAFICA BOSQUE "HACIENDA CHORRILLOS"		
PAIS	:	Perú
DEPARTAMENTO	:	Junín
PROVINCIA	:	Huancayo
DISTRITO	:	Huancayo
COORDENADAS	:	12°02'23.64" S 75°11'11.14" O
ELEVACION	:	3388 m.s.n.m.
ALTURA DE OJO	:	4.7 km
FECHA DE IMAGEN	:	25/07/2011
PROPIETARIO	:	Hacendados, el Ing. Miguel Garay Quiñones gestionó los permisos requeridos.
EXTENSION	:	Area: 9.64 ha
ESPECIE	:	<i>Eucalyptus globulus labill</i>

Tabla 19: Especificaciones de la población del bosque Hacienda Chorrillos.

Foto: Indira Luza (20/05/2013)

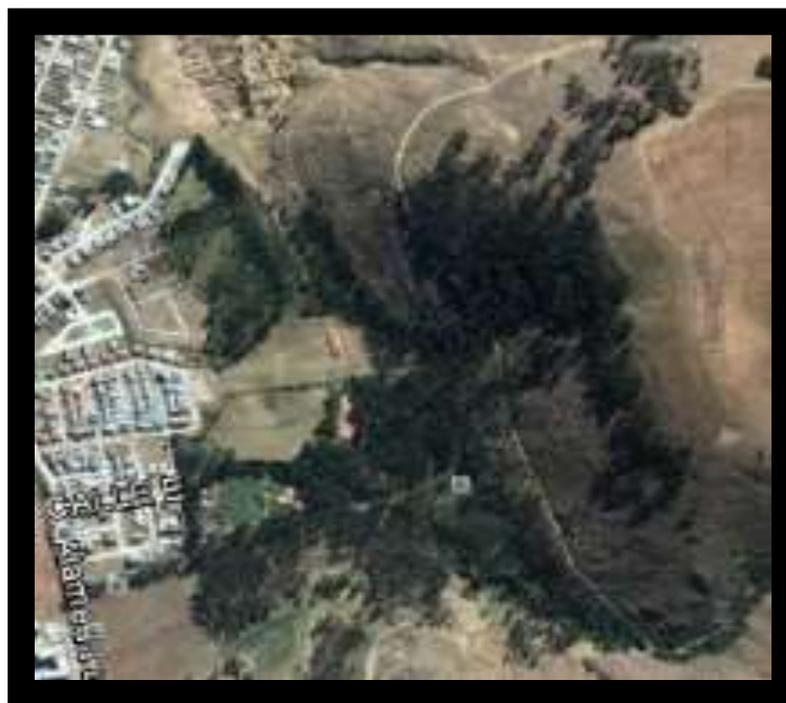


Figura 18: Bosque Hacienda Chorrillos, vista con Google Earth

Foto: Indira Luza (30/09/2013)



Figura 19: Vista del bosque Hacienda Chorrillos.

3.3.2. Determinación de las muestras para estimar el stock de carbono

La determinación de parcelas se parceló por sensoramiento remoto usando imágenes satelitales del Google Earth, como se observará en las figuras 20 y 21 con sus respectivas leyendas:

Fuente: Elaboración propia con Google Earth

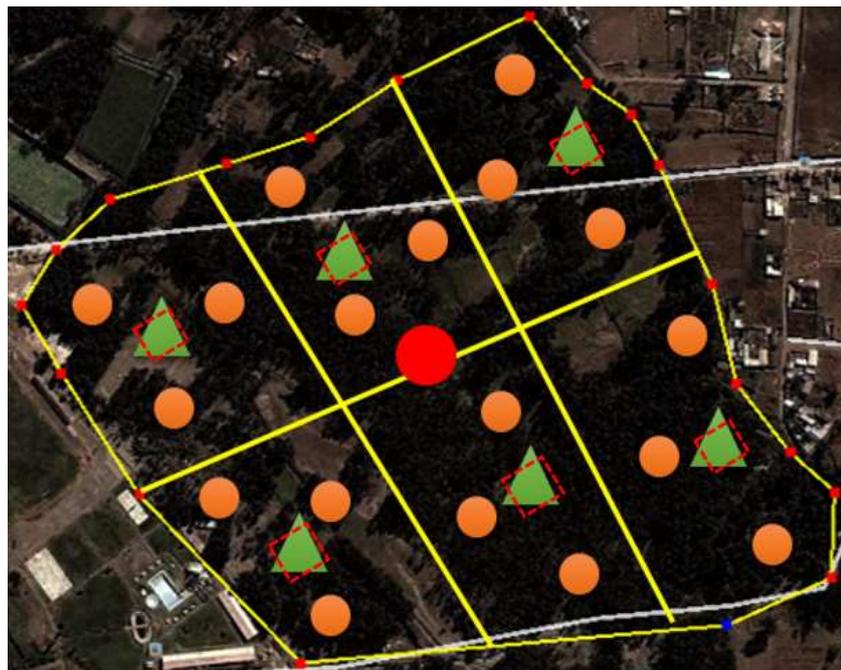


Figura 20: División de muestras en el bosque de Viques.

Fuente: Elaboración propia.

Bosque de "Viques"		Símbolo
División de las parcelas	6	
Muestreo de suelo para análisis de caracterización.	1	●
Muestreo de suelo para análisis especial (C/N), muestras de sotobosque y muestra de suelos para densidad aparente.	18	●
Inventario de árboles en subparcelas de 20mX20m (muestra representativa).	6	▲

Tabla 20: Leyenda de la división de muestras en el bosque de Viques.

Fuente: Elaboración propia con Google Earth.

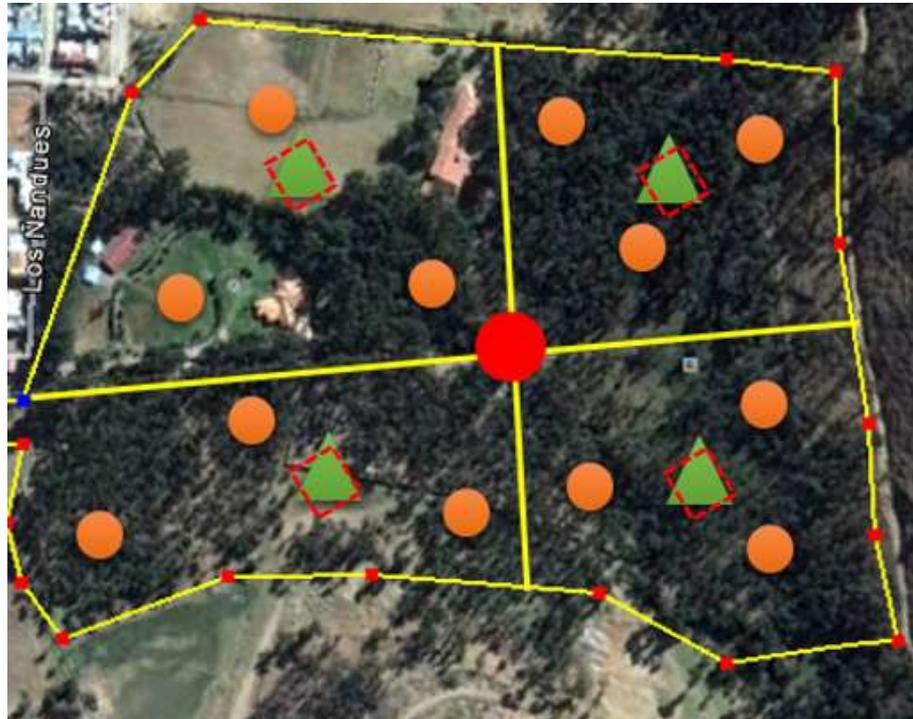


Figura 21: División de muestras en el bosque de Viques.

Fuente: Elaboración propia.

Bosque "Hacienda Chorrillos"		Símbolo
División de las parcelas	4	
Muestreo de suelo para análisis de caracterización	1	●
Muestreo de suelo para análisis especial (C/N), muestras de sotobosque y muestra de suelos para densidad aparente	12	●
Inventario de árboles en subparcelas de 10m X 10m (muestra representativa)	4	▲

Tabla 21: Leyenda de la división de muestras en el bosque Hacienda Chorrillos.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos, esa investigación se dividió en tres fases (figura 22): de planificación donde se elaboraron los protocolos y ejecución donde se recolectó y analizó las muestras y post-ejecución donde se hizo el tratamiento estadístico de los datos. Para el análisis estadístico y la prueba de hipótesis se realizó la prueba para determinar la distribución normal de los datos y la igualdad de varianza mediante el software SPSS, para la prueba de hipótesis general se realizó mediante el estadístico de prueba paramétrica t-Student para dos muestras independientes (SPSS y Excel) contrastando el resultado con el estadístico de prueba no paramétrico Wilcoxon para dos muestras independientes (Statdisk). Para el análisis para las pruebas de hipótesis específica se usó el estadístico de prueba no paramétrico de Kruskal Wallis, el método de Correlación para determinar la relación o influencia de los factores ambientales en el Stock de Carbono (Excel-complemento Xlstat y Statdisk) según el libro de Triola M. (2003) y finalmente se observó las diferencias en la valoración económica de los bosques estudiados.

FASES DE LA INVESTIGACIÓN

Fuente: Elaboración propia

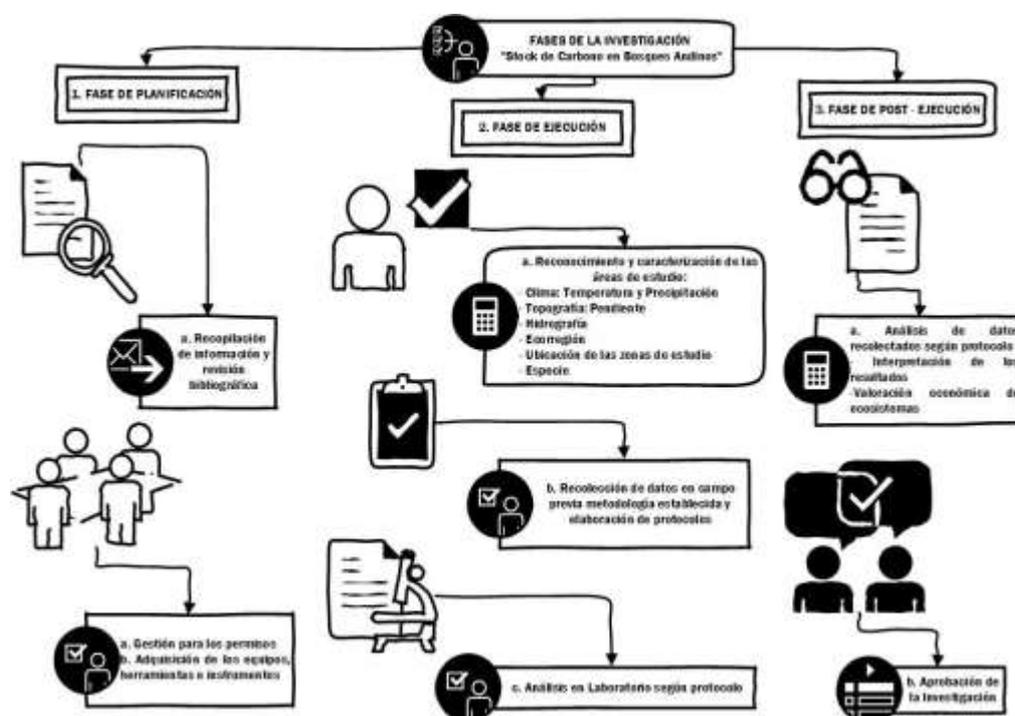


Figura 22: Fases de la investigación

1º. FASE DE PLANIFICACIÓN

1.1. Recopilación de información y revisión bibliográfica:

Se recolectó y analizó resultados y metodologías de artículos y tesis similares a éste estudio, como base para la elaboración de los protocolos.

1.2. Gestión para los permisos respetivos:

Se gestionó los permisos requeridos para el ingreso a dichos bosques. El bosque aledaño a la zona ecoturística de Viques está actualmente a cargo de la Municipalidad de dicho distrito, siendo el responsable la Sub Gerencia de Desarrollo Social y Comunal el Ing. William Angel Porras Montes con quien se coordinó directamente dichos permisos. Así mismo el bosque de la Hacienda Chorrillos ubicada en la urbanización de San Carlos está a cargo de la administración del Ing. Miguel Garay Quiñones, con quien también se coordinó directamente los permisos correspondientes para este estudio.

1.3. Adquisición de los equipos, herramientas e instrumentos requeridos:

Se adquirieron los equipos, materiales e instrumentos necesarios para éste estudio. Todos estos prestados por el Ing. Luis Fernando Suárez Salaz.

2º. FASE DE EJECUCIÓN

2.1. Protocolos

Para el inventario de carbono; es necesario reconocer depósitos donde se acumula el carbono absorbido en un ecosistema forestal: biomasa sobre el suelo (árboles y sotobosque), biomasa bajo el suelo (raíces), hojarasca y suelo como se muestra en la figura (23). Este inventario se inicia con la instalación de las parcelas (Gayoso J., 2001).

Fuente: Póster del concurso universitario "Estructurando tus ideas"; (2013)

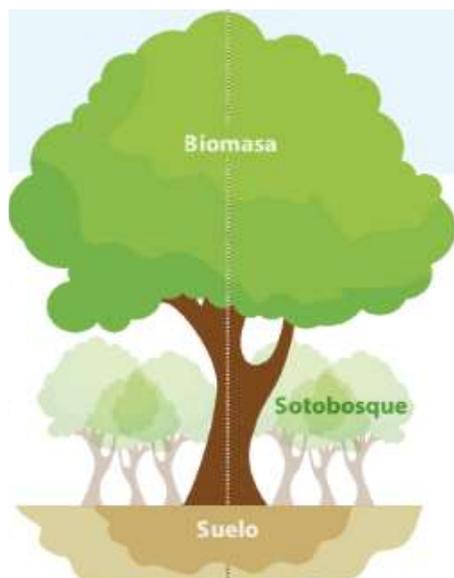


Figura 23: Depósitos de almacenamiento en un ecosistema forestal.

El número de parcelas se realiza con el fin de obtener datos de muestras representativas. En esta investigación se aplicó el Muestro al azar como se muestra en la figura (24); muestreo libre de parcialización y sujeto a las leyes de la probabilidad con un sistema del Método Cluster (MINAM, 2009):

Fuente: MINAM, (2009).

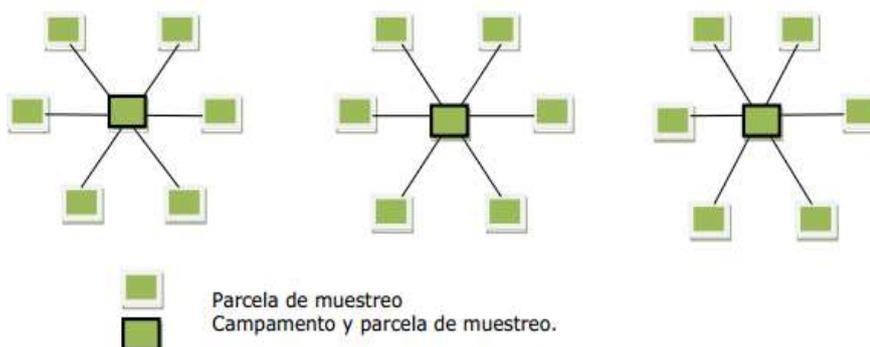


Figura 24: Método Cluster, no destructivo según el MINAM, 2009.

Este sistema consiste en inventariar el bosque mediante parcelas o muestras agrupadas, para obtener mayor eficiencia posible tratando de cubrir la mayor área posible. En todas las fases de campo se usaron Libreta de Campo y Cámara Fotográfica; así mismo la bibliografía que se utilizó para la metodología fue tomada de la tesis sobre

Almacenamiento de carbono y flujo de CO₂ en los suelos con plantaciones de tres especies forestales en el Valle del Mantaro realizado por Dávila, V.; Retamozo, F.; Suarez, L. (2008).

2.1.1. Biomasa aérea

Para la estimación de la biomasa aérea se usó el Método No Destructivo – Directo usando un modelo de ecuaciones alométricas e Indirecto usando el volumen comercial como se observa en la tablas (22; 23) (MINAM, 2009).

Fuente: Elaboración propia en base a la revisión bibliográfica.

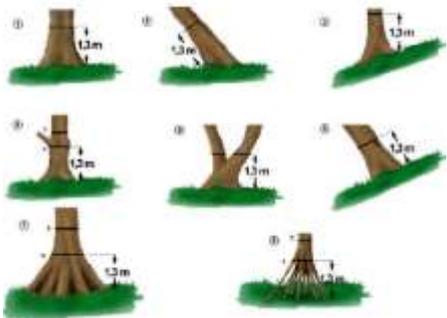
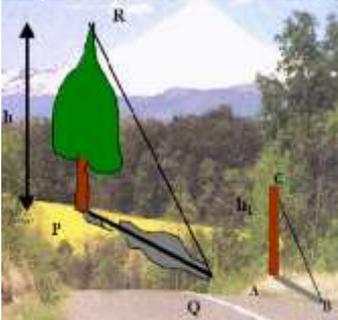
Análisis en campo	
Procedimiento	Materiales y herramientas
<ul style="list-style-type: none"> • Instalar aleatoriamente las parcelas determinadas anteriormente (para el caso de Viques 6 subparcelas de 20mX20m cada una y respecto a la Hacienda Chorrillos 4 subparcelas de 10mX10m cada una). • Medición del DAP (Diámetro a la altura de pecho) de cada uno de los arboles dentro de la parcela. La medición se realiza a una altura promedio de 1.6 m. Al momento de realizar los cálculos respectivos solo considerar un DAP > 10 cm; ya que los arboles de menor diámetro no son significativas (Gayoso J., 2001) 	<ul style="list-style-type: none"> • Hilo pabilo • Cinta métrica de 100 m • Estacas de madera • Cinta métrica de mano • Pintura para marcar cada árbol ya medido
<ul style="list-style-type: none"> • Se mide el ángulo de cada individuo arbóreo por el método de los triángulos semejantes. Establecer una distancia de 10 m del individuo para la medición con el equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Clinómetro • Cinta métrica

Tabla 22: Protocolo para la determinación de carbono en el componente aéreo, análisis en campo.

Fuente: Elaboración propia en base a la revisión bibliográfica.

Formulario para el análisis en gabinete									
<p>a. Cálculo del DAP (cm):</p> $DAP = \frac{C}{\pi} \dots (\text{cm})$ <p>DAP= diámetro a la Altura del Pecho C=circunferencia $\pi = 3.1415$</p>									
<p>b. Cálculo de la altura para cada individuo arbóreo (m):</p> $H = \frac{\text{tang}(\alpha)}{D} \dots (\text{m})$ <p>H=altura del árbol Tang(α)=tangente de ángulo obtenido con el clinómetro D=distancia en m (10 m)</p>									
<p>c. Cálculo del área de cada subparcela (m²):</p> $A = \frac{\pi \times D^2}{2} \dots (\text{m}^2)$ <p>A= área 3.1415= coeficiente establecido D= DAP al cuadrado en m</p>									
<p>d. Cálculo del volumen de cada subparcela (m³):</p> $V = A \times h \dots (\text{m}^3)$ <p>V= volumen A= área en m² h= altura en m</p>									
e. Estimación de la biomasa (kg/ha)									
Método I: Ecuaciones Alométricas de Brown (1989)	Método II: Investigación de la UNCP								
$B = Y = e^{(-2.134+2.530 \times \ln(D))} \dots (\text{kg/ha})$ <p>B=biomasa e= 2.718 -2.134 y 2.530= coeficientes establecidos ln= logaritmo neperiano D=DAP en cm</p>	$B = Y = 0.118^{(D^{2.53})} \dots (\text{kg/ha})$ <p>B=biomasa 0.118 y 2.53 = coeficientes establecidos D=DAP en cm</p>								
<p>f. Estimación del Stock de Carbono (t C/ha):</p> $C = B \times 0.45 \dots (\text{t C/ha})$ <p>C= carbono B= biomasa estimada 0.45= coeficiente establecido por el IPCC (1996)</p>									
<p>g. Cuantificación del CO₂ (tCO₂/ha):</p> $CO_2 = C \times Kr \dots (\text{tCO}_2/\text{ha})$ <p>CO₂= dióxido de carbono C= stock de carbono Kr= peso atómico del CO₂ (⁴⁴/₁₂)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Elemento/Compuesto</th> <th>Peso atómico (tabla química)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">12.01</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">O</td> <td style="text-align: center;">15.99</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">CO₂</td> <td style="text-align: center;">(12.01+(15.99x2)) = 43.99</td> </tr> </tbody> </table>		Elemento/Compuesto	Peso atómico (tabla química)	C	12.01	O	15.99	CO ₂	(12.01+(15.99x2)) = 43.99
Elemento/Compuesto	Peso atómico (tabla química)								
C	12.01								
O	15.99								
CO ₂	(12.01+(15.99x2)) = 43.99								
<p>h. Estimación de la biomasa en las raíces (t/ha)</p> $B = V \times 0.3 \dots (\text{t/ha})$ <p>B= biomasa en las raíces V= volumen 0.3= coeficiente establecido respecto a la biomasa aérea según sugiere MacDicken, 1997</p>									
<p>i. Estimación del stock de carbono en las raíces (t C/ha):</p> $C = B \times 0.45 \dots (\text{t C/ha})$ <p>C= carbono B= biomasa en las raíces 0.45= coeficiente establecido por el IPCC (1996)</p>									

Tabla 23: Protocolo de fórmulas para la determinación de carbono en el componente aéreo.

2.1.2. Sotobosque

Se usó las metodologías de MC Dicken (1997) y del MINAM (2009).

Fuente: Elaboración propia en base a la revisión bibliográfica.

Análisis de campo	
Procedimiento	Materiales y herramientas
A. Instalar aleatoriamente los cuadrantes de 50cmx50cm (0.25 m ²) para el caso de Viques 18 y para Chorrillos 12; 3 por cada parcela.	<ul style="list-style-type: none"> • Hilo pabilo • Cinta métrica de mano
B. Recolectar hojarasca (cubierta vegetal encima del suelo) en las bolsas respectivamente etiquetadas, solo incluir la hojarasca dentro del cuadrante, ayudarse con las tijeras.	<ul style="list-style-type: none"> • Etiquetas • Palas de mano • Bolsas plásticas • Tijeras

Tabla 24: Procedimiento para la determinación de carbono en el componente de Sotobosque, análisis de campo.

Fuente: Elaboración propia en base a la revisión bibliográfica.

Formulario para el análisis en laboratorio	
Procedimiento	Materiales y herramientas
1. Una vez recolectadas las muestras, separar en tres subcomponentes: Hojas, Tallos y Otros y guardar etiquetadas en platos de aluminio.	<ul style="list-style-type: none"> • Platos de aluminio • Etiquetas
2. Pesar las muestras (g) con el respectivo tare del papel de aluminio. 3. Introducir al horno a una temperatura de 60°C por 24 horas hasta obtener un peso constante. 4. Finalmente pesar las muestras (g) después del secado en el horno.	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza de laboratorio • Horno o mufla

Tabla 25: Procedimiento para la determinación de carbono en el Sotobosque, análisis en laboratorio.

Fuente: Elaboración propia en base a la revisión bibliográfica.

Formulario, análisis en gabinete	
a. Contenido de Humedad (%): $CH = \frac{(Psh - Pss)}{Psh} \times 100\% \dots (\%)$ CH= contenido de humedad (g/m ² estimar en g/0.25 m ²) Psh= peso húmedo de la muestra (g convertir a t) Pss= peso seco de la muestra (g convertir a t)	
b. Estimación de la biomasa en el Sotobosque (t/ha): $B = Y = Pht \times (Pht \times CH) \dots (t/ha)$ B= biomasa estimada (g/0.25 m ²) convertir a t/ha Pht= sumatoria del peso húmedo de las muestras (g convertir a t) CH=% del contenido de humedad	
c. Stock de Carbono (t C/ha): $C = B \times 0.5 \dots (t C/ha)$ C= carbono B= biomasa en las raíces 0.5= coeficiente establecido, la materia vegetal contiene un 50% de C, una vez que se ha removido el agua. (Mac Dicken, 1997).	
d. Cuantificación del CO ₂ (tCO ₂ /ha): $CO_2 = C \times Kr \dots (tCO_2/ha)$ CO ₂ = dióxido de carbono	

C= stock de carbono	
Kr= peso atómico del CO ₂ (⁴⁴ / ₁₂)	
Elemento/Compuesto	Peso atómico (tabla química)
C	12.01
O	15.99
CO ₂	(12.01+(15.99x2) = 43.99

Tabla 26: Formulario para el análisis de gabinete para determinar el carbono en el Sotobosque.

2.1.3. Suelos

Fuente: Elaboración propia en base a la revisión bibliográfica.

Análisis en campo	
Procedimiento	Materiales y herramientas
a. Muestrear los suelos para analizar la caracterización (una muestra por cada bosque), llevar las muestras al laboratorio de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Realizar calicatas de 30 cm y recolectar el suelo en bolsas para muestra.	<ul style="list-style-type: none"> • Pico y pala de mano • Bolsas de muestra • Cinta métrica de mano • Etiquetas
b. Introducir un clavo de 5 pulgadas y posteriormente introducir el termómetro. Tomar datos de temperatura a 5 cm y 15 cm.	<ul style="list-style-type: none"> • Clavo de 5 pulgadas • Termómetro
c. Para el análisis posterior en laboratorio de las propiedades físicas del suelo se tomaron muestras de suelo en calicatas realizadas a 15 cm de profundidad. (30 total de muestras: 18 de Viques y 12 de Chorrillos)	<ul style="list-style-type: none"> • Pico y pala de mano • Tubo de PVC de volumen conocido • Bolsas de muestra • Cinta métrica de mano • Etiquetas

Tabla 27: Procedimiento para tomar muestra en campo en el Suelo.

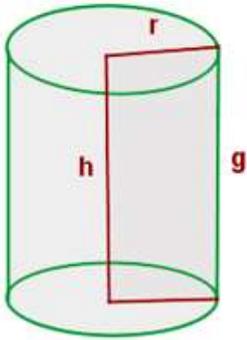
Fuente: Elaboración propia en base a la revisión bibliográfica.

Análisis en el Laboratorio de Biología/Química de la Universidad Continental.				
Materiales	• Muestra de 10 g de suelos respectivamente etiquetadas.		• Muestra de 50 g de suelos respectivamente etiquetadas.	Se utilizó el método del "Cilindro de Volumen Conocido" (MacDicken, 1997)
	pH	Conductividad eléctrica C.E.	% de Humedad	Densidad aparente
	<ul style="list-style-type: none"> • 25 ml de agua destilada • 1 Vaso de precipitación de 140 ml • 1 Varilla de vidrio • 1 pizeta con agua destilada • Cucharilla metálica • Espátula de madera • 1 luna de reloj 		<ul style="list-style-type: none"> • 30 platos de papel aluminio (18 para Viques y 12 para Chorrillos) • Cucharilla metálica 	<ul style="list-style-type: none"> • Etiquetas • Platos de aluminio (30). • Muestras de suelos (g) contenidos en los tubos de volumen conocido.
Equipos	Balanza de laboratorio Peachímetro	Balanza de laboratorio Conductímetro	Balanza de laboratorio Horno	
Pr	• Pesar la luna de reloj y después con la cucharilla metálica y la		• Recolectar 30 muestras de suelo (12	• Introducir el tubo de PVC al suelo

espátula de madera pesar 10 g de cada muestra de suelo (30). • Preparar la solución en el vaso de precipitación de 140 ml (10 g de suelo y 25 ml de agua destilada), mover con la varilla de vidrio. • Esperar la calibración de los equipos.	• Medir el pH de cada solución preparada.	• Medir la conductividad de cada solución preparada.	del bosque de San Carlos y 18 del bosque de Viques, según la metodología).	con la ayuda de la pala (5 cm de profundidad).
			• Pesar 50 g de cada muestra y colocarlas en los platos de papel aluminio, previamente haber pesado dichos platos. • Colocar los platos con las muestras cuidadosamente en el horno gravitacional por 24 horas a 105°C. • Pasadas las 24 horas retirar las muestras del horno y dejar enfriar por unos minutos. • Pesar las muestras enfriadas.	• Preservar la muestra. • Registrar el peso húmedo. • Llevar a secar al horno a 105°C hasta lograr un peso constante (g). • Registrar el peso después del secado en el horno (g).

Tabla 28: Protocolo para analizar en laboratorio las muestras de suelo recolectadas.

Fuente: Elaboración propia en base a la revisión bibliográfica.

Formulario, análisis en gabinete																		
Los datos de pH y C.E. son directos.																		
Humedad (%)		Densidad aparente ($\frac{g}{cm^3}$)																
$\%H = \frac{(P1 - P2)}{P1} \times 100\% \dots (\%)$ %H= porcentaje de humedad del suelo P1= peso húmedo de la muestra (g) P2= peso seco de la muestra (g)		$DA (\frac{g}{cm^3}) = \frac{P1 - P2}{VT}$ DA= densidad aparente ($\frac{g}{cm^3}$) P1= peso del suelo más el tubo (g) P2= peso de tubo (g) VT= volumen del tubo (cm^3)																
		Volumen del tubo de PVC (cm^3) <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Medidas del tubo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diámetro - D</td> <td>5</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td>Radio - r</td> <td>2.5</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td>Alto - h</td> <td>5</td> <td>cm</td> </tr> <tr> <td>Peso del tubo</td> <td>16</td> <td>g</td> </tr> </tbody> </table> $V = \pi \times r^2 \times h$ = volumen (cm^3) = 3.1415 = radio del tubo al cuadrado (cm) = altura del tubo (cm)		Medidas del tubo			Diámetro - D	5	cm	Radio - r	2.5	cm	Alto - h	5	cm	Peso del tubo	16	g
Medidas del tubo																		
Diámetro - D	5	cm																
Radio - r	2.5	cm																
Alto - h	5	cm																
Peso del tubo	16	g																
Contenido de Carbono (t C/ha) $CS = CC \times DA \times P \dots (t C/ha)$ CS= contenido de Carbono en el suelo (t C/ha) CC= contenido de carbono (%), resultados del análisis especial de la UNALM DA= densidad aparente ($\frac{g}{cm^3}$) P= profundidad de muestreo (5 cm)																		
Cuantificación del CO_2 (tCO_2/ha) $CO_2 = C \times Kr \dots (tCO_2/ha)$ CO_2 = dióxido de carbono C= stock de carbono																		

Kr= peso atómico del CO ₂ (⁴⁴ / ₁₂)	
Elemento/Compuesto	Peso atómico (tabla química)
C	12.01
O	15.99
CO ₂	(12.01+(15.99x2) = 43.99

Tabla 29: Formulario para el análisis de suelos.

2.2. Interpretación de resultados para las muestras de suelo

Fuente: Laboratorio de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la UNALM, Lima.

TABLA DE INTERPRETACION			
Salinidad		Reacción o pH	
Clasificación del suelo	CE(es) dS/m	Clasificación del suelo	pH
Muy ligeramente salino	<2	Fuertemente ácido	<5,5
Ligeramente salino	2-4	Moderadamente ácido	5,6-6,0
Moderadamente salino	4-8	Ligeramente ácido	6,1-6,5
Fuertemente salino	>8	Neutro	7,0
		Ligeramente alcalino	7,1-7,8
		Moderadamente alcalino	7,9-8,4
		Fuertemente alcalino	>8,5

Tabla 30: Tabla de interpretación de salinidad y pH para el análisis de suelos según la UNALM.

Fuente: Laboratorio de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la UNALM, Lima.

Clasificación	Materia orgánica (%)	Fosforo disponible (ppm P)	Potasio disponible (ppm K)
Bajo	<2,0	<7,0	<100
Medio	2-4	7,0-14,0	100-240
Alto	>4,0	>14,0	>240

Tabla 31: Tabla de interpretación de materia orgánica, fósforo y potasio disponible para el análisis de suelos según la UNALM.

Fuente: Laboratorio de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la UNALM, Lima.

Relaciones catiónicas			Distribución de cationes (%)	
Clasificación	K/Mg	Ca/Mg	Ca ²⁺	60-75
Normal	0,2-0,3	5	Mg ²⁺	15-20
Defc. Mg	>0,5		K ⁺	3-7
Defc. K	<0,2		Na ⁺	<15
Defc. Mg		>10		

Tabla 32: Tabla de interpretación de las relaciones catiónicas para el análisis de suelos según la UNALM.

Fuente: Laboratorio de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la UNALM, Lima.

Clases texturales	
A: arena	Fr.Ar.A: franco arcilloso arenoso
A.Fr: arena franca	Fr.Ar: franco arcilloso
Fr.A: franco arenoso	Fr.Ar.L: franco arcilloso limoso
Fr.: franco	Ar.A: arcilloso arenoso
Fr.L.: franco limoso	Ar.L: arcilloso limoso
L: limoso	Ar.: arcilloso

Tabla 33: Tabla de interpretación de la clase textural para el análisis de suelos según la UNALM.

Fuente: Revisión bibliográfica respecto al nitrógeno total.

Clasificación según el N total Criterios (Moreno, 1998)	
N (%)	Clasificación
>0.18	Alto
0.15 – 0.18	Ligeramente alto
0.10 – 0.15	Normal
0.08 – 0.10	Ligeramente bajo
0.05 – 0.08	Bajo
< 0.05	Muy bajo

Tabla 34: Valores de Nitrógeno en el suelo según Moreno (1998).

Fuente: Revisión bibliográfica respecto a la densidad aparente según Delgadillo.

Densidad aparente	
Tipo de horizonte	Densidad aparente (g/cm³)
Arenosos	1.45 – 1.60
Arcillosos con estructura	1.05 – 1.10
Compactos	1.90 – 1.95
Suelos volcánicos	0.85
Turbosos	0.25
Medio	1.35

Tabla 35: Valores de la densidad aparente para el análisis del suelo según Delgadillo.

2.3. Valoración económica de los ecosistemas forestales

Fuente: Elaboración propia en base a la revisión bibliográfica.

Concepto	Escenario					
	I		II		III	
PSA (CERs)	US\$	Unidad	US\$	Unidad	US\$	Unidad
	60	t C/ha/año	20.7	t C/ha/año	6.9	t C/ha/año
Captura de CO₂	20	t CO ₂ /ha	10	t CO ₂ /ha	3	t CO ₂ /ha
Edad de árboles (años) Tasa de secuestro de C	US\$	Unidad	US\$	Unidad	US\$	Unidad
6	12.77	t C.ha.año	6	t C.ha.año	9.9	t C.ha.año
8	15.4	t C.ha.año	5	t C.ha.año	8.2	t C.ha.año
10	6.56	t C.ha.año	11.7	t C.ha.año	10.2	t C.ha.año
Tasa general	9.26	t C.ha.año	8.3	t C.ha.año	13.6	t C.ha.año
Valor fijo por cantidad de carbono almacenado	US\$	Unidad				
	10	t C/ha				

Tabla 36: Metodología para la valoración económica de los ecosistemas forestales.

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Tratamiento, análisis de la información y discusión de resultados

Los resultados del análisis para la estimación del Stock de Carbono en ambos bosques se presentan de la siguiente forma según los objetivos planteados y sus hipótesis respectivas:

4.1.1. *Variable independiente:*

Análisis de datos referidos a los factores ambientales en las zonas estudiadas.

4.1.1.1. Clima: Temperatura y precipitación promedio

La variabilidad climática de ambas zonas estudiadas se evidencia en el análisis de la data obtenida con datos del Senamhi del año 2005-2009 como se muestra en la tabla (37). La estación de Huayucachi (Viques) presenta una precipitación de 15 mm/año con una temperatura máxima de 21°C y mayor frecuencia de vientos (observacional en la toma de datos) a diferencia de la estación de Huancayo (más cercana al bosque Chorrillos) que presenta una precipitación de 63 mm/año con una temperatura de 19°C y menor presencia de vientos por su topografía; ya que Viques presenta una pendiente de 5% y Chorrillos de 15% (según análisis mediante la data de Google Earth).

Fuente: Resultados obtenidos referidos a la climatología de las zonas estudiadas.

Área de estudio	Climatología		
	Observacional	Data	
		Vientos	Precipitación Promedio mm/año
Estación en Viques	+	15	21
Estación en Huancayo (más cercana a la Hacienda Chorrillos)	-	63	19

Tabla 37: Resultados del análisis de los Factores climatológicos.

4.1.1.2. Topografía

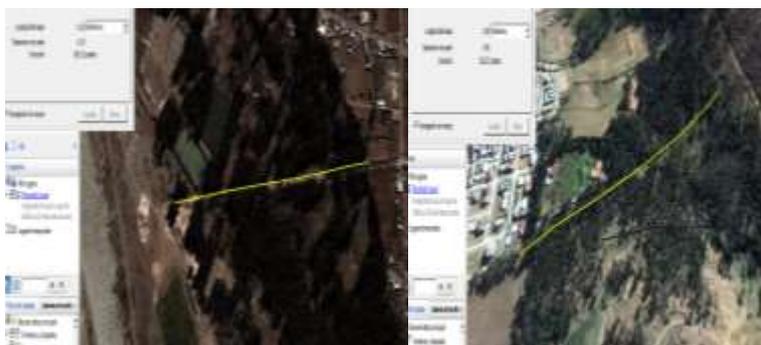
Se muestra en la tabla (38) las características topográficas de las zonas estudiadas por sensoramiento remoto como se evidencia en la figura (25).

Fuente: Resultados obtenidos referidos a la climatología de las zonas estudiadas.

TOPOGRAFÍA							
Área de estudio	Cota 1	Cota 2	Diferencia de cotas	Longitud		Pendiente (%)	
	m.s.n.m.		h	km	m	S=h/L	
Viques	3185	3161	24	0.5	530	0.05	5%
Hacienda Chorrillos	3414	3356	58	0.4	390	0.15	15%

Tabla 38: Características topográficas de las zonas de estudio por sensoramiento remoto (Google Earth)

Fuente: Imágenes Satelitales analizadas con Google Earth.



(a); (b)

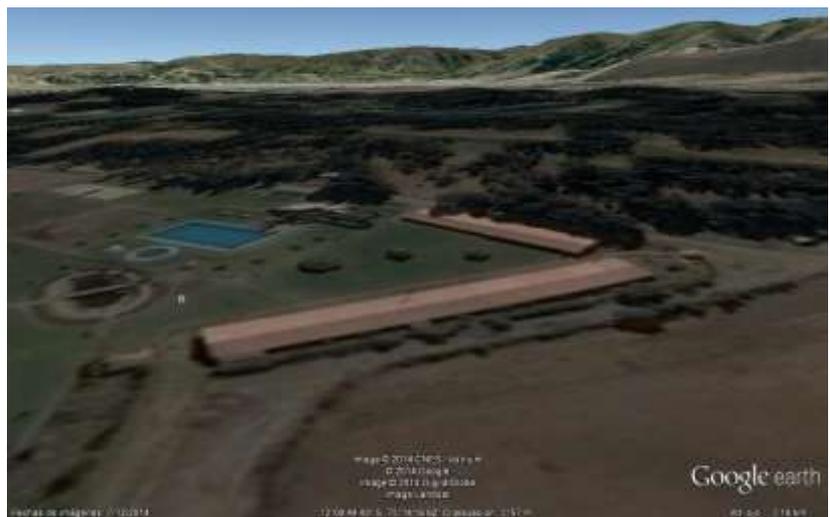
Figura 25: Análisis de la topografía a través de Imágenes Satelitales: (a) Bosque de Viques y (b) Bosque Hacienda Chorrillos.

Como se evidencia en la figura (26), el bosque de Viques tiene una superficie plana sin presencia de lomas, ya que se encuentra a una elevación de 3171 m.s.n.m. presentando mayor presencia de vientos a diferencia de la figura (27) donde se muestra el bosque Hacienda Chorrillos; este último por estar a una elevación de 3388 m.s.n.m. cuenta con menor presencia de vientos; este factor topográfico influye en la variabilidad climática y fisiológica de sus componentes por lo tanto en la captura de carbono de ambos bosques.

Fuente: Imágenes Satelitales analizadas con Google Earth.

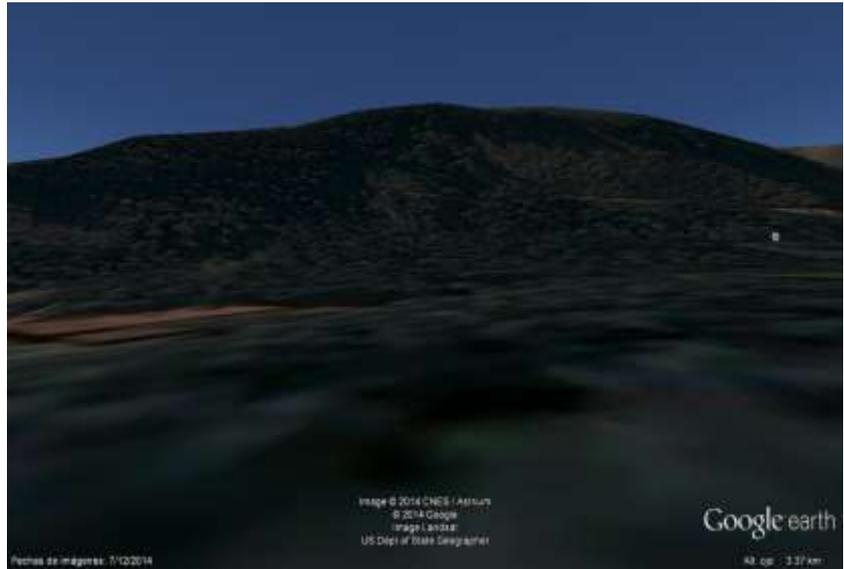


(a)

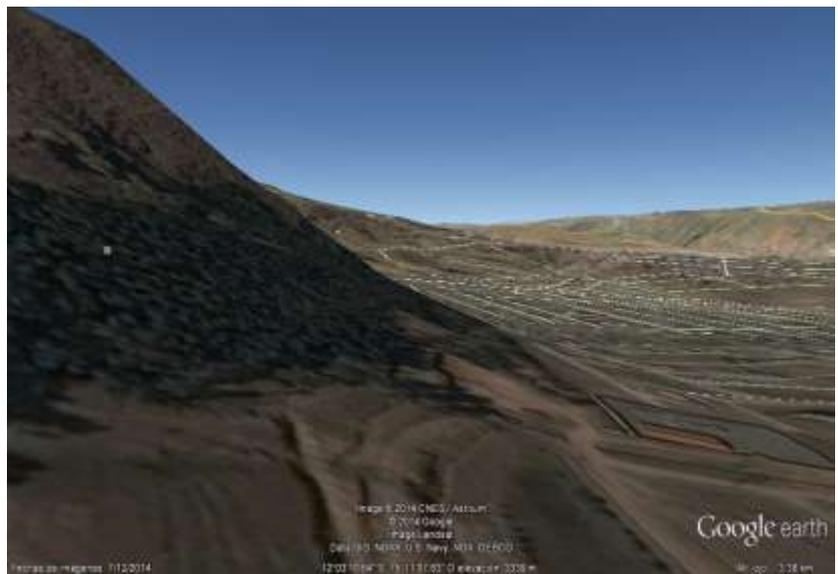


(b)

Figura 26: Vista de la superficie topográfica del bosque de Viques (a) (b).



(c)



(d)

Figura 27: Vista de la superficie topográfica del bosque Hacienda Chorrillos (c) (d).

4.1.1.3. Hidrografía

El departamento de Junín se encuentra cruzado por el río Mantaro que tiene sus nacientes en la laguna de Atacocha, que concentra las aguas de la fusión de los glaciares de la zona. Se llama río San Juan y después de recibir las aguas del afluente el lago de Junín (en su extremo nor-oeste), se

denomina río Mantaro, hasta confluir con el río Apurímac y formar el río Ene.

Como se evidencia en la tabla (39) se identificó (observacional) un cuerpo de agua superficial principal cerca al bosque de Viques que es el Río Mantaro; así mismo se observó varios cuerpos superficiales de agua (riachuelos) cerca del bosque de Chorrillos, pero cerca de este último se encuentra el Nevado del Huaytapallana, que influye indirectamente en la variabilidad climática de este bosque como se muestra en la figura (28); esta información se corrobora con los resultados del análisis de suelos donde hay mayor porcentaje de humedad en los suelos del bosque Chorrillos (101%) que en el de Viques (1%); ya que el ciclo hidrológico se relaciona con la litósfera y por ello con la biósfera de las zonas estudiadas.

Fuente: Resultados obtenidos referidos a la hidrografía de las zonas estudiadas.

HIDROGRAFIA	
Área de estudio	Hidrografía
Viques	Río Mantaro
Hacienda Chorrillos	Río Shullcas y Riachuelos. Nevado del Huaytapallana.

Tabla 39: Resultados obtenidos de la Hidrografía.

Fuente: Elaboración propia con Imágenes Satelitales del Google Earth.



Figura 28: Análisis observacional de la influencia hidrológica en los bosques andinos estudiados.

4.1.1.4. Ecorregión

Los bosques andinos estudiados están ubicados en la ecorregión de la **Serranía Esteparia Alta** de los 2900 – 4000 m.s.n.m. con estepa de gramíneas y arbustos diversos. Relieve abrupto y heterogéneo con valles estrechos laderas muy empinadas como se muestra en la figura (29). (Brack, A. y Mendiola, C. 2000).

Foto: Indira Luza, 2013.



(a)



(b)

Figura 29: Vista de la vegetación presente en el bosque de Viques (a) y de las pendientes en el bosque de Chorrillos (b).

Quechua (2300 – 3500 msnm): Como se observa en la figura (30) el Relieve es escarpado conformado por los valles interandinos; Clima es templado seco (mejor clima del Perú)

que se caracteriza por presentar lluvias de verano; Hidrografía precipitaciones fluviales (ríos) veraniegas que aumentan con la altura, ríos y riachuelos tormentosos; Recursos Naturales Predominantes en la Cordillera de los Andes la flora son el aliso, tara, eucalipto y la fauna son los halcones, venados y gorriones; la Actividad Económica Predominante es la Ganadería y Agricultura.

Fuente: Pulgar Vidal.

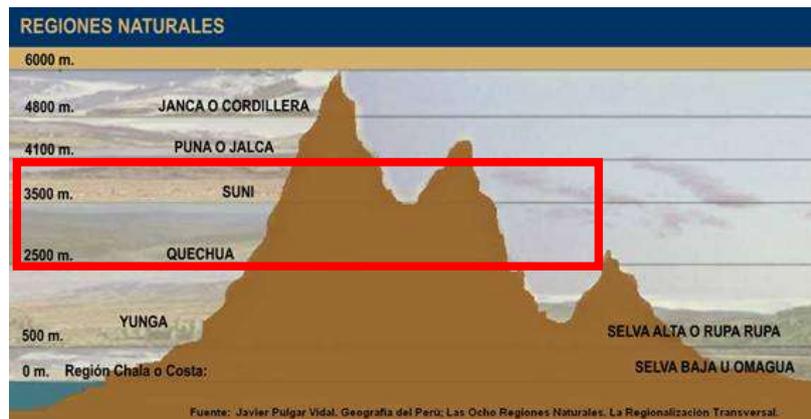


Figura 30: Tipo de región natural según Pulgar Vidal de las zonas estudiadas.

Bosque de “Viques” y Bosque “Hacienda Chorrillos”

Fuente: Mapa Ecológico de Junín.



(a), (b)

Figura 31: Tipo de bosque (a) Bosque Seco-Montano Bajo Tropical (color celeste rayado) y (b) Bosque Húmedo-Montano Tropical (color verde petróleo).

Los bosques son el hábitat de una gran proporción de la biodiversidad del mundo, desempeñan un papel importante en regular el clima, tanto mundial como localmente y contienen

enormes cantidades de carbono almacenado en la madera y bajo tierra, carbono que de otra manera podría entrar a la atmósfera en forma de GEI, según la NASA se presenta un aumento progresivo de la concentración de CO₂, siendo para el año 2014 de 398.17 ppm de CO₂. Los bosques estabilizan los suelos y ayudan a evitar la erosión y además ejercen una importante influencia sobre el ciclo del agua, afectando el suministro y el flujo de agua dulce. Frente a ello, es necesario y de gran prioridad reconocer los servicios que ofrecen los bosques como es de la captura de carbono; por eso se ideó el REDD+ que es de preservar y conservar los bosques más que simplemente remunerar a los países por detener cualquier deforestación o degradación forestal, como las actividades de replantar y restaurar bosques degradados (PNUMA; 2005). Al fin y al cabo esta es una propuesta como resultado de la Convención de las Naciones Unidas frente al Cambio Climático y el Protocolo de Kioto.

4.1.2. Variable dependiente:

La metodología usada en esta investigación para la estimación de la biomasa, captura de Carbono y CO₂ fueron dos en el caso de la biomasa aérea: Ecuación alométrica (Brown; 2003) y la metodología de una investigación en la zona, con la ayuda de sensoramiento remoto por medio de la obtención de imágenes satelitales para determinar el área de los ecosistemas forestales; a diferencia de otras metodologías más especializadas como la de una Integración de Mapeo Satelital y Aéreo (Asner, G.; 2008) donde se realizó un monitoreo detallado de la cobertura forestal, incluyendo ganancias y pérdidas de carbono causados por la deforestación. Esta metodología es mucho más eficiente y es usada para estudios detallados, ya que requiere: (i) la tasa de cambio en la cobertura boscosa y las alteraciones boscosas, y (ii) la cantidad de carbono almacenado en el bosque; obteniendo como resultado un mapa final en 3D de las reservas de Carbono y una proyección del flujo del mismo compuesto. Otra metodología es la que

proporciona el MINAM (2009), en la cual menciona que existen dos métodos para la estimación de la biomasa de árboles; el método destructivo que es la extracción física de los árboles representativos de la población y el método no destructivo que es una estimación arbórea por medio de datos dasométricos tomados en campo mediante el método directo por un modelo de ecuaciones alométricas y el método indirecto por medio del uso de instrumentos como clinómetro; es decir que en esta investigación se usó el METODO NO DESTRUCTIVO, a través del método directo e indirecto; ya que se recolectó datos en campo a través del clinómetro y en la fase de gabinete se usó el modelo de ecuaciones alométricas. Hay otras herramientas que ayudan a potencializar los resultados de esta investigación como programas para estimar los flujos de carbono (CO₂ FIX - para cuantificación de las existencias y flujos de carbono en los bosques, CO₂ Land - calcular las existencias de carbono a nivel de paisajes, CARBINE – UK CARBON SEQUESTRATION MODEL - consiste en cuatro sub-modelos o compartimientos que estiman la acción del carbono en el bosque y el suelo, entre otros, TARAM - es una herramienta desarrollada por el BioCarbon Fund del Banco Mundial con apoyo del Grupo Climático Global de CATIE; esta herramienta sirve para estimar las reducciones de emisiones de GEI en proyectos forestales MDL).

Estimación del stock de Carbono en los componentes de los ecosistemas forestales estudiados.

4.1.2.1. Datos obtenidos de la Biomasa Aérea

La edad de los bosques estudiados se ven reflejados en el promedio del DAP (diámetro a la altura de pecho) que fue 17 cm y 23 cm para el bosque de Viques y Hacienda Chorrillos respectivamente como se muestra en la tabla (40), así mismo, estos valores indican el nivel de maduración de la especie estudiada ya que está directamente relacionada con la cantidad de la reserva o Stock de Carbono que almacena.

Fuente: Resultados obtenidos referidos al número de árboles inventariados, promedio DAP, años y hectáreas de cada bosque.

LUGAR	# árboles inventariados	Promedio de DAP (cm)	Edad (años)	ha
VIQUES	1085	17	10	19
CHORRILLOS	232	23	10	10

Tabla 40: Resultados sobre el número de árboles inventariados, hectáreas y edad de los bosques andinos estudiados.

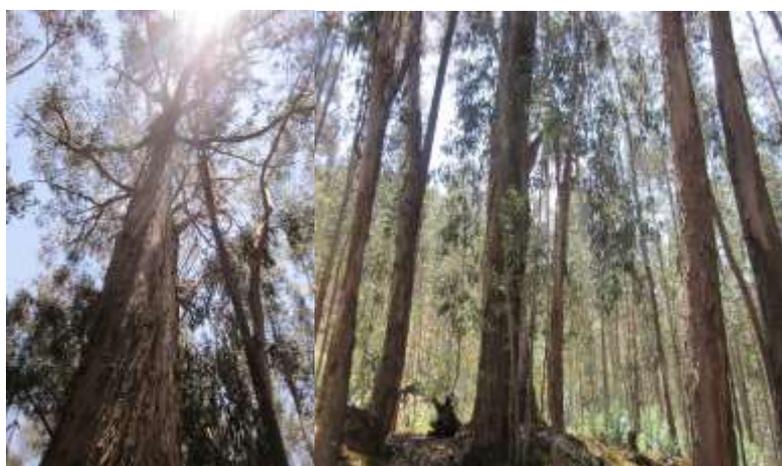
Existe una explicación fisiológica para que haya una variación en el Stock de Carbono respecto a la edad de los bosques (Organero, E.; Gimeno, J.; 2007). Algunas investigaciones mencionan que el órgano principal de un árbol es la raíz, porque se encarga de anclar la planta al sustrato, absorbe agua, sales minerales pero también carbono del suelo conduciéndolos por medio del xilema y floema acumulando progresivamente esta sustancia como reserva y como todo ciclo, el árbol cambia sus hojas cada cierto tiempo dejándolas caer sobre el suelo, sirviendo así como cobertura y materia orgánica al suelo, así mismo se bioacumula en dicho componente y el ciclo continúa (Benito, Aparacio, Garzón y Zavala. España).

El principal proceso en la reserva de carbono es la **Fotosíntesis**, ya que a través de la estructura cloroplastos y clorofila que es una molécula que tiene la función de capturar a través del mecanismo de carboxilación a partir del CO₂ atmosférico por medio del ciclo de Calvin y Benson o ciclo C3; dando lugar al Ciclo biogeoquímico del Carbono el cual está influenciado por factores ambientales como la temperatura, radiación, precipitación y humedad.

Por ello en los resultados de la tabla (29) se aprecia la diferencia del promedio de DAP en cm de los árboles inventariados siendo en Viques 1085 con una superficie de 19 ha a diferencia de Chorrillos que fue 232 árboles con una superficie de 10 ha; ambos bosques tienen la misma edad, la diferencia del diámetro de los árboles inventariados radica en

el cuidado de cada bosque; mientras que el bosque de Viques está destinado para el uso forestal por ello los árboles son relativamente jóvenes, ya que son reemplazados por otros cada cierto tiempo; a diferencia de Chorrillos donde se aprovecha uno de los servicios ambientales del bosque que es la belleza escénica; por ello se encontró árboles más maduros en cuanto a biomasa se trata. Esta afirmación se recolectó de las entrevistas informales que se realizó a los pobladores de cada bosque, así como se muestra en la figura (32).

Fuente: Fotos: Indira Luza. Junio del 2013.



(a); (b)



(c); (d)

Figura 32: (a y b) Vista del bosque de Chorrillos, se observan árboles más maduros en cuanto a biomasa. (c y d) Vista del bosque de Viques, se observan árboles más delgados en cuanto a diámetro.

La vegetación arbórea supone el 70% del carbono acumulado en la vegetación mundial, este valor se asemeja al resultado

final obtenido como se muestra en la tabla (41); donde el CO₂ (100%) fue 91794 t CO₂/19ha y 7417 t CO₂/10ha para Viques y Chorrillos respectivamente siendo el 86% y 36% del total la biomasa aérea en ambos bosques. El stock de Carbono se correlaciona con variables climáticas y estructurales de cada parcela aunque cada tipo de bosque se comporta de forma diferente, es por eso que según la revisión bibliográfica y los resultados obtenidos los factores ambientales influyen directamente en el stock de carbono de cada bosque.

Fuente: Resultados obtenidos referidos a la biomasa aérea.

COMPONENTE	BIOMASA AÉREA TOTAL (árboles y raíces)		
	ZONA DE ESTUDIO	t/ha total	t C/ha total
VIQUES (19ha)	66192	29787	109217
CHORRILLOS (10ha)	3647	1641	6018

Tabla 41: Resultados de la biomasa aérea total en toneladas de carbono y dióxido de carbono almacenado.

Para la estimación del stock de carbono en la biomasa aérea final se utilizó dos metodologías y finalmente se promedió obteniendo en Viques, 47846 t/19ha; 21531 t C/19ha y 78946 t CO₂/19ha; para el bosque Hacienda Chorrillos fue 1623 t/10ha, 730 t C/10ha y 2677 t CO₂/10ha; existiendo una diferencia según la conclusión de la prueba de hipótesis. Dicha diferencia está influenciada por la cantidad de años y hectáreas de cada zona estudiada mencionadas anteriormente.

En un estudio se estimó en los bosques de *Eucalyptus globulus labill*, *Pinus radiata* y *Polylepis incana*, se analizó la variación de la estimación de carbono por diferentes especies respecto a la variabilidad climática general de la zona (temperatura promedio 19.7°C y una precipitación anual de 738.5 mm). Los resultados finales de esta investigación fueron de 11693 t/80ha, 18604.10 t C/80ha, 4122.20 t CO₂/80ha para la especie

de *Eucalyptus globulus labill* (40 años) siendo esta mayor que otras. (UNCP; 2008).

Así mismo en una investigación realizada se tuvo en cuenta la altitud (1000 – 1250 m.s.n.m.), factores ambientales como temperatura (19 – 23°C), concluyéndose que el contenido de Carbono está directamente ligado a la densidad, especie de árbol, edad y manejo de plantación. (Medina; et al. 2006)

4.1.2.2. Datos obtenidos del Sotobosque

La estimación de la biomasa para el componente de SOTOBOSQUE se hizo a través del método de humedad donde se muestreo 18 cuadrantes de 50cm*50cm para el bosque de Viques y 12 cuadrantes de las mismas medidas que el anterior para Chorrillos, como se muestra los resultados finales en la tabla (42): para el bosque de Viques un 29 t/19ha, 15 t C/19 ha y 54 t CO₂/19ha, para el bosque Hacienda Chorrillos 116 t/10ha, 59 t C/10ha y 213 t CO₂/10ha.

Fuente: Resultados de la variación en el Sotobosque.

ZONA DE ESTUDIO	SOTOBOSQUE		
	t/ha total	t C/ha total	t CO ₂ /ha total
VIQUES (19ha)	29	15	54
CHORRILLOS (10ha)	116	58	213

Tabla 42: Resultados de la estimación de biomasa, carbono y dióxido de carbono en el Sotobosque.

Según la conclusión de la prueba de hipótesis existe una diferencia debido a que en Chorrillos se observó mayor producción de SOTOBOSQUE a diferencia de Viques donde la recolección en peso (g) fue menor, esto porque en esta zona los vientos son más frecuentes por la topografía del lugar; pero también por el uso de suelo y bosques.

Existe una influencia de la precipitación (lluvias todo el año) en la producción del sotobosque, concluyéndose que los bosques absorben, almacenan y liberan alrededor de 1146 millones de

toneladas de carbono donde el 37% se encuentra en bajas latitudes, 14% en latitudes medias y 49% en latitudes altas. (Bautista; 2008). Por lo tanto los resultados se vieron influenciados por factores climáticos, pero también por la dinámica de cada bosque; en Viques se observó diferentes escenarios algunos con vegetación primaria, escenarios pedregosos y sin presencia de sotobosque; a diferencia de Chorrillos donde se observó zonas con mayor porcentaje de sotobosque como se muestra en la figura (33).

Fuente: Fotos por Indira Luza; 2013.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

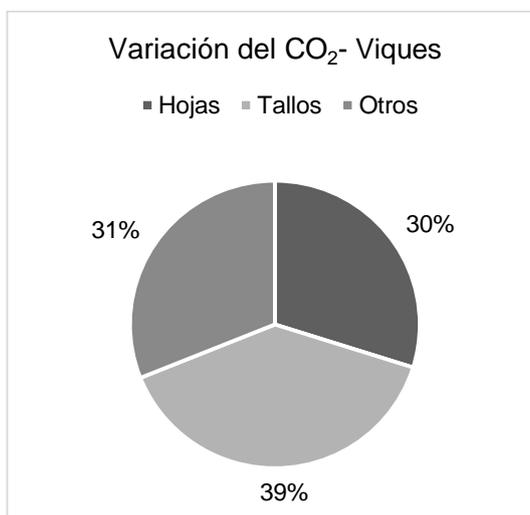


(f)

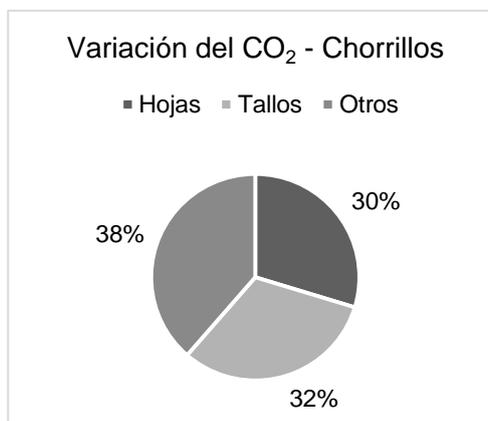
Figura 33: Bosque de Viques: (a) escenario con ausencia de sotobosque, (b) escenario con sotobosque y (c) escenario pedregoso y presencia de especies de zonas áridas. Bosque Chorrillos: (d, e y f) todos los escenarios con presencia de sotobosque.

Se muestra en la figura (34) la variación del dióxido de carbono en los subcomponentes, donde el mayor porcentaje con 39% es en los Tallos recolectados en Viques y 38% en las Hojas recolectadas en Chorrillos.

Fuente: Resultados de la variación en porcentaje en los subcomponentes Hojas, Tallos y Otros en Viques y Chorrillos.



(a)



(b)

Figura 34: Variación del dióxido de carbono en los subcomponentes de tallos, hojas y otros en el Sotobosque en el bosque de Viques (a) y Chorrillos (b).

4.1.2.3. Datos obtenidos del Suelo

Para la estimación del Stock de Carbono en el componente SUELO se utilizó la densidad aparente con el % de carbono con lo que se obtuvo los resultados como se muestra en la tabla (35) para el bosque de Viques 3489 t C/19ha, 12794 t CO₂/19ha y para el bosque Hacienda Chorrillos 1235 t C/10ha y 4527 t CO₂/10ha.

Se muestra en la tabla (43) los resultados de densidad aparente (g/cm³) para Viques fue de 0.94 y para Chorrillos fue de 1.27. Esta propiedad incluye el volumen de partículas, el volumen vacío de los poros reflejando la porosidad total del suelo; siendo dependiente del contenido de arcilla en porcentaje; es decir de la clase textural; ambas zonas tienen 19% de Arcilla, por lo tanto ambos bosques presentan una porosidad similar, la clase textural de Viques (tipo Franco Arenoso) debe presentar una densidad aparente aproximada

de 1.47 y los suelos Francos (Chorrillos) una densidad de 1.75. La variación de estos valores se relaciona con el origen del material parental (Alvarado y Forsythe, 2005); permitiendo evaluar el efecto del manejo que se da al suelo.

Asi mismo en la tabla (43) se muestra los resultados de la temperatura del suelo del bosque de Viques que fue 19°C y en Chorrillos 18°C. En la evaluación de parámetros físico-químicos (Ramos, et al; 2007) se encontró que la temperatura óptima para la producción de CO₂ es de 27.5°C, por ello se puede inferir que los suelos de los bosques estudiados necesitan un analisis más detallado para observar el flujo del CO₂.

Fuente: Resultados de la variación en porcentaje en los subcomponentes Hojas, Tallos y Otros en Viques y Chorrillos.

ZONA DE ESTUDIO	Propiedades		
	Densidad aparente	Temperatura promedio	%Humedad
	g/cm ³	C°	%
	VIQUES (19ha)	0.94	19.09
CHORRILLOS (10ha)	1.27	17.72	8.38

Tabla 43: Resultados de la densidad aparente, temperatura promedio y porcentaje de humedad en el suelo.

En la tabla (44) se muestran los resultados de las muestras llevadas al laboratorio de la UNALM en Lima; siendo el pH en el bosque de Viques 8 (moderadamnte alcalino) y Chorrillos 4 (fuertemente ácido). Los flujos entre el carbono orgánico del suelo o terrestre y la atmósfera son importantes y pueden ser positivos bajo la forma de captura o negativos como emisión de CO₂. Los ecosistemas forestales contienen más carbono por unidad de superficie que cualquier otro tipo de uso de tierra y sus suelos son de importancia primaria cuando se considera el manejo de los bosques.

Respecto a la conductividad eléctrica (dS/cm) para Viques fue 0.45 y para Chorrillos 0.09 siendo ambos del tipo Muy ligeramente salino según la UNALM. Las lecturas de CE pueden variar con el tiempo, ya que dependen de condiciones ambientales como la precipitación, temperatura; por ello el análisis de CE se utilizó para conocer las características generales del suelo.

El porcentaje de N en las muestras de suelo como se muestra en la tabla (44) fue 3.4% para Viques y 1.63 % para Chorrillos; dicho porcentaje responde a las pequeñas variaciones que hay en los contenidos de materia orgánica como producto de mineralización de la misma. Mientras que el contenido en porcentaje de C es un reservorio importante para la fijación de C atmosférico (Sánchez, 2010). Ante ello la relación C/N que en Viques fue 199.64% y en Chorrillos 141.76%; esta relación es un indicador de la acumulación continua de MO en los suelos. El almacenamiento de C y N en el suelo varía de acuerdo con la altura sobre el nivel del mar. Se encontró mayor cantidad de estos componentes entre los 0 – 10 cm del suelo. La abundancia del C y N dependen del tipo de uso del suelo, la cobertura vegetal y la fijación de los nutrientes (Carvajal, 2008).

Los valores de materia orgánica para Viques fue de 2.77%, es decir un valor Medio y para Chorrillos 1.38% un valor Bajo según la tabla (31) de interpretación de la UNALM. La materia orgánica – MO es el indicador utilizado con más frecuencia para evaluar la calidad del suelo, por ser una mezcla heterogénea de compuestos orgánicos con propiedades diferentes como C, H, O, N, P y S en cantidades variables lo que hace difícil una evaluación directa de su contenido en el suelo.

Así mismo el valor en ppm del Fósforo para el primer bosque fue de 2.7 ppm y para Chorrillos 3.9 ppm en ambos casos un

valor bajo según la tabla (31) de interpretación según la UNALM; así mismo el valor en ppm de Potasio para Viques fue de 331 ppm siendo un suelo rico y para Chorrillos 117 ppm siendo un suelo tipo Medio según la misma tabla.

El análisis mecánico o clasificación textural dió como resultado para el bosque de Viques del tipo Franco Arenoso con un 57% de Arena, 24% de Limo y 19% de Arcilla; así mismo para Chorrillos fue del tipo Franco con un 41% de Arena, 40% de Limo y 19% de Arcilla. Siendo los dos bosques del tipo Franco se infiere que la propiedad de Permeabilidad, Compactación, Fertilidad, Plasticidad, Retención de Agua, Escorrentía y Erosionabilidad es media para ambos casos.

Fuente: Resultados de las muestras de suelo llevadas para caracterización al laboratorio especializado de la UNALM.

ZONA DE ESTUDIO	PROPIEDADES				
	pH	Conductividad Eléctrica	%C	%N	Relación C/N
			%	%	
Tabla	dS/m				
VIQUES (19ha)	8.32	0.09	37.81	3.40	199.64
CHORRILLOS (10ha)	5.53	0.45	19.09	1.63	141.76

ZONA DE ESTUDIO	PROPIEDADES							
	MATERIA ORGANICA	CaCO ₃	P	K	Clase Textural	Análisis Mecánico		
	%	%	ppm	ppm		Arena %	Limo %	Arcilla %
VIQUES (19ha)	2.77	8.10	2.7	331	Fr.A.	57	24	19
CHORRILLOS (10ha)	1.38	0.00	3.9	117	Fr.	41	40	19

Tabla 44: Resultados del análisis de caracterización del suelo según el laboratorio de la UNALM.

En la evaluación de parámetros físico-químicos como la temperatura, pH, disponibilidad de oxígeno, nutrientes inorgánicos, clase tectural, entre otros influyen en la

descomposición de la materia orgánica y así en las reservas de carbono en el componente suelo. Se muestra la figura (35) con la variación en porcentaje del carbono, nitrógeno, materia orgánica en los suelos de las zonas muestreadas.

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos de la caracterización.

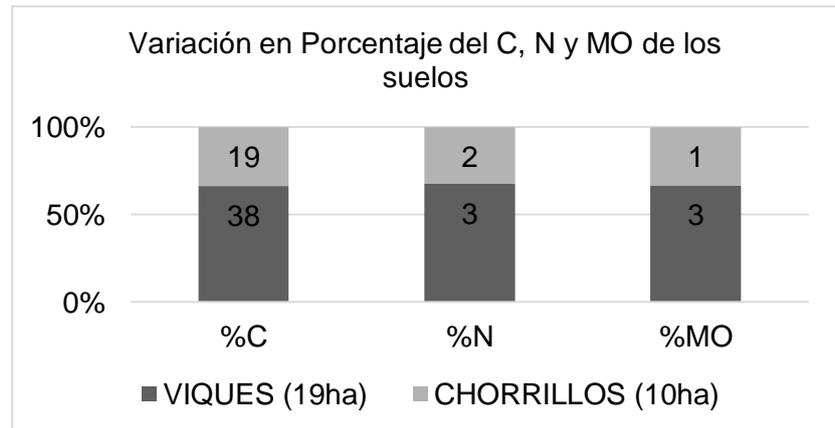


Figura 35: Resultados de la variación en porcentaje del C, N y MO en los suelos.

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos de las reservas de C y CO₂ en el suelo.

ZONA DE ESTUDIO	SUELO	
	t C/ha total	t CO ₂ /ha total
VIQUES (19ha)	3489	12794
CHORRILLOS (10ha)	1235	4527

Tabla 45: Resultados finales de la reserva de carbono y dióxido de carbono en el suelo.

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos de las reservas de C y CO₂ en el suelo.

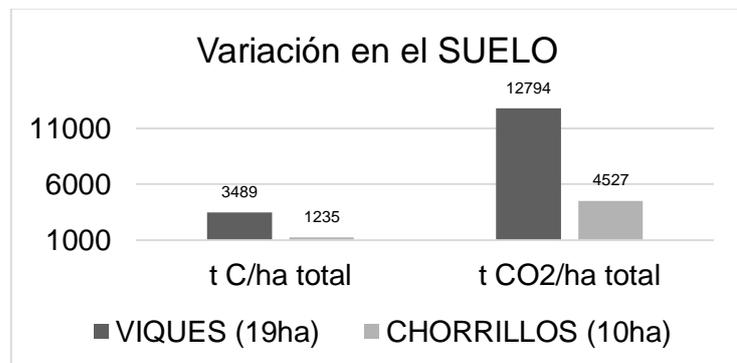


Figura 36: Resultados obtenidos de la variación del suelo referidos a la reserva de carbono y CO₂ en toneladas.

4.1.2.4. Datos comparativos entre componentes

Se muestran en las figuras (37; 38; 39) la variación entre los resultados de las reservas de carbono de la biomasa aérea, sotobosque y suelo.

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos de las reservas de C y CO₂.

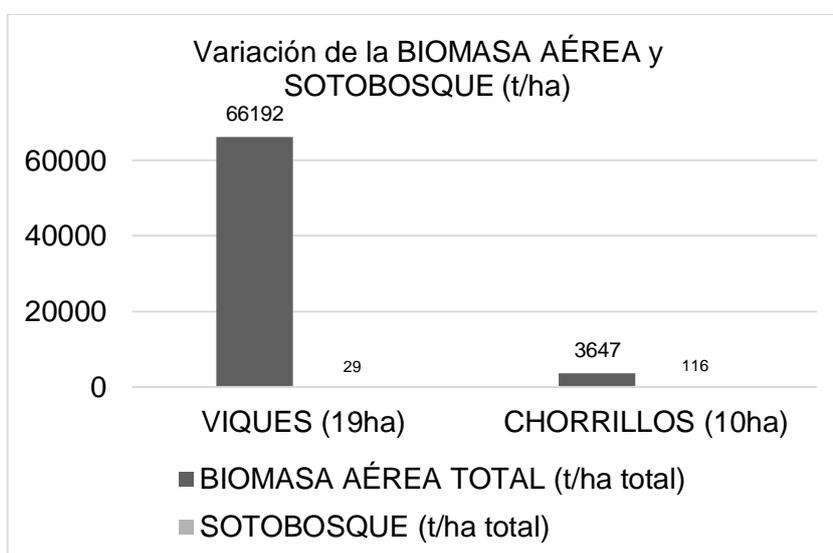


Figura 37: Resultados comparativos entre la biomasa aérea y sotobosque referidos a la biomasa.

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos de las reservas de C y CO₂.

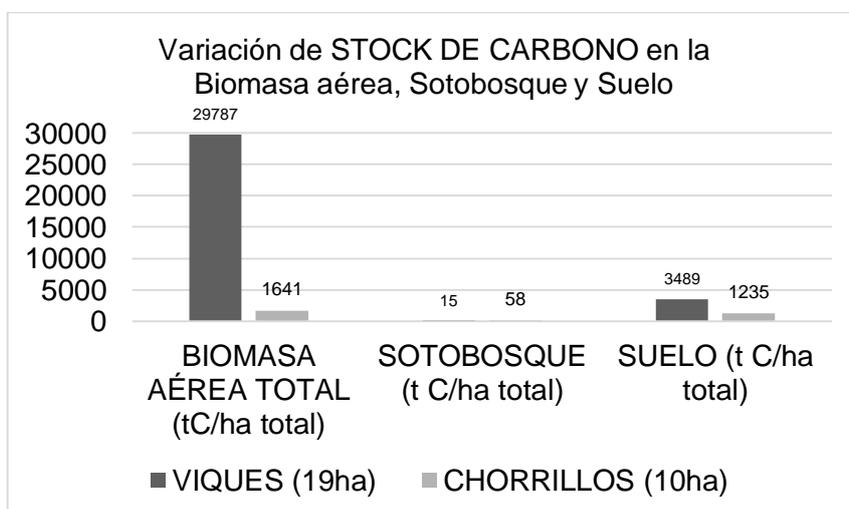


Figura 38: Resultados comparativos entre los tres componentes analizados referidos al carbono almacenado.

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos de las reservas de C y CO₂.

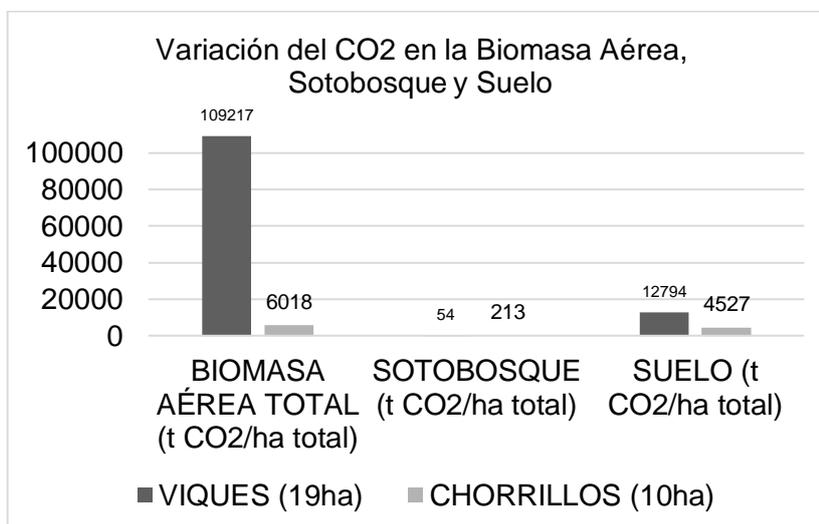


Figura 39: Resultados comparativos entre los tres componentes analizados referidos al dióxido de carbono almacenado.

Disminución de la pérdida de carbono

Aparte de los factores climáticos principalmente la temperatura los procesos más importantes que causan pérdidas de carbono del suelo son la erosión y la mineralización de la materia orgánica. La captura de Carbono y el aumento de la MO del suelo tendrán un impacto directo sobre la calidad y la fertilidad de los suelos. En lo que se refiere al ciclo del carbono, habrá una mayor captura de carbono por la biomasa aérea y un correlativo ingreso de carbono en el suelo a partir de los residuos de las plantas y del crecimiento y la muerte de las raíces más finas. Los compuestos de las raíces tienen una mayor relación C/N y son más estables. En lo que se refiere al ciclo del carbono, habrá una mayor captura de carbono por la biomasa aérea y un correlativo ingreso de carbono en el suelo a partir de los residuos de las plantas y del crecimiento y la muerte de las raíces más finas.

Los compuestos de las raíces tienen una mayor relación C/N y son más estables (FAO, 2002). El mayor volumen de

precipitaciones conduce a una lixiviación más significativa de las bases cambiables en los suelos. El pH más alto (Viques con 8) se observó en la latitud menor (Viques con 3171 m.s.n.m) concluyéndose que la variación de pH está influenciada por la altitud (Sánchez. 2005).

Los valores de densidad del suelo (Viques con 0.94 g/cm^3 y Chorrillos con 1.27 g/cm^3) tendieron a aumentar con la profundidad (5 cm en ambos bosques) del suelo debido a la mayor actividad biológica (Alvarado y Forsythe). El carbono en las plantas se encuentra altamente relacionado con el nitrógeno, ya que éste integra las cadenas de aminoácidos necesarias para formar las complejas proteínas que darán origen a los tejidos de las plantas (Buendía; 2011).

Como se evidencia en el bosque de Viques con un total de 38% de C y 3% de N y en Chorrillos con un total de 19% de C y 1.63% de N. El ciclo global del carbono indica claramente que los ecosistemas terrestres se comportan actualmente como un pozo considerable de carbono, que representa alrededor del 30% de las emisiones de CO_2 . Estos cambios globales pueden modificar de manera considerable las condiciones de crecimiento por ello las especies de la puna confirman la tendencia esperada de una disminución de la capacidad fotosintética con el orden supuesto de aparición de las especies en la sucesión (Sugier y Pontailier; 2006).

En la figura (40) se muestra la presencia de Líquenes en ambos bosques, ya sea como hongos o musgos; debido a que el Eucalipto brinda las condiciones (humedad) para que estos seres bióticos vivan. En diversos estudios se evidenció que los líquenes tienen un importante papel como bioindicadores de lectura inmediata de contaminación medioambiental, de los cambios climáticos y de la estabilización del suelo. Los líquenes son asociaciones mutualistas entre hongos y algas o cianobacterias que pueden funcionar en la naturaleza como una unidad. Las razones por las cuales se usan los líquenes

como bioindicadores, biomonitores y bioacumuladores es que son de naturaleza simbiótica, es decir si uno de ellos muere porque son sensibles a pequeños cambios el otro también se ve afectado, así mismo porque obtienen la mayor parte de sus nutrientes del aire, lo que los hace muy sensibles a las impurezas del medio. En conclusión son empleados para conocer la calidad del ambiente terrestre y atmosférico. (Mendes y Monge; 2011)

Fuente: Foto por Indira Luza; 2013.



(a); (b)

Figura 40: Vista del líquen presente en los árboles de Viques (a), vista de poblaciones de musgos presentes en los árboles de Chorrillos (b).

4.1.2.5. Valoración económica de los bosques andinos

La metodología utilizada para la valoración económica de estos ecosistemas forestales fue el análisis de la bibliografía encontrada. Para la valoración del servicio ambiental por almacenamiento de Carbono se tomó como referencia el valor usado en los proyectos internacionales de 10 US\$ t (Ávila, et al. 2001). Así mismo se obtuvo la valoración económica para tres escenarios (Codori. 2001): US\$ 20 /t CO₂, US\$ 10 /t CO₂ y US\$ 3 /t CO₂.

Con la valoración económica de las zonas estudiadas se obtuvo como resultado como se muestra en la tabla (46) para el bosque de Viques un valor económico en base al valor internacional (10US\$/t C/ha) 250347 US\$-t C/19ha, según la CERs (60US\$/t C/ha) un valor de 1502079 US\$-t C/19ha/año.

Fuente: Elaboración propia según análisis bibliográfico.

COMPONENTE	VALORACIÓN ECONÓMICA			
	Valor internacional	CERs (mejor de los casos)	TASA DE SECUESTRO t C.ha.año (Edad de bosques 10 años)	
	US\$ (t C/ha total)	US\$ (t C/ha/año)	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
ZONA DE ESTUDIO	10	60	8.3	13.6
VIQUES (19ha)	250347	1502079	207788	340471
CHORRILLOS (10ha)	20229	121377	16790	27512

Tabla 46: Resultados obtenidos referido a la Valoración económica según el stock de carbono en los bosques andinos estudiados.

Los resultados de la valoración económica según tres escenarios (peor, medio y mejor) se muestra en la figura (41).

Fuente: Elaboración propia según análisis bibliográfico.

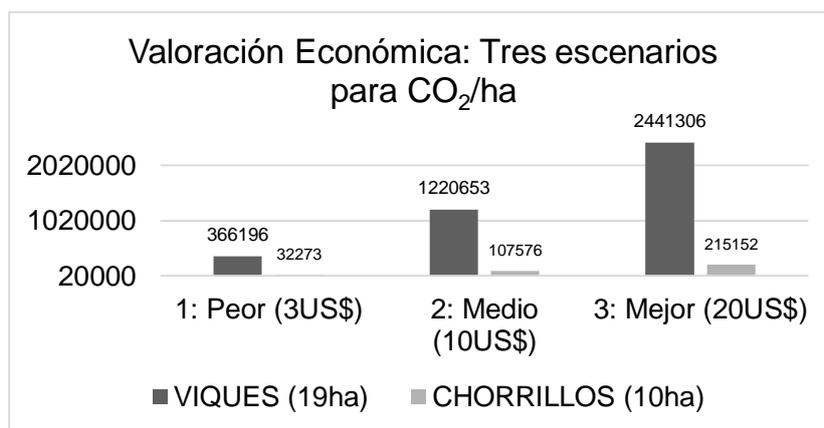


Figura 41: Valoración económica en tres escenarios para los ecosistemas forestales según la reserva de carbono.

El valor económico no es un valor fijo, este varía dependiendo el mercado económico internacional actual, la dinámica del valor de los CERs (certificados de reducción), la metodología de valoración (ambiental o ecológica) e inclusive el tipo de servicio ambiental que ofrece un ecosistema.

Existen casos exitosos de la implementación de un sistema de Pago por Servicios Ambientales, como es el caso de la Selva amazónica peruana, en la cual la escuela de Oxford trabaja por

mitigar el cambio climático que sufren en su país; por ello un grupo de investigación decidió medir las emisiones de Carbono provenientes de la calefacción, y otras fuentes y pensaron que tenían que hacer algo. Por eso plantaron árboles que capturan Carbono de la atmósfera, se monitoreó dicha captura por medio de parcelas de 1 ha inventariando todos los árboles, ya que cada especie procesa una cantidad diferente de carbono. Esta universidad trabaja en conjunto con la comunidad del Manu, creando así un impacto tangible por medio de la capacitación técnica, financiamiento y plantación de bananos. Esta reforestación de platanales brinda servicios ambientales e influyen en la economía de la población (BBC Mundo; 2012).

Otro caso exitoso es la adquisición de US\$3,5 millones en bonos de carbono de “The Walt Disney Company” en la Selva Peruana. Pedro Gamboa, jefe del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Sernanp), explicó a “El Comercio” que esta es la primera experiencia de un proyecto de reducción de emisiones de carbono (REDD) llevado a cabo por el Estado Peruano y lo más interesante es que ha sido desarrollada en un área natural protegida. El precio de un bono de carbono en el mercado voluntario se sitúa actualmente en US\$1, pero Disney ha pagado US\$8. (El Comercio; 2012).

A continuación se muestra en la figura (42) el resultado final en un gráfico donde se plasma el flujo de reservas de carbono y dióxido de carbono en los bosques estudiados.

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos.

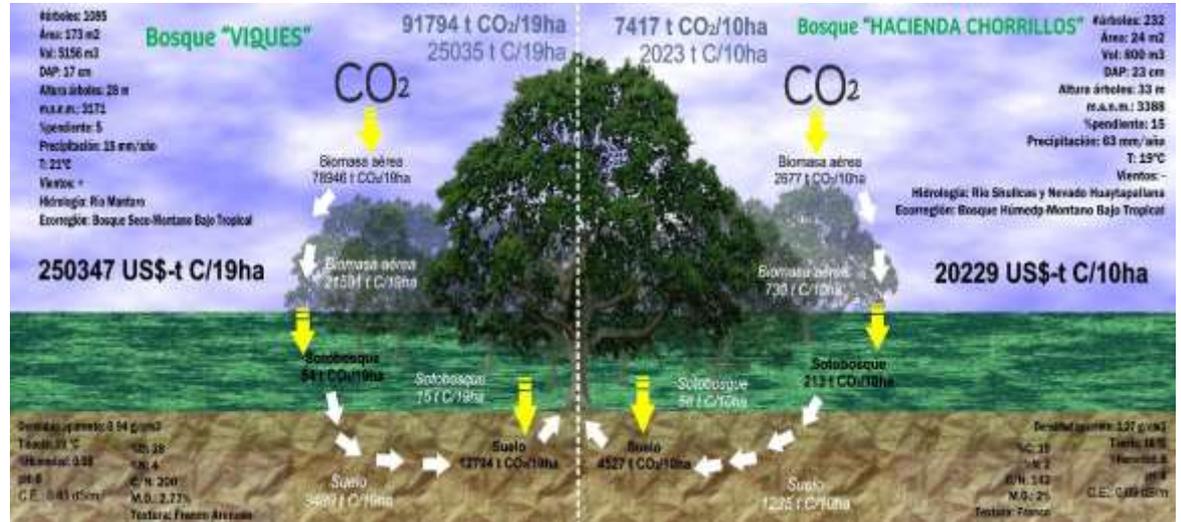


Figura 42: Flujo de Stock de carbono, CO₂, valoración económica y otras características de los ecosistemas forestales estudiados.

La identificación del servicio ambiental de captura de Carbono sirve como inicio y guía para la planificación de proyectos como los Ecorenegocios forestales; es decir Dinero por Bosques según Brack (2009), el anhídrido carbónico (CO₂) que es un gas que se desprende de la combustión de muchas sustancias y que existe de modo natural en la atmósfera, por la quema de combustibles fósiles y bosques.

Los bosques son una de las opciones más viables para mitigar el cambio climático global. Las plantas son fijadoras naturales de carbono, como parte de su metabolismo y en su proceso de crecimiento, las plantas capturan carbono de la atmósfera, lo convierten en tejido vegetal y lo usan en sus procesos metabólicos. Por ello los bosques con sus inmensas cantidades de biomasa vegetal son los más gigantescos depósitos de CO₂. Hay tres líneas estratégicas para reducir el CO₂ en el Perú: Conservar los bosques, Evitar la quema de los bosques, Plantar bosques para recapturar el CO₂ y fijarlo en la biomasa vegetal. Los peruanos debemos ver en el secuestro de carbono no solo un negocio que resulta rentable sino la

posibilidad para financiar una de las mayores necesidades públicas en el país.

4.2. Prueba de hipótesis

En este capítulo se presenta el estadístico de prueba, interpretación y conclusión final de la prueba de hipótesis realizada para cada hipótesis planteada. El total de muestras recolectadas y analizadas fue de 1437 en los tres componentes de los ecosistemas forestales estudiados.

4.2.1. Nivel de significancia (α)

El nivel de significancia se determinó según los valores críticos de la tabla A-3 del libro de Triola (2003) para un área de dos colas. El resultado fue:

Fuente: Elaboración propia en base al libro de Triola, 2003.

α	0.05	95%
Valor crítico	1.96	

Tabla 47: Nivel de significancia (α) para la prueba estadística.

4.2.2. Resultados del estadístico descriptivo

Se observa en la tabla (48) una validación del 100% de datos. Se analizó todos los datos (t C/ha) conjuntamente de cada componente (Biomasa aérea, sotobosque y suelo) de ambos bosques.

Fuente: Resumen del procesamiento de datos en el programa SPSS.

Resumen del procesamiento de los casos							
Bosques		Casos					
		Válidos		Perdidos		Total	
		N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
tnC/ha	1	280	100,0%	0	,0%	280	100,0%
	2	1157	100,0%	0	,0%	1157	100,0%

Descriptivos				Estadístico	Error típ.
Bosques					
tnC/ha	1	Media		7,2236	1,42725
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	4,4140	
			Límite superior	10,0331	
		Media recortada al 5%		2,4879	
		Mediana		1,6500	
		Varianza		570,368	
		Desv. típ.		23,88238	
		Mínimo		,03	
		Máximo		169,70	
		Rango		169,67	
		Amplitud intercuartil		3,02	
		Asimetría		5,128	,146
		Curtosis		26,481	,290
	2	Media		21,6237	4,47225
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	12,8491	
			Límite superior	30,3984	
		Media recortada al 5%		1,3449	
		Mediana		,5800	
		Varianza		23141,225	
		Desv. típ.		152,12240	
		Mínimo		,00	
		Máximo		1544,00	
		Rango		1544,00	
		Amplitud intercuartil		1,99	
		Asimetría		8,943	,072
		Curtosis		82,724	,144

Tabla 48: Resultado del estadístico descriptivo en SPSS.

En la tabla (49) se evidencia la diferencia de las medias de ambos datos de los bosques analizados.

Fuente: Resultado de la diferencia de las medias de los datos analizados en SPSS.

Bosque	Media		Moda	Mediana
1: Chorrillos	7.22	t C/10ha	0.6147	1.65
2: Viques	21.62	t C/19ha	2.1918	0.58
<i>Diferencia de medias</i>		14.4 t C/ha		

Tabla 49: Resultados de las medidas de posición de los datos.

La diferencia de medias de las dos poblaciones estudiadas fue de 14.4 t C/ha; quiere decir que si existe una diferencia. El coeficiente de

asimetría es del tipo Asimétrica positiva ($0.614 < 1.65 < 7.22$) para la Hacienda de Chorrillos y Aimétrica negativa ($0.58 < 2.19 < 21.62$) para el bosque Viques.

4.2.3. Determinar el tipo de distribución que siguen los datos "SPSS"

Como se muestra en la tabla (50) el total de muestras recolectadas y analizadas fue de 1437, así que se usa la prueba de Kolmogorov-Smirnov que es para muestras: $n > 30$ a diferencia de Shapiro-Wilk que es para muestras: $n < 30$.

Fuente: Programa SPSS.

Pruebas de normalidad						
Bosques	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
tnC/ha 1	,411	280	,000	,280	280	,000
2	,489	1157	,000	,119	1157	,000

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 50: Resultado de la prueba de normalidad mediante el análisis de Kolmogorov-Smirov en SPSS.

Fuente: Elaboración propia en base a la revisión bibliográfica.

Criterio para el análisis de la distribución	
P-valor $\geq \alpha$	Aceptar H_0 : Los datos provienen de una distribución normal.
P-valor $< \alpha$	Aceptar H_1 : Los datos NO provienen de una distribución normal.

Fuente: Elaboración propia en base a la revisión bibliográfica.

Calificación de NORMALIDAD		
P-valor/Chorrillos=0	<	$\alpha=0.05$
P-valor/Viques=0	<	$\alpha=0.05$
Conclusión	Los datos no siguen una distribución normal.	

Tabla 51: Criterio y calificación de NORMALIDAD según SPSS.

4.2.4. Igualdad de varianza en "SPSS"

Estas pruebas fueron corroboradas con el análisis en el complemento "Xlstat" de excel siendo la conclusión: Como el p-valor computado es

menor que el nivel de significación $\alpha=0.05$, se debe rechazar la hipótesis nula H_0 , y aceptar la hipótesis alternativa H_1 .

Fuente: Programa Excel con complemento Xlstat.

Prueba de Levene		
P-valor $\geq\alpha$: Aceptar H_0 : Las varianzas son iguales		
P-valor $<\alpha$: Aceptar H_1 : Existe diferencia significativa entre las varianzas.		
Análisis		
P-valor=0.001	<	$\alpha=0.05$
Conclusión	Se acepta la H_1: Existe diferencia significativa entre las varianzas.	

Tabla 52: Criterio y conclusión del análisis de igualdad de varianzas en Excel.

4.2.5. Análisis de la hipótesis general

Fuente: Elaboración propia en base a la revisión bibliográfica.

Medias de las poblaciones	μ_1 = Bosque de Viques (población)
	μ_2 = Bosque de Chorrillos (población)

Tabla 53: Criterio para el análisis estadístico.

Fuente: Elaboración propia.

<i>Plantear la hipótesis</i>	
H_0 : El Stock de Carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo del Bosque Hacienda Chorrillos es igual al Stock de Carbono almacenado del bosque de Viques.	$H_0: \mu_2 = \mu_1$
H_1 : El Stock de Carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo del Bosque Hacienda Chorrillos es diferente al Stock de Carbono almacenado del bosque de Viques.	$H_1: \mu_2 \neq \mu_1$

Tabla 54: Análisis y planteamiento de la hipótesis general; prueba de dos colas o bilateral.

4.2.5.1. Elegir el estadístico de prueba

El estadístico de prueba se eligió según la recomendación de Triola (2003), ya que no se conoce la desviación y los datos no siguen una distribución normal siendo el número de muestras (n) mayor a 30 se usó la prueba paramétrica t-Student y no paramétrica de Wilcoxon.

4.2.5.2. Resultados de la prueba paramétrica t-Student

Fuente: Programa SPSS.

Estadísticos de grupo					
	Bosques	N	Media	Desviación tip.	Error típ. de la media
tnC/ha	Chorrillos	280	7,2236	23,88238	1,42725
	Viques	1157	21,6237	152,12240	4,47225

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas	
		F	Sig.
tnC/ha	Se han asumido varianzas iguales	11,114	,001
	No se han asumido varianzas iguales		

Prueba de muestras independientes						
Prueba T para la igualdad de medias						
t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
-1,579	1435	,115	-14,40015	9,12046	-32,29103	3,49071
-3,067	1345,627	,002	-14,40015	4,69447	-23,60944	-5,19087

Tabla 55: Resultados de la prueba paramétrica de muestras independientes (t-Student) en SPSS.

4.2.5.3. Tomar la decisión (aceptar o rechazar)

Fuente: Elaboración propia.

Criterio de decisión
P-valor $\leq\alpha$: Rechazar la Ho, aceptar la H1
P-valor $>\alpha$: Aceptar la Ho, rechazar la H1
Varianzas no iguales

P-valor=0.002	≤	α=0.05	SE RECHAZA LA Ho, ACEPTAR LA H1
CONCLUSIÓN E INTERPRETACIÓN			
A un nivel de significancia del 95% se evidencia mediante el análisis con el estadístico de prueba: T para dos muestras independientes que el stock de Carbono (t C/10ha) en el bosque "Hacienda Chorrillos" es DIFERENTE al stock de Carbono (t C/19ha) del bosque de Viques, por lo tanto se rechaza la Ho y se acepta la H1.			

Tabla 56: Criterio, conclusión e interpretación de la prueba de hipótesis.

4.2.5.4. Resultados de la prueba no paramétrica de WILCOXON para muestras independientes (Statdisk)

Fuente: Programa Statdisk.

```

Total Num Values: 1437
Rank Sum 1:      778823.5000
Rank Sum 2:      254379.5000
Mean, μ:         831883
St Dev:          6230.667
Test Statistic, z: -8.5159
Critical z:       ±1.959962

```

Tabla 57: Resultados de la prueba no paramétrica de Wilcoxon para muestras independientes con Statdisk.

4.2.5.5. Tomar la decisión (aceptar o rechazar)

A un nivel de significancia del 95% se evidencia mediante el análisis con el estadístico de prueba de Wilcoxon para dos muestras independientes que las muestras provienen de poblaciones con medianas que no son iguales como se muestra en la figura (43).

Fuente: Programa Statdisk.

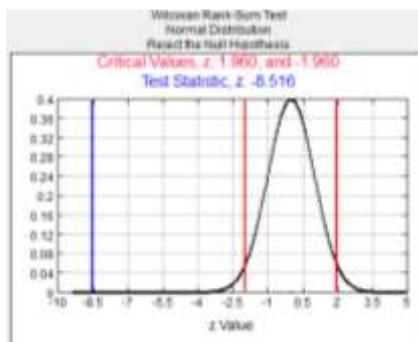


Figura 43: Campana de Gauss para la prueba de Wilcoxon.

4.2.6. Análisis de las hipótesis específica 1

Fuente: Elaboración propia.

PLANTEAR LA HIPÓTESIS		
Ho: El Stock de Carbono almacenado es los componentes del bosque de Viques es mayor que el Stock de Carbono almacenado en los componentes del bosque Hacienda Chorrillos.	Ho: $\mu_2 > \mu_1$	
H1: El Stock de Carbono almacenado es los componentes del bosque de Viques es menor que el stock de C almacenado en los componentes del bosque Hacienda Chorrillos.	H1: $\mu_2 < \mu_1$	
Nivel de significancia	95%	$\alpha=0.05$
PRUEBA DE UNA COLA O UNILATERAL		

Tabla 58: Análisis y planteamiento de la hipótesis específica 1.

4.2.6.1. Análisis en componentes de la Hacienda Chorrillos

Fuente: Programa Statdisk.

```

Total Num Values: 280
Rank Sum 1: 31267.0
Rank Sum 2: 4788.0
Rank Sum 3: 3285.0

Test Statistic, H: 33.9662
Critical H: 5.9915
P-value: 0.000

Reject equal population medians.
Data provides evidence that the samples come
from populations with different medians.
    
```

Tabla 59: Resultados de la prueba Kruskal-Wallis para Chorrillos.

Fuente: Programa Statdisk.

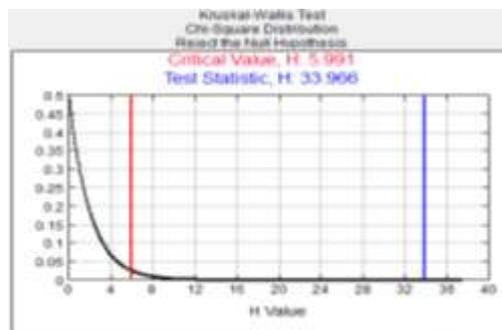


Figura 44: Resultados y campana de Gauss de la prueba de Kruskal-Wallis para el análisis de varianza de las muestras (biomasa aérea, sotobosque y suelo) de la Hacienda Chorrillos.

A un nivel de confianza del 95% se evidencia que las muestras provienen de poblaciones con diferentes medias.

4.2.6.2. Prueba de componentes en el bosque de Viques

Fuente: Programa Statdisk.

```
Total Num Values: 1157
Rank Sum 1: 629773.5
Rank Sum 2: 19778.5
Rank Sum 3: 20351.0

Test Statistic, H: 70.9620
Critical H: 5.9915
P-value: 0.000

Reject equal population medians.
Data provides evidence that the samples come
from populations with different medians.
```

Tabla 60: Resultados de la prueba Kruskal-Wallis para Viques.

Fuente: Programa Statdisk.

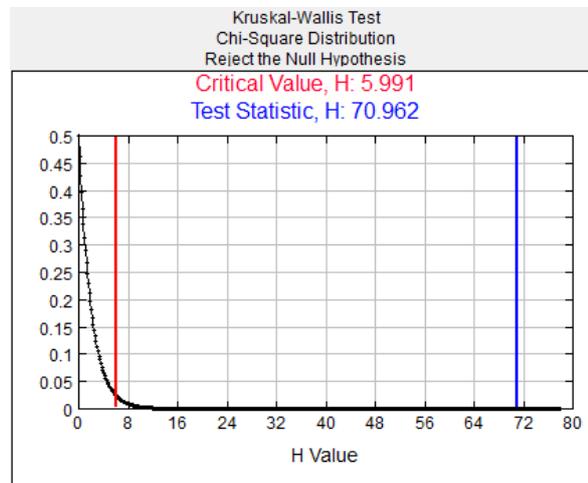


Figura 45: Resultados y campana de Gauss de la prueba de Kruskal-Wallis para el análisis de varianza de las muestras (biomasa aérea, sotobosque y suelo) del bosque de Viques.

A un nivel de confianza del 95% se evidencia que las muestras provienen de poblaciones con diferentes medias.

4.2.7. Análisis de las hipótesis específica 2: Chorrillos

Fuente: Elaboración propia.

PLANTEAR LA HIPÓTESIS
Ho: Los factores ambientales influyen directamente en el Stock de Carbono almacenado en los componentes de los bosques andinos.
H1: Los factores ambientales no influyen en el Stock de Carbono almacenado en los componentes de los bosques andinos.

Tabla 61: Planteamiento de la hipótesis específica 2 para Chorrillos.

4.2.7.1. Stock de carbono respecto a la temperatura (°C)

Fuente: Programa Statdisk.

Estadístico de Prueba: Correlación entre variables				CHORRILLOS			
Tipo de correlación: Pearson							
Estadísticas descriptivas:							
Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
1.20	280	0	280	0.03	169.69	7.25	23.93
19.1	280	0	280	18.46	19.54	19.08	0.30

Tabla 62: Estadístico de prueba respecto a la correlación de variables.

Fuente: Programa Statdisk.

Matriz de correlación (Pearson):			p-valores:			Coeficientes de determinación (R ²):		
Variables	1.204	19.1	Variables	1.204	19.1	Variables	1.204	19.1
1.204	1	-0.138	1.204	0	0.021	1.204	1	0.019
19.1	-0.138	1	19.1	0.021	0	19.1	0.019	1

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación $\alpha=0.05$

Tabla 63: Resultado de la prueba de correlación del stock de carbono respecto a la temperatura en Chorrillos.

Fuente: Programa Statdisk y Xlstat.

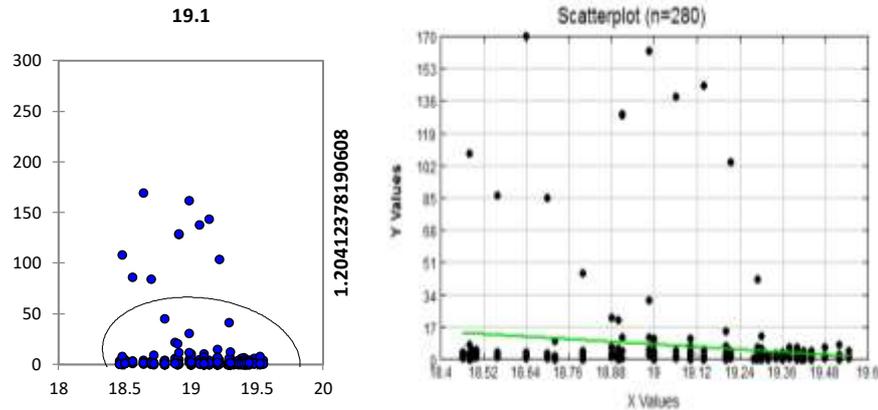


Figura 46: Gráfico de dispersión de la correlación del stock de carbono respecto a la temperatura en Chorrillos (Xlstat y Statdisk).

La correlación es positiva, ya que $r=1$ y el gráfico de dispersión muestra que si existe correlación entre la temperatura respecto al stock de carbono en el bosque de Chorrillos.

4.2.7.2. Stock de carbono respecto a la altitud (m.s.n.m)

Fuente: Programa Statdisk.

Estadístico de Prueba: Correlación entre variables				CHORRILLOS	
Tipo de correlación: Pearson					
Estadísticas descriptivas:					
Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo
1.20412	279	0	280	0.028	169.697
3414	279	0	280	3414.000	3414.000

Tabla 64: Estadístico de prueba respecto a la correlación de variables.

Fuente: Programa Statdisk.

Matriz de correlación (Pearson):			p-valores:			Coeficientes de determinación (R^2):		
Variables	1.204123	3414	Variables	1.204	3414	Variables	1.2041	3414
1.2041	1		1.20412	0		1.2041	1	
3414			3414			3414		

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación $\alpha=0.05$

Tabla 65: Resultado de la prueba de correlación del stock de carbono respecto a la altitud en Chorrillos.

Fuente: Programa Statdisk.

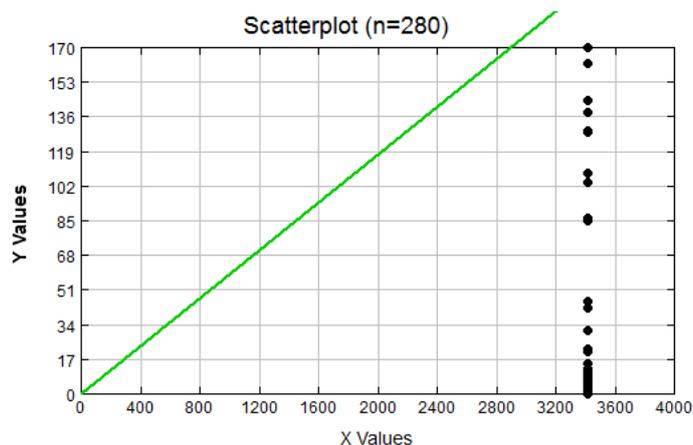


Figura 47: Gráfico de dispersión de la correlación del stock de carbono respecto a la altitud en Chorrillos (Statdisk).

La correlación positiva perfecta, ya que $r=1$, por lo tanto se infiere que la altitud influye en el stock de carbono en el bosque de Chorrillos.

4.2.7.3. Stock de carbono respecto a la pendiente (%)

Fuente: Programa Statdisk.

Estadístico de Prueba: Correlación entre variables				CHORRILLOS			
Tipo de correlación: Pearson							
Estadísticas descriptivas:							
Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
1.204123782	279	0	279	0.028	169.697	7.246	23.927
0.15	279	0	279	0.150	0.150	0.150	0.000

Tabla 66: Estadístico de prueba respecto a la correlación de variables.

Fuente: Programa Statdisk.

Matriz de correlación (Pearson):			p-valores:			Coeficientes de determinación (R^2):		
Variables	1.2041	0.15	Variables	1.204	0.15	Variables	1.2041	0.15
1.2041	1		1.20412	0		1.2041	1	
0.15			0.15			0.15		

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación $\alpha=0.05$

Tabla 67: Resultado de la prueba de correlación del stock de carbono respecto a la pendiente en Chorrillos.

Fuente: Programa Statdisk.

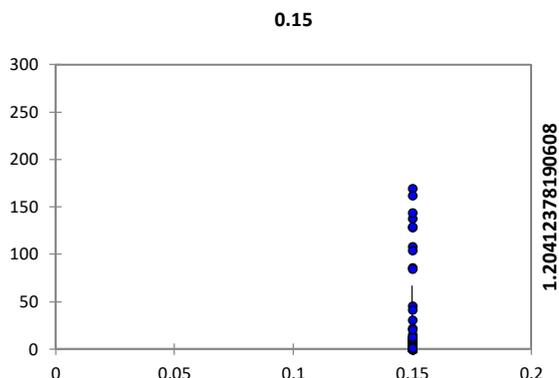


Figura 48: Gráfico de dispersión de la correlación del stock de carbono respecto a la pendiente en Chorrillos (Xlstat).

La correlación positiva perfecta, ya que $r=1$, por lo tanto se infiere que la pendiente influye en el stock de carbono en el bosque de Chorrillos.

4.2.7.4. Stock de carbono respecto a la precipitación (mm)

Fuente: Programa Statdisk.

Estadístico de Prueba: Correlación entre variables				CHORRILLOS			
Tipo de correlación: Pearson							
Estadísticas descriptivas:							
Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
1.2041	279	0	279	0.028	169.697	7.246	23.927
63	279	0	279	63.000	63.000	63.000	0.000

Tabla 68: Estadístico de prueba respecto a la correlación de variables.

Fuente: Programa Statdisk.

Matriz de correlación (Pearson):			p-valores:			Coeficientes de determinación (R^2):		
Variables	1.2041237	63	Variables	1.204	63	Variables	1.204	63
1.2041237	1		1.2041	0		1.2041	1	
63			63			63		

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación $\alpha=0.05$

Tabla 69: Resultado de la prueba de correlación del stock de carbono respecto a la precipitación en Chorrillos.

Fuente: Programa Statdisk.

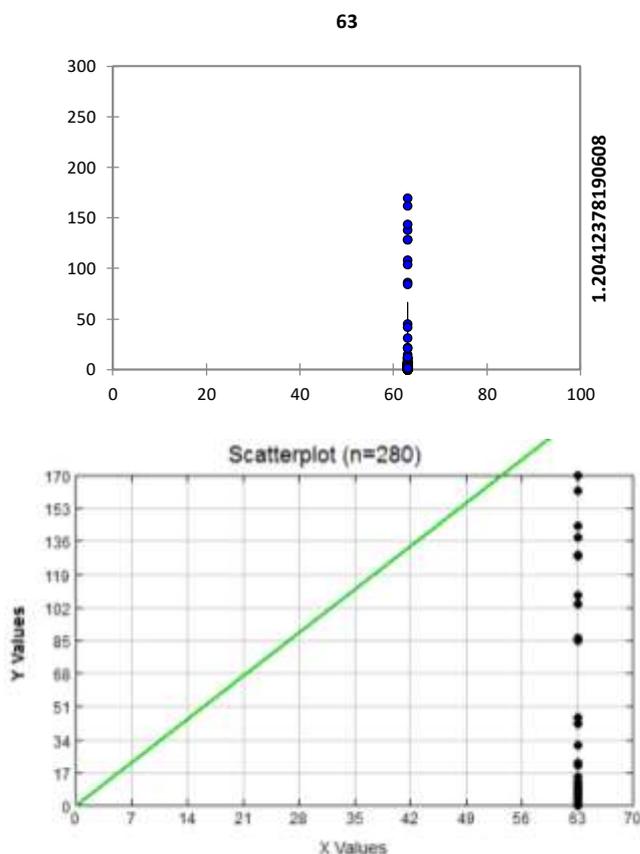


Figura 49: Gráfico de dispersión de la correlación del stock de carbono respecto a la precipitación en Chorrillos (Xlstat y Statdisk).

La correlación positiva perfecta, ya que $r=1$, por lo tanto se infiere que la precipitación influye en el stock de carbono en el bosque de Chorrillos.

4.2.8. Análisis de las hipótesis específica 2: Viques

Fuente: Elaboración propia.

PLANTEAR LA HIPÓTESIS
Ho: Los factores ambientales influyen directamente en el Stock de Carbono almacenado en los componentes de los bosques andinos.
H1: Los factores ambientales no influyen en el Stock de Carbono almacenado en los componentes de los bosques andinos.

Tabla 70: Planteamiento de la hipótesis específica 2 para Viques.

4.2.8.1. Stock de carbono respecto a la temperatura (°C)

Fuente: Programa Statdisk.

Estadístico de Prueba: Correlación entre variables				VIQUES			
Tipo de correlación: Pearson							
Estadísticas descriptivas:							
Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
5.357	1157	0	1157	0.000	1544.399	21.645	152.244
20.5	1157	0	1157	20.500	21.400	20.951	0.285

Tabla 71: Estadístico de prueba respecto a la correlación de variables.

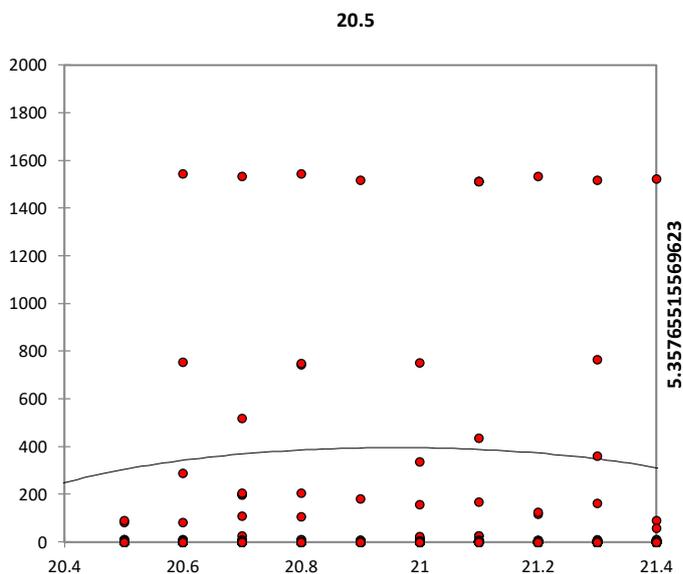
Fuente: Programa Statdisk.

Matriz de correlación (Pearson):			p-valores:			Coeficientes de determinación (R²):		
Variables	5.3576515569623	20.5	Variables	5.3576	20.5	Variables	5.3576	20.5
5.3576	1	0.014	5.35765	0	0.644	5.357	1	0.000
20.5	0.014	1	20.5	0.644	0	20.5	0.000	1

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0.05

Tabla 72: Resultado de la prueba de correlación del stock de carbono respecto a la temperatura en Viques.

Fuente: Programa Statdisk.



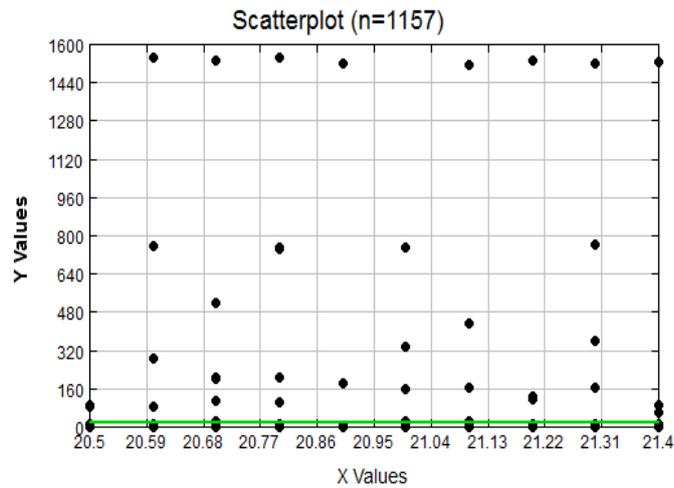


Figura 50: Gráfico de dispersión de la correlación del stock de carbono respecto a la temperatura en Viques (Xlstat y Statdisk).

La correlación es positiva, ya que $r=1$ y el gráfico de dispersión muestra que si existe correlación entre la temperatura respecto al stock de carbono en el bosque de Viques.

4.2.8.2. Stock de carbono respecto a la altitud (m.s.n.m)

Fuente: Programa Statdisk.

Estadístico de Prueba: Correlación entre variables				VIQUES			
Tipo de correlación: Pearson							
Estadísticas descriptivas:							
Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
5.35765	1157	0	1157	0.000	1544.399	21.645	152.244
20.5	1157	0	1157	3185.000	3185.000	3185.000	0.000

Tabla 73: Estadístico de prueba respecto a la correlación de variables.

Fuente: Programa Statdisk.

Matriz de correlación (Pearson):			p-valores:			Coeficientes de determinación (R^2):		
Variables	5.3576	3185	Variables	5.357	3185	Variables	5.35765	3185
5.35765	1		5.35765	0		5.3576	1	
3185			3185			3185		

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación $\alpha=0.05$

Tabla 74: Resultado de la prueba de correlación del stock de carbono respecto a la altitud en Viques.

Fuente: Programa Statdisk

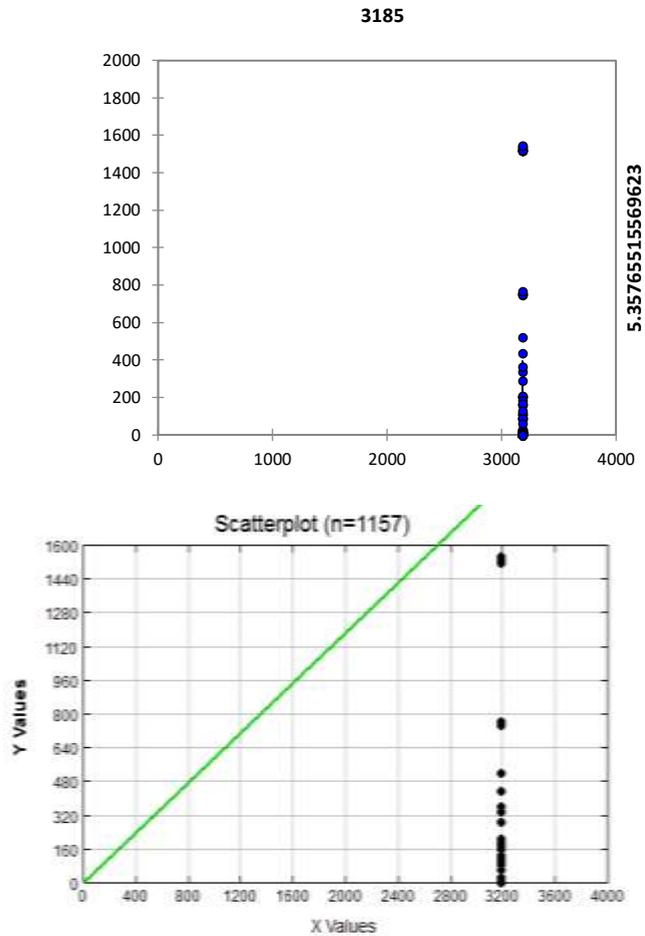


Figura 51: Gráfico de dispersión de la correlación del stock de carbono respecto a la altitud en Viques (Xlstat y Statdisk).

La correlación positiva perfecta, ya que $r=1$, por lo tanto se infiere que la altitud influye en el stock de carbono en el bosque de Viques.

4.2.8.3. Stock de carbono respecto a la pendiente (%)

Fuente: Programa Statdisk.

Estadístico de Prueba: Correlación entre variables				VIQUES			
Tipo de correlación: Pearson							
Estadísticas descriptivas:							
Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
1.204	279	0	279	0.000	1544.399	21.645	152.244
0.15	279	0	279	0.050	0.050	0.050	0.000

Tabla 75: Estadístico de prueba respecto a la correlación de variables.

Fuente: Programa Statdisk.

Matriz de correlación (Pearson):			p-valores:			Coeficientes de determinación (R ²):		
Variables	5.3576	0.05	Variables	5.357	0.05	Variables	5.3576	0.05
5.3576	1		5.35765	0		5.35765	1	
0.05			0.05			0.05		

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0.05

Tabla 76: Resultado de la prueba de correlación del stock de carbono respecto a la pendiente en Viques.

Fuente: Programa Statdisk.

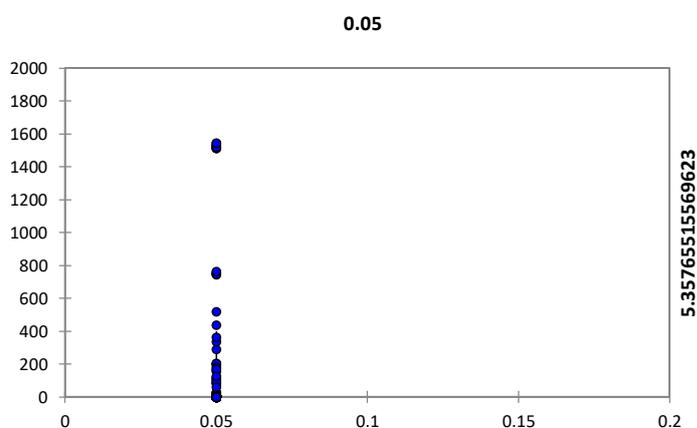


Figura 52: Gráfico de dispersión de la correlación del stock de carbono respecto a la pendiente en Viques (Xlstat).

La correlación positiva perfecta, ya que $r=1$, por lo tanto se infiere que la pendiente influye en el stock de carbono en el bosque de Viques.

4.2.8.4. Stock de carbono respecto a la precipitación (mm)

Fuente: Programa Statdisk.

Estadístico de Prueba: Correlación entre variables				VIQUES			
Tipo de correlación: Pearson							
Estadísticas descriptivas:							
Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
5.35765516	279	0	279	0.000	1544.399	21.645	152.244
2	279	0	279	2.000	2.000	2.000	0.000

Tabla 77: Estadístico de prueba respecto a la correlación de variables.

Fuente: Programa Statdisk.

Matriz de correlación (Pearson):			p-valores:			Coeficientes de determinación (R ²):		
Variables	5.357	2	Variables	5.3576	2	Variables	5.3576	2
5.357655	1		5.35765	0		5.35765	1	
1			2			2		
2								

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0.05

Tabla 78: Resultado de la prueba de correlación del stock de carbono respecto a la precipitación en Viques.

Fuente: Programa Statdisk.

2

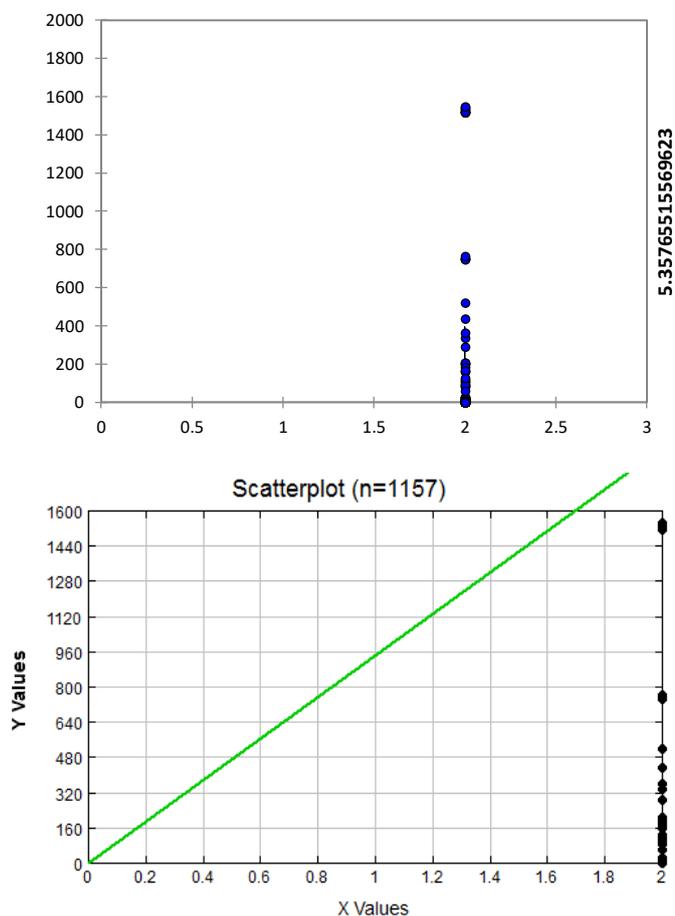


Figura 53: Gráfico de dispersión de la correlación del stock de carbono respecto a la precipitación en Viques (Xlstat y Statdisk).

Interpretación: La correlación positiva perfecta, ya que $r=1$, por lo tanto se infiere que la precipitación influye en el stock de carbono en el bosque de Viques.

4.2.9. Análisis de las hipótesis específica 3

Fuente: Elaboración propia.

Ho: El bosque de Viques tiene mayor valoración económica que el bosque Hacienda Chorrillos respecto al Stock de Carbono almacenado en sus componentes.	Ho: US\$1 > US\$2
H1: El bosque de Viques tiene menor valoración económica que el bosque Hacienda Chorrillos respecto al Stock de Carbono almacenado en sus componentes.	H1: US\$1 < US\$2
PRUEBA DE UNA COLA O UNILATERAL	
Conclusión: El bosque Hacienda Chorrillos tiene menor valor económico (20229 US\$-t C/10ha) que el bosque de Viques (250347 US\$-t C/19ha) según el valor internacional, por lo tanto se rechaza la Ho y se acepta la H1.	

Tabla 79: Planteamiento y conclusión de la hipótesis específica 3.

CONCLUSIONES

- Se comparó exitosamente el stock de Carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo entre los bosques de Viques y Chorrillos, por lo tanto se concluye que el bosque de Viques almacena en total 25035 t C/19ha y 91794 t CO₂/19ha siendo mayor que Chorrillos con 2023 t C/10ha y 7417 t CO₂/10ha. Esta diferencia comprobada a través de la prueba de hipótesis se debe a la influencia de los factores ambientales como la variabilidad climática, topográfica, hidrográfica y tipo de ecorregión, así mismo el área total y años de cada ecosistema forestal; siendo Viques de mayores hectáreas (19) a diferencia de Chorrillos (10). Ambos bosques son de especie *Eucaypto* siendo esta una de las especies que mayor carbono captura. Esta conclusión se evidencia en la base de datos obtenida de ambos bosques, especialmente la diferencia en el relieve topográfico; Viques tiene un terreno con menor pendiente (5%) y más árido (0.08% humedad) que el de Chorrillos que se encuentra en un terreno de influencia hídrica directa (escorrentía e infiltraciones), con mayor pendiente (15%) y de suelos más húmedos (8% de humedad).
- Se estimó en los tres componentes principales las reservas de carbono, obteniendo en Viques un total de biomasa (árboles y raíces) de 47846 t/19ha, 21531 t C/19ha y 78946 t CO₂/19ha a diferencia de Chorrillos con un total de 1623 t/10ha, 730 t C/10ha y 2677 t CO₂/10ha en el mismo componente. Esta diferencia se debe a que Viques tiene mayores hectáreas y por lo tanto mayor

cantidad de individuos arbóreos por ello el inventario de este bosque fue en total de 1085 árboles a diferencia de Chorrillos que fue de solo 232 árboles.

- La estimación del componente Sotobosque también mostró una diferencia para Viques con un 29 t/19ha, 15 t C/19ha y 54 t CO₂/19ha a diferencia de Chorrillos con un 116 t/10ha, 58 t C/10ha y 213 t CO₂/10ha; evidenciándose que el primer bosque tuvo menor producción de este componente el tiempo de recolección de muestras y Chorrillos tuvo más producción primaria neta de este componente; así mismo porque en el primer bosque hay mayor presencia de vientos y esto hace que las hojas caídas se esparzan y se desplacen a diferencia de Chorrillos el cual presenta una topografía más cerrada sin mucha presencia de vientos haciendo que se acumule más las hojas.
- La estimación del último componente: Suelo fue de un total de 3489 t C/19ha y 12794 t CO₂/19ha para Viques y de un total de 1235 t C/10 y 4527 t CO₂/10ha para Chorrillos. Esta diferencia se debe a que los suelos de Viques presentan mayor porcentaje de Materia orgánica (2.77) que está relacionada con el porcentaje de Nitrógeno (3.40), Carbono (37.81) según el indicador de pH que es básico (8.32) dando las condiciones para elevar los parámetros mencionados anteriormente; esto a diferencia de Chorrillos que presenta menor porcentaje de Materia Orgánica (1.38) al igual que los porcentajes de Nitrógeno (1.63) y Carbono (19.09) con un pH más ácido (5.53). estos parámetros físico – químicos mencionados influyen directamente en la producción de materia orgánica que es el principal componente del flujo de Carbono y de la captura de CO₂.
- Se valorizó económicamente en base al stock de Carbono hallado en los componentes de los bosques estudiados. La valorización se realizó según la revisión bibliográfica de estudios analizados; obteniendo un valor económico según el valor internacional (10US\$ (t C/ha total) de 250347 US\$/t C/19ha para Viques y de 20229 US\$/t C/10ha para Chorrillos. Para la estimación económica de CO₂ se presenta tres escenarios siendo en el peor de los casos (3 US\$/t CO₂/ha) de 275381 US\$/t CO₂/19ha para Viques y 22252 US\$/t CO₂/10ha para Chorrillos y en el mejor de los casos (20 US\$/t CO₂/ha) con un valor de 1835875 US\$/t CO₂/19ha para Viques y 148349 US\$/t CO₂/10ha

para Chorrillos; tener en cuenta que esta valoración es solo una aproximación, ya que dichos valores monetarios dependen del mercado económico internacional actual, la dinámica del valor de los CERs (certificados de reducción), la metodología de valoración (ambiental o ecológica) e inclusive el tipo de servicio ambiental que ofrece un ecosistema.

- La gestión de los ecosistemas es un enfoque para la gestión de recursos naturales porque se centra en el mantenimiento de los ecosistemas para satisfacer las necesidades futuras tanto ecológicas como humanas. Para ello se necesitan equipos multidisciplinarios pero además interdisciplinarios.
- Los árboles son complejos Ecosistémicos de seres vivos siendo los bosques andinos los más altos del mundo y se extienden en las cimas y los valles interandinos de muchos departamentos del Perú (Junín, Huánuco, Huancavelica, Ayacucho, Apurímac, Cajamarca y Cusco). Están entre los 2000 – 4000 m.s.n.m.
- En muchas investigaciones se analizó la influencia de la variabilidad climática en la producción de sotobosque, por ello se infiere que los cambios climáticos (temperatura y precipitación) influyen en la producción de biomasa de ecosistemas forestales, por lo tanto también en el flujo de CO₂ y la cantidad del mismo en la atmósfera potencializando las consecuencias del cambio climático.
- Los beneficios ambientales (ENCE, 2008) que ofrece esta especie (*Eucalypto globulus labill*) es que por su mayor tasa de crecimiento, expansión y densidad de su madera es muy eficiente en la captura de CO₂, fijación de carbono y generación de oxígeno que sirven como pulmones del planeta, la velocidad de su crecimiento y su renovación cada 10-15 años hacen posible esta fijación. Así mismo es más eficiente en el uso de agua que otras especies, ya que favorece la recarga de los acuíferos, aprovecha mejor el agua de la niebla por el proceso de evapotranspiración, no deseca los suelos y se adapta a su consumo de agua.

- Los seres humanos dependemos de los ecosistemas para satisfacer nuestras necesidades; así mismo los ecosistemas pueden ser entendidos como las bases biofísicas de la economía. Los servicios de los ecosistemas o servicios ambientales han sido definidos como los beneficios que los humanos obtenemos de los ecosistemas. La clasificación de los ecosistemas más utilizados es la aportada por la Evaluación de Ecosistemas del Milenio, iniciativa de las Naciones Unidas. El informe final de dicha evaluación concluye que el 60% de los servicios de los ecosistemas a escala global están en declive o están siendo utilizados de forma insostenible.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un estudio detallado de la cobertura vegetal usando sensoramiento remoto y otras metodologías explicadas en capítulos anteriores, donde se muestre un balance de entradas y salidas de Carbono.
- Se recomienda realizar monitoreos periódicos sobre la Respiración Basal del Suelo, ya que es un indicador del intercambio de gases referidos a los GEI – Gases de Efecto Invernadero.
- Se recomienda realizar una guía de PSA – Pago por Servicios Ambientales; ya que ambos bosques cumplen con el requisito principal que es la dimensión del terreno (10 y más de 10 hectáreas), previo análisis de viabilidad económica y administrativa. Siempre teniendo en cuenta que la compensación de emisiones no debería ser la solución, ya que es solo una herramienta útil siempre y cuando se lleve a cabo cálculos realistas y con un compromiso muy serio de proporcionar a los árboles los cuidados necesarios para disminuir su mortalidad, sobre todo en los primeros años de vida. El fin, debe ser perseguir el objetivo de transitar hacia una civilización baja en carbono, lo cual se consigue reduciendo.
- Desde la perspectiva económica se puede dar un valor extra a los productos de la actividad agrícola beneficiando a la comunidad aledaña del bosque de Viques si se ingresa al mercado de bonos de carbono por medio de la implementación de una guía de PSA – Pago por Servicios Ambientales, así mismo se debe evaluar la implementación de la misma guía para el beneficio

de la hacienda del bosque Hacienda Chorrillos; siempre teniendo en cuenta una adecuada gestión económica – ambiental.

- Incentivar a las organizaciones privadas con intereses en los MDL - Mecanismos de Desarrollo Sostenible (Protocolo de Kioto) a recibir certificaciones e ingresar al mercado de bonos de carbono formando relaciones estratégicas con las comunidades beneficiarias como parte de su Responsabilidad Social por medio de la preservación y conservación de los bosques.

- Realizar estudios sobre los impactos positivos y negativos de las plantaciones de *Eucalypto globulus labill* sobre el componente suelo según la realidad de cada bosque; en la bibliografía analizada presentan impactos positivos referidos a la captura y reducción de GEI.

- En el bosque de Viques se puede implementar diversos proyectos como una adecuada gestión de residuos sólidos, eco – turismo sostenible, eco – negocios, concesión de bosques, entre otros; ya que este bosque ofrece un principal Servicio Ambiental que es de la captura de CO₂ pudiendo evaluar una valorización económica para este bosque, ya que por ser un centro eco – turístico ofrece más servicios ambientales que deberían ser reconocidos por las poblaciones beneficiarias, por ello es recomendable valorar económicamente por el método Costo de Viaje que es una técnica que intenta deducir el valor del comportamiento observado de los habitantes de un sitio a través del gasto total efectuado por la visita al centro turístico; es decir cuánto están dispuestos a pagar por ir a ese lugar ya sea por el servicio de Belleza escénica, Tranquilidad u otro según la perspectiva de la población.

- Incentivar a las autoridades y poblaciones aledañas a la preservación y conservación con las prácticas de reforestación de más áreas, evaluando las especies más viables y que cuenten en su mayoría con impactos positivos como es la captura de carbono y el posible ingreso al mercado por bonos de carbono para organismos estatales (municipios), comunidades, personas jurídicas y población en general.

- Esta investigación se debe ampliar con estudios más detallados en diferentes épocas del año (seca y lluvias), para obtener información continua de la variación de los GEI – Gases de Efecto Invernadero.
- El municipio de Viques y los hacendados del boque Hacienda Chorrillos estuvieron involucrados e interesados en esta investigación, por ello es preciso motivar más para la implementación de más estudios respecto al Cambio Climático, ya que este problema ambiental global involucra directamente a las partes señaladas.
- Incluir los Servicios Ambientales como una solución a los conflictos socio – ambientales; ya que se puede usar como una estrategia de Responsabilidad Socio Ambiental en las organizaciones especialmente del rubro privada.
- Aplicar esta experiencia en la identificación de otros servicios ambientales en diferentes ecosistemas de la zona u otros lugares teniendo en cuenta la realidad y variabilidad de la zona.
- La valoración económica de ecosistemas es base para el diseño de políticas internacionales, ya que a través del reconocimiento del valor se implementan mecanismos económicos a través de los mercados que demuestran dicho valor por medio del PSA (Ecologistas. 2011).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agudelo I. (2009). *Biomasa aérea y contenido de carbono en bosques de Quercus Humboldtii y Colombobalanus excelsa*. Tesis para optar el título de master en administración del medio ambiente y de los recursos naturales. Universidad Autónoma de Occidente. México.
- Alvarado, A.; Forsythe, R. (2005). *Variación de la densidad aparente en órdenes de suelos de Costa Rica*. Costa Rica.
- Amoros M. y Micalo R. (2002). *El valor de la fijación de carbono en los programas de forestación*. México.
- Ávila, J.; Jiménez, I. (2001). *Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. Avances de investigación*. Costa Rica.
- Azabache, A. (2010). *Contaminación de Suelos*. Perú.
- Barker T., Phillips O. y Lloyd J. (2007). University of Leeds, UK. *Análisis del stock y flujos de carbono, una herramienta para los proyectos REDD*. Iquitos, Perú.
- Bautista, A. (2008). *Carbono y nutrientes en la vegetación del sotobosque en bosques manejados de Pinus patula Schiede&Deppe*. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- BBC Mundo. (2012). *Beneficios de la compensación de Carbono*.
- Benito, E. y Zavala, L. (2003). *Factores determinantes del secuestro de C en los bosques españoles: Desarrollo de herramientas de análisis y prospectiva*. España.
- Brack, A. (2009). *Enciclopedia temática. Ecología*. Perú.
- Brack, A. y Mendiola, C. (2000). *Ecología del Perú*. Perú.

- Buendía, R. (2011). *Estimación de los almacenes de carbono en el suelo de cuatro especies tropicales en una plantación forestal en la Huerta, Jalisco*. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Caballero, M., Lozano, S. y Ortega, B. (2011). *Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la Tierra*. Universidad Autónoma de México.
- Caballero, M.; Lozano, S. y Ortega, B. (2000). *Efecto invernadero, Calentamiento global y Cambio Climático: Una perspectiva desde las ciencias de la Tierra*. UNAM. México.
- Carpio, C., Ramírez, O. (2010). *Estudios económicos sobre el uso de los bosques latinoamericanos para mitigar el cambio climático*.
- Chambi, C. (2001). *Valoración económica de secuestro de carbono mediante la simulación aplicada a la zona boscosa del río Inambari y Madre de Dios*. IICFOE. Perú.
- Dávalos, R., Rodríguez, M. y Martínez, E. (2002). *Almacenamiento de Carbono*. México.
- Dávila, V.; Retamozo, F.; Suarez, L. (2008) *Almacenamiento de carbono y flujo de CO₂ en los suelos con plantaciones de tres especies forestales en el Valle del Mantaro*. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. UNCP.
- ECOLOGISTAS en acción. (2011). *Valoración económica de la biodiversidad, oportunidades y riesgos: ¿Hay que poner precio a la biodiversidad para conservarla?*. Madrid.
- Ecosystem Marketplace. (2007). *Getting Started, un manual introductorio para evaluar y desarrollar pagos por servicios ambientales*.
- El comercio. (2012). Revisado en la página web <http://elcomercio.pe/economia/peru/disney-adquirio-us35-millones-bonos-carbono-selva-peruana-noticia-1549873>. Perú.
- FAO. (2002). *Informes sobre recursos mundiales de suelos. Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra*. Francia.
- Ferrer J. (2003). *Aproximación al pago por servicios ambientales en las comunidades del parque de la papa (microcuenca de Hatummayo), Pisac*. Perú.
- Grupo Empresarial ENCE. (2008). *La gestión forestal sostenible y el Eucalipto*. España.

- Hawksworth, I. (2000). *Líquenes como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medio-ambientales en los trópicos*. España.
- Ibrahim, M. y Chacón, M. (2007). *Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua*. *Avances de Investigación*. Costa Rica.
- INEI. (2001). *Conociendo Junín*. Perú.
- INRENA. (2001). Instituto Nacional de Recursos Naturales. *Valoración económica de la diversidad biológica y servicios ambientales en el Perú*. Edición: Lima.
- Martel, C. (2012). *Cuantificación del carbono almacenado en formaciones vegetales amazónicas en "CICRA"*. UNALM. Madre de Dios. Perú.
- Martel, C.; Cairampoma, L. (2012). *Cuantificación del Carbono almacenado en formaciones vegetales amazónicas en "CICRA", Madre de Dios (Perú)*. UNALM-Ecología Aplicada. Lima, Perú.
- Medina, C.; Calero, C. (2003). *Cuantificación de carbono en la biomasa aérea de café (Coffea arabica) con sombra, en la comarca Palo de Sombrero, Jinteca*. Nicaragua.
- Mendez, M. (2011). *El uso de líquenes como biomonitores para evaluar el estado de la contaminación atmosférica a nivel mundial*. España.
- MINAG. (2012). *Estimación del carbono almacenado en la biomasa del bosque de la comunidad nativa ESEÈSJA DE INFIERNO-MADRE DE DIOS, Perú. (Proyecto Gestión Forestal Sostenible y Aprovechamiento de los Servicios Eco sistémicos en los Bosques Administrados por la Comunidad Nativa Ese 'esja de Infierno*. Perú.
- MINAM. (2009). *Segunda comunicación nacional del Perú a la CMNUCC. Identificación de metodologías existentes para determinar stock de carbono en ecosistemas forestales*. Perú.
- MINAM. (2011). *El Perú de los bosques*.
- Odum, E. y Barret, G. (2008). *Fundamentos de la ecología*. México.
- Organero, G. (2007). *Conceptos básicos de botánica*. México.
- Phillips, O. y Lloyd, J. (2007). *Análisis del stock y flujos de carbón, una herramienta para los proyectos REDD*. Tim Barker University of Leeds. Iquitos, Perú.

- Pizzurno, M. (2003). *Estimación preliminar del stock de carbono en diferentes tipos de bosques en el parque nacional CAAZAPA*. Tesis para optar el título de Ingeniera Forestal. México.
- PNUMA. (1998). *Protocolo de Kioto de la Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre El Cambio Climático*. Japón.
- PRISMA. (2010). *Bosques, deforestación y monitoreo de carbono: una valoración del potencial de REDD+ en Mesoamérica*.
- Sánchez, R.; Rui, E. (2005). *Materia orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud, en la cuenca del Río Maracay, Estado Aragua*. México.
- Sarmiento, F. (2000). *Diccionario de ecología; paisajes, conservación y desarrollo sustentable para Latinoamérica*. Colombia.
- Saugier, K.; Pontailier, F. (2006). *Revista ecología en Bolivia. El ciclo global del carbono y sus consecuencias en la fotosíntesis en el Altiplano boliviano*. Bolivia.
- Takahashi, K. (2010). *Cambio climático, investigación e incertidumbre*. Instituto Geofísico del Perú – IGP. Perú.
- Vargas, P. (2009). *El Cambio Climático y Sus Efectos en el Perú. Banco Central de Reserva del Perú. Working Paper series*. Perú.

ANEXOS

i. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION																								
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	VD				METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION																								
¿Cuál es la relación del Stock de Carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo entre los bosques de Viques y la Hacienda Chorrillos?	Comparar el Stock de Carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo entre los bosques de Viques y la Hacienda Chorrillos.	Ho: El Stock de Carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo del Bosque Hacienda Chorrillos es igual al Stock de Carbono almacenado del bosque de Viques. H1: El Stock de Carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo del Bosque Hacienda Chorrillos es diferente al Stock de Carbono almacenado del bosque de Viques.	Stock de Carbono almacenado en los componentes del bosque: biomasa aérea, sotobosque y suelo.	Biomasa aérea Sotobosque Suelo Valoración económica	Hectáreas totales de cada bosque. Arboles inventariados. Medición de circunferencia de árboles inventariados. Cálculo del área y volumen de la biomasa. Medición del ángulo con clinómetro. Estimación del Carbono almacenado. Estimación del CO ₂ almacenado. Recolección de sotobosque (hojas, tallos y otros) en un área de 0.25 m ² y su posterior pesaje en húmedo y seco. Estimación del Carbono almacenado. Estimación de I CO ₂ almacenado. Medición insitu en la recolección de muestras de la temperatura. Medición de pH, humedad y conductividad eléctrica en laboratorio. Mediciones de densidad aparente del suelo. Caracterización del suelo por medio del análisis en el laboratorio de suelos de la UNALM. Análisis especial en el laboratorio de suelos de la UNALM. Estimación del Carbono almacenado. Estimación del CO ₂ almacenado. Estandarización internacional de precios por t/ha.	Ha # árboles cm m ² y m ³ Grados t C/ha t CO ₂ /ha g t C/ha t CO ₂ /ha °C Valores de tabla % mS/cm g/cm ³ Textura (%) C.E. (%MO,CaC O3,P,K) Suma de bases (%) %C %N C/N T t C/ha t CO ₂ /ha US\$/ t/ha	<p>Tipificación y método de la Investigación Esta investigación es Correlacional, Científico Aplicada.</p> <p>Método de la investigación: Análisis de datos que nos permite interpretar el procedimiento a realizar, síntesis que permite estructurar y organizar los datos requeridos en la investigación, observación como parte del procedimiento que nos permite recopilar la información requerida y descripción, ya que se revisa, ordena, identifica las relaciones y temas comunes.</p> <p>Diseño de la Investigación El tipo de investigación es No Experimental, Diseño correlacional:</p> <div style="text-align: center;"> <pre> graph TD M --> O1 M --> O2 O1 --> r O2 --> r r --> O3 </pre> <p>O1= Stock de Carbono almacenado O2= Ubicación de los bosques r= coeficiente de correlación entre las VD y VI (Factores Ambientales)</p> </div> <p>El Nivel de la investigación es del tipo II, ya que se complementará información sobre el Stock de Carbono presente en la biomasa aérea, sotobosque y suelo de ambos bosques.</p> <p>Explicativo, ya que con la investigación se pretende estimar y estudiar la relación entre las dos variables.</p> <p>Población y muestra Las zonas de estudio fueron seleccionadas aleatoriamente y seccionadas por sensoramiento remoto:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Ubicación geográfica de los bosques</td> </tr> <tr> <td>PAIS</td> <td style="text-align: center;">Perú</td> </tr> <tr> <td>DEPA</td> <td style="text-align: center;">Junín</td> </tr> <tr> <td>RTAM</td> <td style="text-align: center;">Junín</td> </tr> <tr> <td>ENTO</td> <td style="text-align: center;">Junín</td> </tr> <tr> <td>PROV</td> <td style="text-align: center;">Huancayo</td> </tr> <tr> <td>INCLIA</td> <td style="text-align: center;">Huancayo</td> </tr> <tr> <td>DISTR</td> <td style="text-align: center;">Huaycachi – Viques</td> </tr> <tr> <td>ITO</td> <td style="text-align: center;">Huancayo – Chorrillos</td> </tr> <tr> <td>HECTÁREA</td> <td style="text-align: center;">19</td> </tr> <tr> <td>S DE BOSQUE</td> <td style="text-align: center;">10</td> </tr> <tr> <td>UE</td> <td style="text-align: center;">Eucalypto globulus labill</td> </tr> </table> <p>Técnicas e instrumentos de recolección de datos Para la recolección de datos, esa investigación se dividió en tres fases: de</p>	Ubicación geográfica de los bosques		PAIS	Perú	DEPA	Junín	RTAM	Junín	ENTO	Junín	PROV	Huancayo	INCLIA	Huancayo	DISTR	Huaycachi – Viques	ITO	Huancayo – Chorrillos	HECTÁREA	19	S DE BOSQUE	10	UE	Eucalypto globulus labill
Ubicación geográfica de los bosques																															
PAIS	Perú																														
DEPA	Junín																														
RTAM	Junín																														
ENTO	Junín																														
PROV	Huancayo																														
INCLIA	Huancayo																														
DISTR	Huaycachi – Viques																														
ITO	Huancayo – Chorrillos																														
HECTÁREA	19																														
S DE BOSQUE	10																														
UE	Eucalypto globulus labill																														
Problemas Específicos	Objetivo Específico	Hipótesis Específicas	VI	Factores ambientales de la zona																											
¿Cuánto es el Stock de Carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo en los bosques de Viques y la Hacienda Chorrillos?	Estimar el Stock de Carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo en los bosques de Viques y la Hacienda Chorrillos.	Ho: El Stock de Carbono almacenado es los componentes del bosque de Viques es mayor que el Stock de Carbono almacenado en los componentes del bosque de Hacienda Chorrillos. H1: El Stock de Carbono almacenado es los componentes del bosque de	Ubicación Geográfica referida a los Factores Ambientales de los bosques andinos de Viques y Hacienda Chorrillos.	Climatología Topografía Hidrografía Ecorregión Ubicación geográfica	Presencia de vientos. (observacional) Precipitación según la data de estaciones. Temperatura máxima de la zona según data de estaciones. Pendiente (sensoramiento remoto) Presencia de cuerpos de agua (observacional). Mapa ecológico de Junín. Bibliografía (Brack, Antonio y Pulgar, Javier). Coordenadas UTM, elevación y área por sensoramiento remoto.	+/- mm/año °C % # de cuerpos de agua Imágenes cartográficas N y E m.s.n.m. ha																									

		Viques es menor que el stock de C almacenado en los componentes del bosque Hacienda Chorrillos.					planificación donde se elaboraron los protocolos (anexo i), ejecución donde se recolectó y analizó las muestras y post-ejecución donde se hizo el tratamiento estadístico de los datos según el cronograma (anexo i). Para el análisis estadístico y la prueba de hipótesis se realizó la prueba para determinar la distribución normal de los datos y la igualdad de varianza mediante el software SPSS, para la prueba de hipótesis general se realizó mediante el estadístico de prueba paramétrica t-Student para dos muestras independientes (SPSS y Excel) contrastando el resultado con el estadístico de prueba no paramétrico Wilcoxon para dos muestras independientes (Statdisk). Para el análisis para las pruebas de hipótesis específica se usó el estadístico de prueba no paramétrico de Kruskal Wallis, el método de Correlación para determinar la relación o influencia de los factores ambientales en el Stock de Carbono (Excel-complemento Xlstat y Statdisk) según el libro de Triola M. (2003) y finalmente se observó las diferencias en la valoración económica de los bosques estudiados.
¿Qué factores ambientales se relacionan con la variación del Stock de Carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo en los bosques de Viques y la Hacienda Chorrillos?	Identificar la relación que tienen los factores ambientales con la variación del Stock de Carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo en los bosques de Viques y la Hacienda Chorrillos.	Ho: Los factores ambientales influyen directamente en el Stock de Carbono almacenado en los componentes de los bosques andinos. H1: Los factores ambientales no influyen en el Stock de Carbono almacenado en los componentes de los bosques andinos.					
¿Cuánto es la valoración económica en base al Stock de Carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo que tienen los bosques de Viques y la Hacienda Chorrillos?	Valorar económicamente en base al Stock de Carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo en los bosques de Viques y la Hacienda Chorrillos.	Ho: El bosque de Viques tiene mayor valoración económica que el bosque Hacienda Chorrillos respecto al Stock de Carbono almacenado en sus componentes. H1: El bosque de Viques tiene menor valoración económica que el bosque Hacienda Chorrillos respecto al Stock de Carbono almacenado en sus componentes.		Valor económico internacional CERs	Dólares por tonelaje de carbono	US\$	

Tabla 80: Matriz de Consistencia de la Investigación

ii. Evidencias fotográficas

Bosque de Viques			
			
Fotografías del bosque Viques, se evidencia la influencia de Río Mantaro.		Fotografías que evidencian la especie de Eucalipto en Viques; como se ve existen árboles recientemente plantados.	
			
Se evidencia la poca acumulación del sotobosque.		Se observa la variabilidad de los suelos, algunos compactos y otros más arcillosos.	
			
Se observa y evidencia los líquenes presentes en los árboles de eucalipto.			

Tabla 81: Fotografías del Bosque de Viques.

Bosque Hacienda Chorrillos			
			
Se observa el bosque de Chorrillos.		Se evidencia la abundante acumulación de sotobosque.	

		
<p>Se observan unos individuos arbóreos de gran circunferencia, así mismo se observa los líquenes (musgos) en dichos árboles.</p>	<p>Se observa el tipo de suelo en Chorrillos, como se explicó anteriormente el sotobosque cubre la mayor parte de este componente que posteriormente se acopla como materia orgánica y así como reserva o stock de carbono en el suelo.</p>	

Tabla 82: Fotografías del bosque Hacienda Chorrillos.

Materiales usados en campo			
 <p>Platos de papel aluminio</p>	 <p>Balanza analítica</p>	 <p>Bolsas de muestra</p>	 <p>Etiquetas para la recolección de muestras</p>
 <p>Bolsas negras para la recolección del sotobosque</p>	 <p>Bolsas plásticas transparentes</p>	 <p>Cinta métrica</p>	 <p>Hilo pabilo para la delimitación de las parcelas</p>
 <p>Cinta métrica</p>	 <p>Clinómetro</p>	 <p>Témpera para inventariar los árboles</p>	 <p>Termómetro para medir la temperatura del suelo</p>

Tabla 83: Algunos materiales usados en campo.

Trabajo de campo: Biomasa aérea



Se evidencia la medición de circunferencia y determinación del ángulo con el clinómetro.

Tabla 84: Trabajo de campo en la Biomasa aérea.

Trabajo de campo: Sotobosque



Delimitación de las parcelas para sotobosque



Recolección del sotobosque en las bolsas previamente etiquetadas



Clasificación del sotobosque en subcomponentes: Hojas, Tallos y Otros

			
Pesaje del sotobosque por subcomponentes previamente clasificados			Ingresa al horno las muestras para determinar la humedad

Tabla 85: Trabajo de campo, Sotobosque.

Trabajo de campo: Suelos			
			
Medición de la temperatura del suelo		Recolección de las muestras de suelo	
			
Recolección de muestras del suelo para la determinación de densidad aparente			
			
Recolección de muestras de suelo en el tubo para densidad aparente			
			
Se evidencia el muestreo del suelo en los bosques			

Tabla 86: Trabajo de campo, Suelos.

Trabajo en laboratorio			
			
Etiquetado y separación de las muestras de suelo			
			
Pesado de muestrars de suelo	Preparación de la solución para determinar el pH, temperatura y conductividad eléctrica de los suelos		
			
Llevar las muestras de suelo ala mufla para la determinación de la humedad.			

Tabla 87: Trabajo en laboratorio.

iii. Evidencias del análisis realizado en el laboratorio de la UNALM en Lima

Fuente: Hoja de recepción de las muestras llevadas a la UNALM.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS Y PLANTAS
 Teléfono: 614 7500 Anexo: 222 Teléfono: 343 3523
 e-mail: lab.suelos@lamolina.edu.pe



Llevar el 06 NOV

HOJA DE RECEPCION N° 0042639 - 2013.

SOLICITANTE: UNIVERSIDAD COOPERATIVA Telf: 99715-0819 Fecha: 28-10-13

PROCEDENCIA: Departamento: JUNIN Provincia: HUANUCO
 Distrito: _____ Predio: _____

MUESTRAS DE: SUELO CANTIDAD: 30

ANÁLISIS SOLICITADOS	P.U. SI.	US\$
() Análisis Suelo Fertilidad		
() Análisis Suelo Caracterización		
() Análisis Suelo Salinidad		
() Análisis Agua		
() Análisis Foliar		
(X) Otros (Especificar): <u>RESALDO C/N</u>		<u>20.00</u>

CANCELADO

Entregado por: INDIRA LUZA EYAGUIRE A cuenta: _____
 Recibido por: NEHA DAMICOURT Total SI: 600.00 US\$ _____



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS Y PLANTAS
 Teléfono: 614 7500 Anexo: 222 Teléfono: 343 3523
 e-mail: lab.suelos@lamolina.edu.pe



Llevar el 06 NOVIEMBRE

HOJA DE RECEPCION N° 0042638 - 2013.

SOLICITANTE: UNIVERSIDAD COOPERATIVA Telf: 99715-0819 Fecha: 28-10-13

PROCEDENCIA: Departamento: JUNIN Provincia: HUANUCO
 Distrito: _____ Predio: _____

MUESTRAS DE: SUELO CANTIDAD: 02

ANÁLISIS SOLICITADOS	P.U. SI.	US\$
() Análisis Suelo Fertilidad		
(X) Análisis Suelo Caracterización		<u>60.00</u>
() Análisis Suelo Salinidad		
() Análisis Agua		
() Análisis Foliar		
() Otros (Especificar): _____		

CANCELADO

Entregado por: INDIRA LUZA EYAGUIRE A cuenta: _____
 Recibido por: NEHA DAMICOURT Total SI: 120.00 US\$ _____

Figura 54: Recepción de las muestras de suelo llevadas al laboratorio de suelos de la UNALM. Fuente: Correo enviado del laboratorio sobre los resultados del análisis especial y caracterización de suelos.

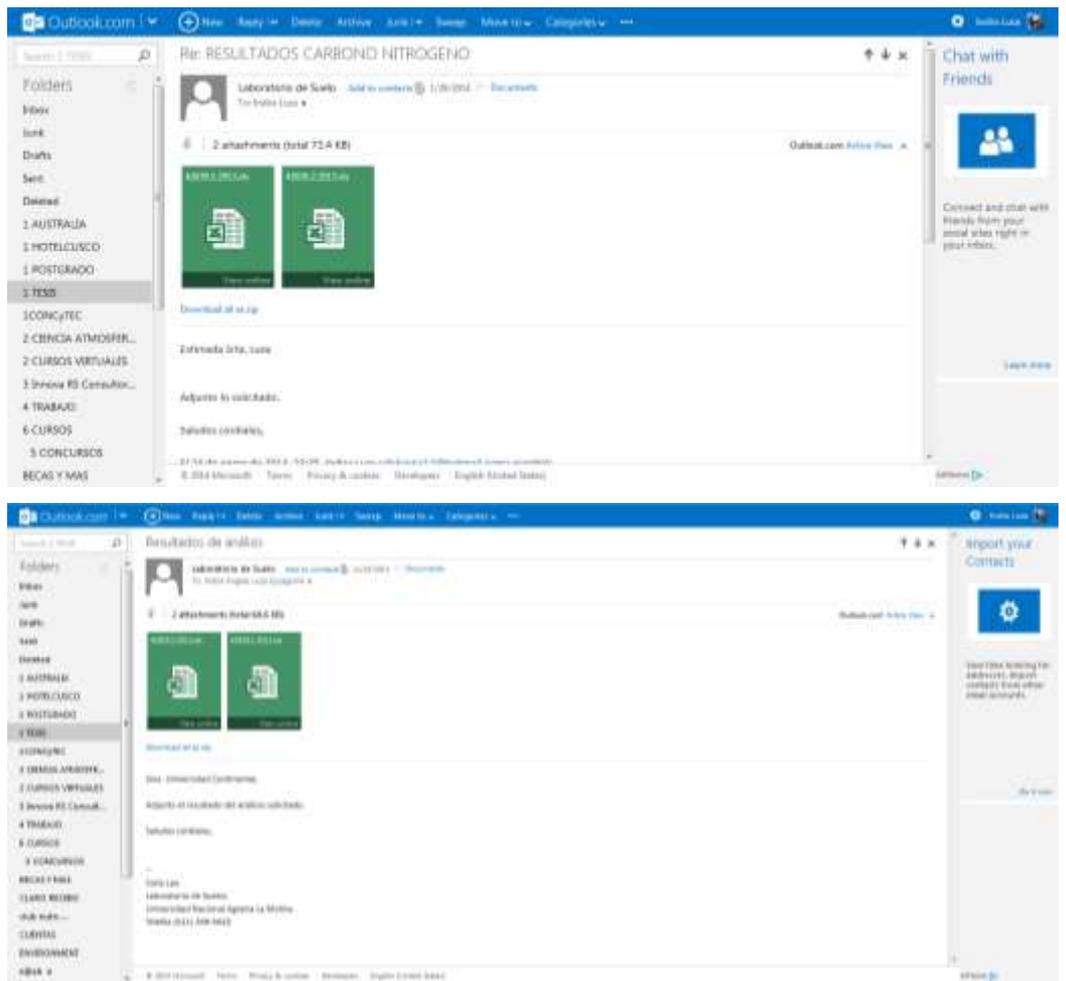


Figura 55: Envío de correos sobre el resultado del análisis especial y caracterización de suelos.

Se adjunta un CD con los datos en forma virtual que incluye la base de datos recolectadas en campo, laboratorio y gabinete.