

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN MAÍZ (*Zea mays*)
DURANTE SU CICLO DE VIDA EN EL DISTRITO JOSÉ
CRESPO Y CASTILLO - AUCAYACU

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
MENCION CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

PRESENTADO POR:

PATRICIA HIDALGO MURRIETA

2014

DEDICATORIA

A DIOS;

Por haberme dado la vida y permitir llegar

hasta este momento y cumplir una meta

tan importante de mi formación profesional.

A mi madre Cirila Murrieta Ramírez; por ser el pilar más importante de mi vida y por demostrarme siempre su cariño, amor y apoyo incondicional. A mi querido padre Berninson Hidalgo Pérez, a pesar de nuestra distancia física, siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti, como lo es para mí; todo lo logrado te lo debo, **“gracias capachito”**. A mis hermanos Berninson y Aní Bethy, pues ellos en todo momento me brindaron comprensión; pero sobre todas las cosas siempre creyeron en mí.

A mí querido esposo Erle Bustamante Scaglioni; por

su inmenso amor, comprensión y apoyo incondicional

para así poder llevar a cabo la culminación de mi tesis.

AGRADECIMIENTO

A mi Alma Mater UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA, por la invaluable contribución cultural, social y científica.

A todos los docentes que laboran en la Facultad de Recursos Naturales Renovables, que contribuyeron en mi formación profesional, mi reconocimiento a todos ellos.

A los miembros del jurado de tesis Ing. Jaime Torres García, Ing. MSc. Roberto Obregón Peña y al Ing. Juan pablo Rengifo Trigozo, por ser parte de la evaluación y por sus consejos, humanismo y enseñanza brindada.

De manera especial al Ing. MSc. Lucio Manrique de Lara Suarez y al economista Alex Rengifo Rojas, por el asesoramiento del trabajo de investigación.

A mis compañeros Juan Pérez Chávez, Jhony Vargas Espinoza, Rubén Martínez Garagatti, Marvin Guisado Lale, Vladimir Palacios Tutus, Eduardo Ubillus Sernaque, Bil Zegarra Campos, Jaime Villacorta Arévalo, en especial a mi amiga Karin De la Cruz Inuma; a todos ellos por haberme acompañado de todo corazón en este proceso.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA... ..	3
2.1. Origen y evolución del maíz.....	3
2.1.1. Biología del maíz.....	3
2.1.2. Fenología del maíz.....	3
2.1.2. Morfología del maíz	4
2.1.3. Suelo	4
2.1.4. Temperatura.....	5
2.2. Biomasa	5
2.2.1. Dióxido de carbono (CO ₂).....	6
2.2.2. Almacenamiento de carbono	7
2.2.3. Carbono en suelos.	9
2.2.4. Valorización económica de la fijación de carbono.	9
2.3. Cambio climático.	10
2.4. Papel del carbono en el suelo en los diferentes sistemas de uso de tierra.....	11
a. La agrosilvicultura.....	11
b. En el pastoreo	12
c. En los cultivos.....	13
d. La materia orgánica en los suelos.....	14

2.5. Investigaciones realizadas en la amazonía peruana.....	14
2.6. Métodos para estimar la cantidad de carbono existente en los vegetales.....	19
a. Método destructivo o directo.....	20
b. Método alométrico o indirecto.....	20
2.7. Modelo econométrico.	20
2.7.1. Distribucion valor extremo (modelo Gompit).....	21
2.7.2. Predicciones correctas.....	22
2.8. Programa econométrico E-Views.....	22
2.9. Factores físicos.....	22
2.9.1. Temperatura radiante.....	22
2.9.2. Humedad.....	23
2.9.3. Radiación solar.....	23
2.9.4. Textura.....	24
2.9.5. Clase textural.....	25
2.10. Factores químicos.....	26
2.10.1. pH del suelo.....	26
2.10.2. Materia orgánica.....	28
2.10.3. Capacidad de intercambio catiónico (CIC).....	30
2.10.4. Porcentaje de saturación de bases.....	30
2.10.5. Acidez cambiante del suelo.....	31
2.10.6. Disponibilidad de nutrientes.....	32
2.10.6.1. El nitrógeno en el suelo.....	33
2.10.6.2. El fósforo en el suelo.....	34

2.10.6.3. El potasio en el suelo.....	35
2.10.6.4. Calcio y magnesio en el suelo.....	36
2.10.6.5. Aluminio en el suelo.....	37
2.11. Luxómetro.....	37
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
3.1. Lugar de ejecución	38
3.2. Zona climática	38
3.3. Suelo.....	39
3.4. Materiales.....	39
3.5. Equipos	39
3.6. Metodología.....	39
3.6.1. Reconocimiento del terreno.....	39
3.6.2. Delimitación trazado y limpieza del terreno	40
3.6.3. Recolección de las muestras de suelo	40
3.6.4. Siembra de los granos de maíz	40
3.6.5. Control de malezas.....	40
3.6.6. Fertilización foliar.....	40
3.6.7. Control fitosanitario.....	41
3.7. Evaluaciones registradas.....	41
3.7.1. Biomasa herbácea del maíz (BAH).....	41
3.7.2. Cálculo de carbono almacenado.....	42
3.7.3. Determinación del carbono en el suelo.....	43
3.7.4. Cálculo del carbono total del sistema de uso de tierra.....	44

3.7.5. Cálculo de carbono almacenado mediante la ecuación econométrica.....	45
IV. RESULTADOS.....	46
V. DISCUSIÓN.....	51
VI. CONCLUSIONES.....	56
VII. RECOMENDACIONES.....	58
VIII. ABSTRACT.....	59
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
ANEXO	70

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Estadios vegetativos y reproductivos en la planta de maíz.....	4
2. Reservas de carbono en diferentes sistemas de uso de la tierra en Yurimaguas.....	15
3. Reservas de carbono en diferentes sistemas de uso de la tierra en Pucallpa, comunidad de Santa Colonia (t ha ⁻¹).....	16
4. Almacenamiento de carbono en el área de influencia de la carretera Iquitos,Nauta.....	17
5. Niveles de CO ₂ almacenado por los sistemas evaluados.....	18
6. Flujo anual de carbono y dióxido de carbono equivalente	19
7. Relación del rendimiento del almacenaje de carbono en la planta de maíz variedad Marginal 28-T en Tingo María.....	19
8. Tamaño de las partículas del suelo	24
9. Grupos y clases texturales del suelo.....	26
10. Niveles de pH y sus efectos.....	27
11. Niveles de la materia orgánica	29
12. Niveles de la CIC para pH menor de 5.5.....	31
13. Niveles de contenido de nitrógeno.	34
14. Niveles de contenido de fósforo.	35
15. Niveles de contenido de potasio.	36
16. Análisis de suelo del predio "Colina".....	39

17. Carbono total dentro de la biomasa herbácea, en el predio "Colina".....	47
18. Modelo seleccionado que explica el almacenamiento de carbono en las plantas de maíz; modelo Gompit.....	49
19. Proporción de la predicción correcta, según; modelo Gompit.....	50
20. Primera lectura realizado en el predio "Colina".....	77
21. Segunda lectura realizado en el predio "Colina".....	78
22. Tercera lectura realizado en el predio "Colina".....	80
23. Cuarta lectura realizado en el predio "Colina".....	81
24. Cálculos realizados para la biomasa herbácea y carbono almacenado dentro de la biomasa en la planta de maíz con el método de CATIE, 2005.....	83
25. Cálculo Z-Statistic en el modelo de distribución normal.....	84
26. Modelo que explica el almacenamiento de carbono en la plantación de maíz, según Logit.....	87
27. Modelo que explica el almacenamiento de carbono en la plantación de maíz, según Probit.....	88
28. Tabla Excel en el programa econométrico E-Views 7.0, cálculo del promedio en relación del almacenamiento en función a las variables (temperatura, humedad, altura, tallo, dosel y tiempo), de respuesta dicotómica adoptando 0 o 1.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Cuadrante de 1 x 1 m dentro de los 400 m ² para determinar biomasa herbácea y carbono almacenado dentro de la biomasa mediante el método de CATIE, 2005.....	42
2. Biomasa herbácea del maíz, en el predio “Colina”	46
3. Carbono total dentro de la biomasa herbácea, en el predio “Colina”	47
4. Ubicación del área de trabajo.....	71
5. Limpieza del área de trabajo.....	71
6. Vista panorámico del terreno después de la limpieza.....	72
7. Recolección del suelo para análisis físico y químico	72
8. Apertura de los golpes para la siembra de los granos de maíz	73
9. Granos de maíz depositados dentro del golpe	73
10. Planta de maíz en la etapa de germinación.....	74
11. Realizando el control de maleza	74
12. Registro de datos de la radiación solar (luxes).....	75
13. Planta atacada por ninfas de chapulín o saltamontes.....	75
14. Toma de datos bioclimáticos (temperatura y humedad) usando el termohigrómetro.....	76
15. Realizando el corte del plástico para identificar las plantas de maíz.....	76
16. Distribución normal en el modelo Gompit.....	84
17. Distribución del Chi-cuadrado en el modelo Gompit.....	86

RESUMEN

El almacenamiento de carbono en la biomasa de cultivos de maíz a través de la fotosíntesis y la acumulación de materia orgánica en el suelo, pretende aminorar los efectos de las altas concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera a consecuencia del calentamiento global y el cambio climático en la zona. Se determinó el almacenamiento de carbono del maíz (*Zea mays*) valiéndose de la cantidad de biomasa a los cuarenta y dos días de siembra en un sistema agrícola, ubicado en el fundo “Colina” – distrito de José Crespo y Castillo - Aucayacu. Además se comprobó la relación del almacenamiento del carbono probable como variable dependiente no cuantitativa con los parámetros meteorológicos independientes con tres tipos de distribución estadística. Para el sistema se estableció al azar un cuadrante de un metro cuadrado, consiguiendo nueve plantas de diferentes alturas, a fin de estimar la biomasa herbácea por la relación del peso fresco y el peso seco. Indistintamente para el establecimiento de la forma funcional del almacenamiento de carbono, se registró las variables explicativas como el crecimiento de la planta en altura, temperatura, humedad y radiación solar, durante los cuatro estadios vegetativos del maíz (14 días, germinación; 52 días, crecimiento vegetativo; 73 días, floración femenina y 82 días, fecundación del grano). El carbono total en la plantación de maíz fue 35.66 t C ha⁻¹ (100%) originada por la biomasa de 0.86 t C ha⁻¹ (2.41%) y el almacenado en el suelo

de 34.80 t C ha⁻¹ (97.59%). Entre tanto, el modelo Gompit expresa que el almacenamiento de carbono en 240 plantas de maíz es de 0.85% aproximadamente, y según la bondad de ajuste (coeficiente de determinación de McFadden R-squared) explica que el 92.85% las variables independientes son influyentes en el almacenamiento de carbono además de ser estadísticamente muy significativo con probabilidades menor al 5%.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays*) representa uno de los aportes más valiosos a la seguridad alimentaria y junto con el arroz y el trigo son considerados como las tres gramíneas más cultivadas en el mundo. Asimismo, el maíz se adapta a diversas condiciones ambientales relacionadas al clima y suelo, cultivándose desde altitudes que van de 8 hasta los 3.500 msnm, requiriendo temperaturas óptimas de 18 a 30 °C y de por lo menos 700 mm de precipitación bien distribuidas durante el ciclo del cultivo.

Nuestro país cuenta con pocos estudios de cuantificación de biomasa y almacenamiento de carbono en los sistemas agrícolas, sin embargo, el constante cambio de uso de la tierra, es fuente de emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera. Asimismo, con un manejo adecuado, podemos cambiar la dirección de flujos de carbono entre el suelo y la atmósfera.

El trabajo de investigación busca determinar la cantidad de biomasa, así como evaluar los factores físicos que determinarán el almacenamiento de carbono en el cultivo de maíz (*Zea mays*) durante su ciclo de vida en el fundo “Colina” del distrito José Crespo y Castillo – Aucayacu.

Las especies vegetales para su crecimiento requieren de diferentes nutrientes, dentro de ello se encuentra el carbono; desde este contexto se plantea la interrogante ¿En qué medida se determinará la cantidad de biomasa y carbono almacenado evaluando los factores físicos en el cultivo de maíz (*Zea mays*) durante su ciclo de vida?

En base a lo citado se plantea la hipótesis: “Los modelos matemáticos basados en fórmulas y ecuaciones econométricas, permiten determinar la cantidad de biomasa y carbono almacenado en el cultivo de maíz (*Zea mays*) durante su ciclo de vida, favorablemente para el ambiente”.

Objetivos:

- Determinar la cantidad de biomasa y carbono almacenado en el cultivo de maíz (*Zea mays*) durante su ciclo de vida
- Evaluar los factores físicos que determinan el almacenamiento de carbono mediante ecuaciones econométricas en las plantas de maíz (*Zea mays*) durante su ciclo de vida.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen y evolución del maíz

El maíz (*Zea mays*) es una planta nativa del continente americano. Fue considerado como la principal planta alimenticia de los indígenas, cuando Colon descubrió América; todavía en la actualidad es el cultivo más importante de México, América central y países de América del Sur (Perú, Ecuador) (POEHLMAN, 1965).

Pero el origen del maíz ha sido discutido y aun no se ha encontrado una explicación satisfactoria. Evidentemente se ha determinado que alrededor del maíz se desarrollan grandes culturas como la india, la azteca, la maya y la inca (LAFITTE, 1994).

2.1.1. Biología del maíz

El maíz (*Zea mays*) es una especie monoica, que se caracteriza por tener la inflorescencia femenina (mazorca) e inflorescencia masculina (espiga) separados pero en la misma planta (POEHLMAN, 1965).

2.1.2. Fenología del maíz

CEDAF (1998) presenta la siguiente fenología:

Cuadro 1. Estadios vegetativos y reproductivos en la planta de maíz

Estadios vegetativos	Estadios reproductivos
VE emergencia	R1 estigmas visibles
V1 primera hoja	R2 grano acuoso
V2 segunda hoja	R3 grano lechoso
V3 tercer hoja	R4 grano pastoso
.	R5 identificación
.	R6 madurez fisiológica
V (n) enésima hoja	
VT panojamiento	

Fuente: CEDAF (1998)

2.1.3. Morfología del maíz

POEHLMAN (1965) indica las siguientes características:

Reino	: Vegetal
Familia	: Gramíneas
Género	: Zea
Nombre científico	: <i>Zea mays</i>
Nombre común	: Maíz

2.1.4. Suelo

El maíz se adapta a una amplia variedad de suelos donde puede producir buenas cosechas, si se emplean las labranzas adecuadas y técnicas de cultivo apropiadas. En general, los suelos más idóneos para el cultivo del maíz son los de textura media (francos) fértiles, bien drenados, profundos y con elevada capacidad de retención para el agua.

El maíz en general, crece bien en suelos con pH entre 5.5 y 7.8. Fuera de estos límites suele aumentar o disminuir la disponibilidad de ciertos elementos y se produce toxicidad o carencia. Cuando el pH es inferior a 5.5 a menudo hay problemas de toxicidad por aluminio y manganeso, además de carencia de fósforo y magnesio; con un pH superior a 8 o superior a 7 en suelos calcáreos, tiende a presentarse carencia de hierro, manganeso y zinc. Los síntomas en el campo, de un pH inadecuado, en general se asemejan a los problemas de micro nutrientes (MOLINA, E y ROJAS, A. 2005).

2.1.5. Temperatura

El maíz requiere una temperatura de 25 a 30 °C, así como también mucha incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20 °C. El maíz llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8 °C y a partir del 30 °C, pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua. Para la fructificación necesitan temperaturas de 20 a 32 °C (ROJAS, 2011).

2.2. Biomasa

La cuantificación de la biomasa en un ecosistema, es una tarea relativamente compleja, sobre todo en el estrato superior.

La biomasa o masa biológica, es la masa total de los seres vivos presentes en una determinada área en un momento determinado y suele expresarse en toneladas de materia seca por unidad de superficie o de

volumen ($t\ ha^{-1}$) de lo que se deduce que se trata de un concepto útil al proporcionar una orientación sobre la riqueza en materia orgánica que en un determinado momento posee el ecosistema (IPARRÁGUIRE, 2000).

La biomasa es el mejor indicador que nos permite saber con precisión la competencia ejercida de las malezas para con los cultivos o viceversa; la biomasa es el resultado del peso seco que se puede obtener a partir de una población de plantas, malezas, etc. Relacionándose con el crecimiento y desarrollo de las especies (BOLAÑOS, 1998).

La biomasa es el volumen total de la materia orgánica sobre la tierra, la escala de interpretación es arbitraria: vegetación, hectárea, región, país, etc. (Brown, 1997; citado por CALLO, 2000).

Consideramos sus componentes, epigeos e hipogeos, árboles, arbustos, hierba, palmeras arbolillos, lianas, epifitas, etc., y plantas muertas que ofertan madera y mulch (BARBARÁN, 2000).

2.2.1. Dióxido de carbono (CO₂)

Es fundamental en el equilibrio gaseoso, una parte de él se preserva en la atmosfera, en forma de carbonatos; va a dar a los océanos, donde los organismos marinos lo depositan en el fondo del mar y una tercera parte, tomada por los vegetales, es retenida en sus tejidos y parcialmente introducida al suelo donde se fosiliza, una pequeña fracción se agrega también por emisiones volcánicas. El dióxido de carbono es el principal gas de efecto invernadero (GEI) responsable de las dos terceras partes de volúmenes emitidos y calentamiento proporcional (ALVARADO *et al.*, 1999).

Las plantas tienen la capacidad de almacenar el dióxido de carbono de la atmósfera basado en el hecho de que durante la fotosíntesis se fija el carbono, que luego utilizan para generar alimento necesario para su crecimiento, estimándose que una hectárea de plantación absorbe alrededor de 10 t carbono/hectárea/año de la atmósfera dependiendo de las condiciones del lugar (ARÉVALO *et al.*, 2003).

El CO² presente en la atmósfera es absorbido por las plantas, a través del proceso de fotosíntesis (GAYOSO y GUERRA, 2005). Por lo tanto, las plantas juegan un papel muy importante en el ciclo global de carbono.

La captación de dióxido de carbono por los ecosistemas vegetales terrestres constituye un componente importante en el balance global de carbono. A escala mundial se considera que la biosfera terrestre fija cerca de 2'000.000 toneladas/año (UNESA, 2005).

El dióxido de carbono (CO₂) es el GEI que más contribuye al calentamiento global. Una forma de mitigar sus efectos es almacenarlo en dos componentes principales de los ecosistemas terrestres, en la biomasa a través de la fotosíntesis y en el suelo a través de la acumulación de materia orgánica (ÁVILA *et al.*, 2001).

2.2.2. Almacenamiento de carbono

El hecho de que una tonelada de carbono almacenado en algún lugar del mundo, emita impacto en la mitigación del efecto invernadero que cualquier otra tonelada secuestrada en otro punto del planeta, hace que este servicio genere un amplio impacto y un mercado global (FONAM, 2004).

El almacenamiento de carbono es en forma continua en cualquier sistema de uso de la tierra como consecuencia de alguna intervención sobre áreas degradadas o en proceso de degradación (IPARRÁGUIRRE, 2000).

Estas intervenciones pueden ser programadas en manejo de suelos con reforestación, agroforestación o conservación de suelos. Generalmente los estimados de las cantidades fijadas de carbono se expresa en toneladas de carbono por hectárea y año (t/ha/año). Se puede medir en diferentes sistemas de uso de la tierra cuyos antecedentes (tiempo de uso principalmente) son conocidos por los agricultores (LÓPEZ, 1998).

La cantidad de carbono almacenado se relaciona con la capacidad del bosque de mantener una cierta cantidad de biomasa por hectárea, la cual está en función a su heterogeneidad y está determinada por las condiciones del suelo y clima (ARÉVALO *et al.*, 2003).

El almacenamiento de carbono estará controlado por un número de factores como la composición mineral del suelo, su textura, profundidad, densidad aparente y la aireación. La magnitud a la que el nivel potencial del carbono del suelo puede llegar, será controlada por factores limitantes como la producción de biomasa aérea y subterránea, por los efectos directos de temperatura en la producción de biomasa. Los niveles actuales del almacenamiento de carbono en el suelo serán controlados por factores de reducción entre los cuales están las pérdidas directas por erosión, lixiviación y por las causas del manejo de residuos de las cosechas que pueden limitar la cantidad de carbono que entran en el suelo (HERNÁNDEZ, 2001).

2.2.3. Carbono en suelos

Los suelos en los ecosistemas terrestres contienen 2 a 4 veces más carbono en forma de sustancia inerte, la producción neta primaria se encuentra entre 120 y 170 mil millones t/ha⁻¹ de materia seca lo que equivale a 75 mil millones t/ha⁻¹ de carbono, de los suelos de los cuales 2/3 son producidos en ecosistemas terrestres y 1/3 en ecosistemas marinos la misma cantidad de carbono es respirada anualmente y retornada al medio ambiente como dióxido de carbono. Se determinó también que un 1/3, y a veces la mitad o más, de la energía y carbono que se incorpora al bosque, se encuentra en el suelo en forma de hojarasca (Woods y Gallegos, 1970; citados por BARBARÁN, 2000).

Los suelos son el mayor reservorio de carbono del planeta. Su contenido de carbono orgánico es hasta tres veces más que en las plantas. Los factores que aceleran el flujo hacia el suelo de asimilados de carbono en las plantas son: hojarasca con concentraciones altas, asimilados ricos en nutrientes, carbohidratos, aireación, altas temperaturas, textura arenosa, acidez y superficies con poca carga (OADES, 1988).

2.2.4. Valorización económica de la fijación de carbono

La creciente preocupación de la comunidad internacional por los problemas ambientales globales hace vislumbrar que los valores de uso indirecto de los ecosistemas naturales accederán a mercados o cuasi mercados en un futuro próximo. Dentro de estas perspectivas, el mercado del

carbono del protocolo de Kioto y mercados paralelos vienen perfilándose e involucrando tanto a los gobiernos como al sector privado de los países industrializados y en desarrollo (EGUREN, 2004).

El protocolo de Kioto alienta las actividades de reforestación, forestación ofreciendo oportunidades para obtener créditos de emisiones de carbono, el objetivo es que estos créditos puedan luego negociarse entre las distintas partes. El primer periodo de compromiso es el 2008 – 2012 y los países que desean aprovechar las ventajas de estos créditos deberían comenzar a prepararse de inmediato (CATRIONA, 1998).

A partir del protocolo de Kioto esto se conoce como uso de la tierra, así como el segundo periodo de compromiso del protocolo de Kioto tendrá una duración de ocho años iniciándose el 01 de enero del 2013 hasta el 31 de diciembre del 2020 (IPPC, 2000).

Una nueva estrategia para promover instrumentos de política basados en incentivos consiste en determinar e internalizar las externalidades ambientales positivas que generan los sistemas rurales por el manejo de los recursos naturales, tales como disponibilidad del agua, captura de carbono, protección de la biodiversidad y conservación del suelo por parte de los diferentes sectores productivos (ESTRADA y POSNER, 2001).

2.3. Cambio climático

El efecto invernadero es un fenómeno que permite que la atmosfera absorba parte de la radiación solar que es reflejada por la superficie

de la tierra, haciendo posible tener una temperatura adecuada para el mantenimiento de la vida en nuestro planeta (FONAM, 2003).

Esta absorción se produce gracias a los gases de efecto invernadero, que representan menos del 0.1% de la atmosfera total e incluyen al dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), perfluorocarbono (PFC), hidrofluorocarbono (HFC), y hexafluoruro de azufre (SF_6) (FONAM, 2003).

Sin embargo, que a partir de la era industrial y a través de distintas actividades el hombre ha intervenido en la naturaleza, ocasionando que las concentraciones de estos gases en la atmosfera se hayan incrementado hasta transformar un mecanismo natural y esencial para la vida de la tierra, en el problema conocido como cambio climático (FONAM, 2003).

También refiere que aproximadamente 23 mil millones de toneladas de CO_2 son liberadas en la atmosfera anualmente, cerca del 97% de esta cantidad es emitida por los países industrializados, proveniente de la quema de carbón, petróleo y gas para obtener energía; la deforestación es la segunda fuente de emisiones (FONAM, 2003).

2.4. Papel del carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra.

a. La agrosilvicultura.

La agrosilvicultura viene a ser la asociación de árboles con cultivos o pasturas puede representar una alternativa sostenible a la deforestación y a la agricultura de roza, tumba y quema (Winterbottom y Hazlwood, 1987;

Sánchez *et al.*, 1999; Sánchez, 1995; citados por ROBERT, 2002). Esta práctica tiene un gran potencial para el almacenamiento de carbono en tierras de cultivos (Sánchez *et al.*, 1999; citados por ROBERT, 2002).

Schroeder, 1994; citado por ROBERT (2002) llevó a cabo una evaluación del almacenamiento del carbono en diferentes eco regiones. En las áreas tropicales, se pudo obtener un almacenamiento de 21 a 50 t/C/ha⁻¹ en zonas sub húmedas con ciclos de corte de ocho o cinco años en los bosques. En estos cálculos no se incluyó el carbono del suelo, sin embargo; las raíces por si solas podrían incrementar esos valores en 10%.

Se podría mencionar un sistema sostenible desde el punto de vista técnico, ecológico y económico. Sin embargo, por razones sociales y culturales, tal tipo de manejo de la tierra es difícil de promover. Por lo tanto, la agrosilvicultura contribuirá, probablemente en menor grado el almacenamiento de carbono (HERNÁNDEZ, 2001).

Recientemente, encontraron tasas de acumulación potencial de carbono más bajas en los suelos forestales (0.3 a 0.6 t ha⁻¹ año) que en los suelos de praderas. Las enmiendas de suelos con carbonato de calcio o la fertilización incrementan la biomasa, tanto aérea como en el suelo, siempre que no haya otras condiciones limitantes (WINROCK INTERNACIONAL, 1998).

b. En el pastoreo

Se han mencionado las grandes extensiones de las tierras de pastoreo y la importancia de la existencia de carbono. Mientras que el total del

carbono presente en las praderas es menor que en algunos ecosistemas forestales, una parte del carbono contenido en el suelo puede ser mayor. En general, el contenido de carbono de un suelo bajo pasturas es mayor que bajo cultivos (ROBERT, 2002).

El manejo con fuego es otro método utilizado para controlar las especies leñosas, lo que involucra alguna pérdida de carbono hacia la atmósfera si bien la transferencia principal es para el carbono vegetal, el cual puede llegar hasta un 30% del carbono total del suelo. Una de las principales soluciones utilizadas en el manejo de las pasturas es el control del pastoreo, también un mejor manejo del fuego para el control de las especies leñosas. Otras soluciones incluyen el mejoramiento del suelo y la calidad de los pastos (SALGADO, 2010).

Los principales factores limitantes para el crecimiento de las plantas es la deficiencia de nutrientes. La fertilización en bajas dosis puede ser una solución tal vez con fósforo en lugar de nitrógeno. Sin embargo, una mejor fertilización nitrogenada, más ecológica y más sensible, se obtiene mediante la introducción de leguminosas fijadoras de nitrógeno. Todas estas soluciones incrementarán en buena medida la captura de carbono, ya que las pasturas pueden almacenar muy altas cantidades de carbono en forma estable (SUÁREZ, 2002).

c. En los cultivos

El manejo del suelo y de los cultivos, puede mejorar el tiempo de resistencia y almacenamiento del carbono en el suelo, lo cual es una de las consideraciones del protocolo de Kioto (ROBERT, 2002).

Los diferentes tipos de usos de la tierra y de prácticas agronómicas fueron evaluados con respecto a su efecto sobre el almacenamiento y liberación de carbono (DZIB, 2003).

d. 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 (producción) como en sus funciones ambientales entre ellas captura de carbono y calidad del aire. La cantidad, la diversidad y la actividad de la fauna del suelo y de los microorganismos están directamente relacionadas con la materia orgánica (DZIB, 2003).

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 (ROBERT, 2002).

2.5. Investigaciones realizadas en la amazonia peruana.

El Centro Internacional para la Investigación en Agroforestería (ICRAF) determinó en Yurimaguas y Pucallpa, la cantidad de carbono almacenado por la biomasa por los principales sistemas de uso de la tierra. En los Cuadros 2 y 3, se puede apreciar los resultados encontrados (GUZMÁN y ARÉVALO, 2003).

Cuadro 2. Reservas de carbono en diferentes sistemas de uso de la tierra en Yurimaguas

sistema de uso de la tierra	Árbol	Sotobosque	Hojarasca (t ha ⁻¹)	Raíz	Suelo	Total
Forestal						
Bosque de más de 40 años, con ligera extracción de madera	290.00	3.63	3.93	23.95	38.76	360.30
Barbecho						
Bosque secundario (15 años)	184.40	0.82	4.03	3.32	46.54	239.10
Bosque secundario (5 años)	42.10	1.89	2.96	1.66	47.27	95.80
Bosque secundario (3 años)	2.40	1.25	3.44	3.66	43.80	54.60
Cultivos						
Área reciente quemada	46.00	0.00	0.00	48.70	50.36	133.70
Cultivo anual (arroz)	16.80	1.91	2.96	29.30	43.60	89.60
Pastos						
Pastura degradada (30 años) quemada anualmente	0.00	4.83	5.73	1.50	54.50	63.60
Pastura mejorada con <i>B.decumbens</i> (15 años)	0.00	1.76	2.36	0.96	72.60	77.70
Sistema agroforestal						
Plantación de pijuayo (16 años)	0.40	82.69	2.16	7.49	56.10	148.80
Plantación multiextracto <i>Bactris/Cedrelinga/Columbia</i>	57.30	1.25	6.09	2.63	47.03	114.30

Fuente: GUZMAN y AREVALO, 2003.

En general, se puede apreciar la mayor concentración de almacenamiento de carbono en bosque no intervenido o parcialmente intervenidos (foresta) con relación a otros sistemas. Destacan también los

sistemas agroforestales tratados como mejores alternativas en comparación con sistemas de uso de la tierra tradicional como pasturas, cultivos y en algunos casos mejores que algunos barbechos para el almacenamiento de carbono (GUZMÁN y ARÉVALO, 2003).

Cuadro 3. Reservas de carbono en diferentes sistemas de uso de la tierra en Pucallpa, comunidad de Santa Colonia (t ha⁻¹)

Sistema de uso de la tierra	Árbol	Sotobosque	Hojarasca	Raíz	Suelo	Total
	(t ha⁻¹)					
Forestal						
Bosque primario no tocado	160.10	0.83	0.73	2.61	76.81	241.10
Bosque primario extraído de madera	120.30	0.69	1.83	3.48	47.03	173.30
Barbecho						
Bosque secundario (15 años)	121.00	2.21	2.85	1.04	68.33	195.43
Bosque secundario (3 años)	13.20	1.83	5.90	0.28	19.63	40.80
Cultivos						
Área reciente generada	68.33	0.00	0.00	3.27	29.71	101.30
Cultivo anual (arroz)	4.50	1.24	2.12	0.81	22.36	31.00
Cultivo anual (yuca)	0.70	1.75	0.98	0.50	34.16	38.10
Cultivo bianual (plátano)	6.20	8.08	1.99	0.84	39.16	56.20
Pastos						
Pasturas degradada	0.00	2.42	0.68	0.68	35.74	39.50
Sistema agroforestal						
Plantación de 30 años con <i>Hevea</i>	66.60	0.91	6.47	0.35	78.20	152.60
Plantación de palma aceitera	0.00	37.24	4.14	0.71	57.15	99.20

Fuente: GUZMAN y AREVALO, 2003.

En el año 2001 y con apoyo del proyecto BIOFOR, diversos trabajos sobre el almacenamiento de carbono fueron realizados utilizando la

metodología de Brown (1996) citado por HERNÁNDEZ (2001). El objetivo general de ellos fue proporcionar nuevos instrumentos de política a través de estudios de valoración económica. En el Cuadro 4, se muestran algunos de los resultados de la investigación realizada por MALCA (2001) y GUZMÁN y ARÉVALO (2003).

Cuadro 4. Almacenamiento de carbono en el área de influencia de la carretera de Iquitos, Nauta

Tipo de bosque	Tasa de incremento de biomasa (t ha⁻¹ año)	Tasa de almacenamiento de carbono (t ha⁻¹ año)	Tasa de almacenamiento de CO₂ (t ha⁻¹ año)
Sistema agroforestal	10.04	4.82	17.68
Reforestación	12.4	5.95	21.85
Purma enriquecida	17.61	8.45	31.01

Fuente: MALCA, 2001; GUZMAN y AREVALO, 2003

El almacenamiento de carbono que se aprecia en el Cuadro 5, es neta solo en sistemas agroforestales que no tengan fuentes de fuga de GEI. Para el caso de sistemas agrícolas el almacenamiento es mucho menor, los sistemas agrícolas además del pequeñísimo potencial de almacenamiento de carbono, son también fuente de emisiones de otros GEI como el N₂O por el uso de fertilizantes o de CO₂ liberado por la quema de residuos agrícolas, siendo su almacenamiento neto de CO₂ equivalente aún menor (LAPEYRE, 2004).

Cuadro 5. Niveles de CO₂ almacenado por los sistemas evaluados

Sistemas	C (t ha⁻¹)	CO₂ equivalente
Bosque primario	485.30	1779.43
Bosque secundario. 50 años	234.30	859.10
Bosque secundario. 20 años	62.10	227.70
Arroz	1.70	6.23
Maíz	4.40	16.13
Pastos	2.30	8.43
Café - guaba. 4 años	19.30	70.77
Cacao 15 años	47.20	173.07

Fuente: LAPEYRE, 2004.

Los flujos anuales son los que expresan el dinamismo en la acumulación del carbono y es el que la comunidad internacional está considerando para el otorgamiento de créditos por este servicio ambiental. Cabe destacar, que los flujos son un promedio de almacenamiento anual en el tiempo de vida del sistema, dado que el crecimiento de una población vegetal no se realiza de manera uniforme en el tiempo, existiendo un mayor crecimiento en los primeros años (LAPEYRE, 2004).

El flujo anual de almacenamiento de CO₂ equivalente en cada uno de los sistemas, que se observa en el Cuadro 6, es la cantidad que se debe comercializar ambientalmente si se acepta para el segundo periodo de compromiso (2013 - 2020), bajo el protocolo de Kioto, se ha establecido la comercialización a través de los CERs, en los países en desarrollo (LAPEYRE, 2004).

Cuadro 6. Flujo anual de carbono y dióxido de carbono equivalente

Sistemas	C (t ha⁻¹)	C (t ha⁻¹ año)	CO₂ equivalente
Bosque secundario 50 años	234.30	4.69	17.23
Bosque secundario 20 años	62.10	3.10	12.43
Café - guaba 4 años	19.30	4.82	14.92
Cacao 15 años	47.20	3.15	13.31

Fuente: LAPEYRE, 2004.

En el Cuadro 7 observamos los resultados de almacenaje de carbono en las distintas partes de la planta de maíz evaluadas, donde el grano tuvo un mayor almacenaje de carbono, seguido del tallo, seguido de la hoja, seguido de la raíz y por último con la tusa. Siendo el acumulativo en la planta vegetal de 5063.75 Kg ha⁻¹ (MARIÑO, 2011).

Cuadro 7. Relación del rendimiento del almacenaje de carbono en la planta de maíz variedad Marginal 28 – T en Tingo María

Partes de la planta	Kg Ca/ha	%
Raíz	294.36	11.49
Tallo	620.90	23.10
Hoja	370.44	13.78
Tusa	251.47	9.35
Grano	1150.49	42.28

Fuente: MARIÑO, 2011

2.6. Métodos para estimar la cantidad de carbono existente en los Vegetales.

Existen dos métodos para calcular la biomasa y carbono almacenado en los ecosistemas y su elección dependerá de los datos que estén disponibles al momento de realizar la estimación.

a. Método destructivo o directo

HERNÁNDEZ (2001) menciona que este método utiliza datos colectados a partir de las mediciones destructivas de la vegetación en una unidad de superficie determinada. Por su alto costo, generalmente no se aplica.

VALLEJO *et al* (2007) hace referencia que este método incluye mediciones de campo, cosecha y toma de muestras de la totalidad o en un área determinada de la vegetación, es costoso y arroja resultados de alta confiabilidad.

b. Método alométrico o indirecto

HERNÁNDEZ (2001) señala que consiste en medir una parte del individuo para inferir el total. La biomasa aérea se estima usualmente mediante la aplicación del método alométrico a un conjunto de árboles, hierbas, arbustos, malezas, etc., de una parcela.

Muchos autores utilizan los métodos alométricos por ser de fácil medición y además lo utilizan, multiplicado con otras variables o expresando bajo algún tipo de transformación. (OVERMAN *et ál.*, 1994).

2.7. Modelo econométrico

Se da entre dos o más alternativas implicando que la variable dependiente que se va utilizar no es cuantitativa, es decir no tiene un valor concreto, sino que es cualitativa y se codifica mediante dígitos o categorías. (CABRERA *et al.*, 2000).

2.7.1. Distribución valor extremo (modelo Gompit)

(CABRERA *et al.*, 2000) el modelo Valor Extremo relaciona a la variable dicotómica Y_i con las variables explicativas X_{2i}, \dots, X_{ki} a través de la siguiente ecuación:

$$Y_i = e^{-e^{-(\beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki})}} + \alpha_i$$

La forma funcional del modelo se puede escribir como:

$$Y_i = \Omega(X_i \beta) + \mu_i = \Omega(Z_i) + \mu_i$$

Dónde:

Ω : hace referencia a la función de distribución de Gompit.

μ_i : es una variable aleatoria que se distribuye normal $N(Q, \sigma^2)$.

Las variables o características X_i son fijas en el muestreo.

La variable Y_i puede tomar los valores cero o la unidad.

La interpretación del Modelo Valor Extremo se puede efectuar a partir del siguiente hecho: conocidos (dados) los valores de las características X_{ki} se asigna una probabilidad, por ejemplo P_i para la variable Y_i valga la unidad.

$$\text{Prob}(Y_i = 1 / X_i) = P_i$$

2.7.2. Predicciones correctas

La selección de las predicciones correctas que proporcionan las estimaciones obtenidas a través de los modelos, se realiza con la finalidad de saber si el modelo utilizado es el adecuado (CABRERA *et al.*, 2000).

2.8. Programa econométrico E-Views

El programa Econométrico E-Views, versión 7.0. Es un programa preparado para funcionar en un entorno Windows y su manejo es muy sencillo, a partir de distintas ventanas. Sus posibilidades de trabajo y análisis son muy ricas (LILIEN *et al.*, 1997).

El programa E-Views, versión 7.0. Es la versión en entorno MS-Windows del antiguo Micro-TSP (Time Series Analysis) desarrollado por primera vez en 1981. Es uno de los más utilizados dentro del campo de la econometría y su manejo permite la estimación, resolución y uso de modelos econométricos de distinta naturaleza mediante la utilización de una amplia gama de procedimientos (MAHÍA, 2001).

2.9. Factores físicos

2.9.1. Temperatura radiante

La radiación solar absorbida por la atmosfera y el calor emitido por la tierra elevan la temperatura del aire. El calor sensible del aire circundante transfiere energía al cultivo y entonces ejerce un cierto control en la tasa de evapotranspiración. En un día soleado y cálido, la pérdida de agua por evapotranspiración será mayor que en un día nublado y fresco (FAO, 2003).

2.9.2. Humedad

El contenido de agua del aire se puede expresar de diversas maneras. En agrometeorología, la presión de vapor, la temperatura del punto de condensación (punto de rocío) y la humedad relativa son expresiones comunes para indicar la humedad del aire (FAO, 2003).

2.9.3. Radiación solar

La radiación solar real que alcanza la superficie evaporante depende de la turbidez de la atmósfera y de la presencia de nubes que reflejan y absorben cantidades importantes de radiación. Parte de la energía solar se utiliza también para calentar la atmósfera y el suelo (FAO, 2003).

La luz solar que llega a la superficie terrestre sólo la mitad corresponde a la zona del espectro visible y en la agricultura no se obtiene rendimientos tan altos, en términos de materia vegetal producida o de CO₂ consumido por las plantas. De hecho en el campo el rendimiento medio es del 1% y rara vez excede del 2% (SABATER, 1977).

En un día de verano a medio día, no todas las plantas tienen la misma capacidad para aprovechar la luz de mayor intensidad. Esto cuestiona, como es lógico, la supuesta superioridad agrícola de regiones soleadas, si por el hecho de haber más luz no hay más fotosíntesis y si se tiene en cuenta que fotosíntesis equivale a productividad (SABATER, 1977).

La radiación solar es la fuente de energía usada por las plantas en el proceso de fotosíntesis mediante el cual producen materia vegetal creciendo y desarrollándose. Parte de esta materia es el producto que se cosecha del cultivo (sea fruto, hoja, tallo o raíz). Así pues, existe una relación directa entre

la cantidad de radiación solar necesaria que un cultivo ha recibido y la cosecha que podemos obtener de él, si lo cultivamos correctamente (HERNÁNDEZ *et al.*, 2001).

2.9.4. Textura

La textura es una expresión sintética de las características de cada horizonte dependiente del tamaño de las partículas (PORTA *et al.*, 1999).

DOMÍNGUEZ (1990) menciona que la textura determina de algún modo el grado de actividad físico – química del suelo, ya que esta se halla relacionada con la superficie activa del mismo que, a su vez, depende del tamaño de las partículas del suelo.

Cuadro 8. Tamaño de las partículas del suelo

Nombre del componente	Diámetro (mm)
Arena muy gruesa	2.00-1.00
Arena gruesa	1.00-0.50
Arena media	0.50-0.25
Arena fina	0.25-0.10
Arena muy fina	0.10-0.05
Limo	0.05-0.002
Arcilla	menos de 0.002

Fuente: F.A.O. 2003

Las partículas de arenas son las de mayor tamaño y se caracterizan por presentar un tacto suelto. El limo es la partícula de tamaño intermedio, situada entre la arena y la arcilla. La arcilla es la partícula más pequeña. Las combinaciones de arena, limo y arcilla normalmente se describen de las siguientes maneras:

- Textura fina : suelos formados por partículas de arcilla.
- Textura media : suelos de naturaleza limosa.
- Textura gruesa : suelos con un alto contenido de arena.

2.9.5. Clase textural

Se basa en las diferentes combinaciones de arena, limo y arcilla, por consiguiente, éstas combinaciones son casi infinitas. No obstante, se han fijado sólo doce clases texturales básicas, que se encuentran en orden de incremento de fracción fina (GUERRERO, 2000).

Las denominaciones de la clase textural o textura se determina según el peso de cada una de las fracciones expresado en porcentaje, los diferentes porcentajes en que están presentes cada una de las fracciones en el suelo determinan las diferentes clases texturales (BUCKMAN, 1985).

Cuadro 9. Grupos y clases texturales del suelo

Grupos	Clase Textural
Ligeros	Arena Arena Franco
Mediano	Franco Arenoso Franco Franco Limoso Limo
Pesado	Franco Arcilloso Franco Arcillo Limoso Franco Arcillo Arenoso
Muy Pesado	Arcillo Arenoso Arcillo Limoso Arcilloso

Fuente: BUCKMAN 1985.

2.10. Factores químicos

2.10.1. pH del suelo

La reacción del suelo se refiere a las reacciones de acidez y basicidad del mismo; se trata de una propiedad que influye tanto en sus características químicas como físicas, además de tener considerable impacto sobre la vida microbiana de este medio (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987).

Es una característica de la solución suelo condicionada por la concentración de iones H^+ (hidrogeno) y OH^- (oxidrilo). La proporción de iones H^+ a OH^- en la solución suelo determina el grado de acidez o alcalinidad. Si hay mayor concentración de iones H^+ , se dice que la reacción es ácida, pero si hay más iones OH^- , la reacción es alcalina; pero si la concentración de iones H^+ es igual a la de iones OH^- , la reacción es neutra (ZAVALETA, 1992 y NAVARRO, 2003).

FASSBENDER y BORNEMISZA (1987) hace mención que los suelos de áreas tropicales se presentan asociados por lo general con: Un pH bajo; grandes cantidades de hidróxidos de Al y Fe. Pero asociados con un pH bajo, aumentan las cantidades de Al y Fe cambiables, resultando así la precipitación de fosfatos. Además la acidez del suelo indica la existencia de niveles bajos de los cationes principales Ca Mg y K. Existe una relación entre la concentración de aluminio en la solución del suelo y el porcentaje de saturación de este elemento en el mismo suelo, se produce un fuerte aumento del aluminio en la solución cuando las saturaciones en el suelo son superiores al 40%, lo que explica su efecto tóxico. Se ha encontrado que en suelos ácidos, con un pH menor que 5, se produce una acumulación de la materia orgánica, esto se debe a diferentes razones; por un lado el pH incide en el contenido y composición de los microorganismos de los suelos: en condiciones ácidas se

limita la acción bacteriana y de la macroflora y se favorece la reproducción de hongos, lo que da por resultado una menor eficiencia en la mineralización y humificación con la consecuente acumulación de la materia orgánica.

PLASTER (2000) hace mención que las reacciones que fijan el fosfato dependen del pH del suelo. En suelos muy fuertemente ácidos, se forma el fosfato de hierro insoluble, en el rango de 4.0 a 6.5, el fósforo reacciona con el aluminio y existe una posible toxicidad por Al y deficiencia de fósforo.

Cuadro 10. Niveles de pH y sus efectos

pH	Evaluación	Efectos esperados en el intervalo
< 4.5	Extremadamente ácido	Condiciones muy desfavorables.
4.5 – 5.0	Muy fuertemente ácido	Posible toxicidad por Al ³⁺ y exceso de Fe, Mn, Zn, Cu. Deficiencia en Ca, K, N, Mg, Mo, P, S.
5.1 – 5.5	Fuertemente ácido	Suelos sin carbonato cálcico. Actividad bacteriana escasa.
5.6 – 6.0	Medianamente ácido	Adecuado para la mayoría de cultivos.
6.1 – 6.5	Ligeramente ácido	Máxima disponibilidad de nutrientes.
6.6 – 7.3	Neutro	Mínimos efectos tóxicos.
7.4 – 7.8	Medianamente básico	Suelos generalmente con CaCO ₃ .
7.9 – 8.4	Básico	Disminuye la disponibilidad de P y B, Deficiencia creciente de: Co, Cu, Fe, Mn, Zn.
8.5 – 9.0	Ligeramente alcalino	Mayores problemas de clorosis férrica.
9.1 -10.0	Alcalino	Presencia de carbonato sódico.
> 10.0	Fuertemente alcalino	Toxicidad: Na, B. Micronutrientes poco disponibles, excepto el Mo. Actividad microbiana escasa. Movilidad del fosforo como Na ₃ PO ₄ .

Fuente: PORTA, *et al.* (1999).

2.10.2. Materia orgánica

La materia orgánica del suelo representa una acumulación de las plantas parcialmente destruidas y parcialmente resintetizadas, y de los residuos de los animales. Este material está en un activo estado de desintegración, y sujeto al ataque por parte de los microorganismos del suelo. Por consiguiente, es más bien un constituyente transitorio del suelo y debe ser renovado constantemente por la adición de los residuos de las plantas superiores.

El contenido de materia orgánica del suelo es pequeño: solo alrededor del 3 al 5% en peso en el caso de un suelo típico, en su capa superficial. Su influencia sobre las propiedades del suelo y, por tanto, en el crecimiento de las plantas, es, no obstante, mucho mayor que lo que pudiera hacer creer este pequeño contenido (BUCKMAN, 1985).

En la Selva Baja o Selva Tropical, las temperaturas promedios son mayores de 25 °C, los suelos generalmente tienen mayor contenido de arcillas minerales y más arcillas de sesquióxidos amorfos; se cree que las moléculas proteicas son adsorbidas sobre la superficie de las arcillas protegiéndolas de la descomposición, sin embargo las temperaturas mayores a 25 – 28 °C aceleran la descomposición de los residuos vegetales, acusando valores intermedios entre el contenido regional de la costa y de la selva (ZAVALETA, 1992 y PLASTER, 2000).

El contenido de materia orgánica es mayor en los horizontes O que en los A, en estos es mayor, bajo pradera permanente que bajo bosque y, a igualdad de las demás condiciones, el contenido aumenta con la precipitación y

disminuye al aumentar la temperatura. En los suelos mal drenados la velocidad de mineralización es lenta, por lo que presentaran contenidos de materia orgánica mayores que los suelos bien drenados, siendo la formación de turba un caso extremo de lentitud de biodegradación (CEPEDA, 1991).

Entre los factores que tienen incidencia en el contenido de materia orgánica de los suelos de áreas tropicales hay que considerar su relieve, exposición e inclinación. Por un lado estos factores influyen en el microclima y determinan, en parte, el grado de erodabilidad de los suelos. Como efecto de la erosión, las capas superficiales de los suelos de zonas altas se depositan en el fondo de los valles, lo que provoca un aumento de carbono y una disminución en las cimas, laderas de las colinas (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987).

La materia orgánica del suelo amortigua el pH del suelo en los límites entre ligeramente ácido, neutro y alcalino; causado por la adición de enmiendas y/o fertilizantes, además sirve como depósito de elementos químicos para el desarrollo de las plantas. La descomposición de la materia orgánica produce CO_2 , NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} y es fuente de elementos nutritivos para el crecimiento de las plantas, además incrementa la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo; del 20 a 70% de la CIC de muchos suelos se debe a la materia orgánica (BOHN, 1993).

Cuadro 11. Niveles de la materia orgánica

Nivel	Contenido (%)
Bajo o pobre	< 2
Medio	2 – 4
Alto o rico	mayor de 4

Fuente: GUERRERO 1998

2.10.3. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

CEPEDA (1991) define la CIC como la medida de la cantidad de cargas negativas del suelo. El intercambio catiónico es una de las propiedades más importantes del suelo, ya que representa la fertilidad potencial del suelo. Los cationes cambiables influyen en la estructura, en la actividad biológica, en el régimen hídrico y gaseoso, y en los procesos genéticos del suelo y su formación. El intercambio de aniones suele quedar enmascarado por el intercambio catiónico, mucho más extendido en la mayoría de los suelos.

Tres son los factores que determinan la habilidad de los suelos para retener cationes; el tipo y cantidad de arcilla, la cantidad de humus y el pH del suelo. La capacidad de cationes de cambio en los horizontes de los perfiles del suelo varía. La materia orgánica normalmente decrece con incremento en la profundidad (ZVALETA, 1992 y PORTA *et al.*, 1999).

Desde un punto de vista práctico el valor de más utilidad es la CIC efectiva (CICe). Esta se obtiene sumando las bases y el aluminio e hidrogeno cambiable. Este valor refleja mejor las condiciones de intercambio catiónico en suelos ácidos (GOMERO, 1999).

2.10.4. Porcentaje de saturación de bases.

ZVALETA (1992) considera que el 50% de saturación de bases es un nivel crítico, suelos con menos del 50% tienen normalmente una inherente fertilidad baja; necesitan y responden adecuadamente a la aplicación calcáreo para hacerlos productivos.

Cuadro 12. Niveles de la CIC para pH menor de 5.5

Nivel	CIC (Cmol /100gr de suelo)
Bajo	menor de 4
Medio	4 – 30
Alto	mayor de 30

Fuente: Laboratorio de suelos – UNAS

2.10.5. Acidez cambiabile del suelo

La acidez en los suelos afecta las características químicas y biológicas, que reducen el crecimiento de las plantas, tales como la disminución en la disponibilidad de nutrimentos como Ca^{2+} , Mg^{2+} , K y P, y la proliferación de elementos como el Al y Mn que en cantidades altas pueden ser tóxicos para las plantas. MOLINA y ROJAS (2005).

Un factor limitante en los suelos ácidos de la selva, es el alto contenido de aluminio y un bajo pH, por lo que hace indispensable realizar encalados o corrección del pH (OSORIO, 2006).

Los suelos ácidos presentan una baja capacidad de intercambio de cationes, bajo porcentaje de saturación de bases, alta concentración de Al^{3+} intercambiable, baja disponibilidad de P, Ca^{2+} , Mg^{2+} y algunos micro nutrientes que ocasionan toxicidad en las plantas debida al Al y Mn (QUIROZ y GONZALES, 1979).

Los suelos bajo condiciones naturales, presentan una mayor adsorción catiónica que aniónica, ya que las cargas negativas son mucho más abundantes que las positivas esto tiene gran importancia agronómica, puesto

que el complejo adsorbente permita dejar en reserva los cationes esenciales para la nutrición vegetal: K^+ , NH_4^+ , Mg^{+2} , Ca^{+2} y diversos oligoelementos. Si este almacenamiento de reserva no tuviera lugar, las lluvias de invierno podrían originar suelos estériles (NAVARRO, 2003).

2.10.6. Disponibilidad de nutrientes.

Muchos elementos del suelo cambian de forma al producirse reacciones en el mismo. Las plantas pueden ser capaces o no de usar elementos en sus formas cambiadas. Las reacciones están controladas por el pH (PLASTER, 2000). A su vez DOMÍNGUEZ (1990) indica que resulta muy frecuente la existencia de cantidades importantes de elementos nutritivos en el suelo, que sin embargo, no están en disposición de ser absorbidos o asimilados por las plantas por múltiples causas: componentes de partículas minerales o compuestos insolubles precipitados en el suelo, absorbidos o fijados en el complejo de cambio, iones no asimilables.

Los elementos más importantes para el crecimiento son los macronutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) y deberían ser suministrados a las plantas a través de fertilizantes, los mesonutrientes (calcio, magnesio y azufre) y micronutrientes u oligoelementos (hierro, manganeso, boro, zinc, cobre, aluminio y molibdeno) que están generalmente presentes en el suelo en cantidades suficientes y las plantas los necesitan en dosis menores (ZAVALA, 2007).

Por tanto el correcto desarrollo de un cultivo dependerá del contenido nutricional del suelo sobre el que se desarrolla. Pero la cantidad de nutrientes a añadir al suelo, no depende solo del estado químico del suelo sino

también de factores como el clima local, la estructura física, la existencia de cultivos previos y presentes, actividad microbiológica, etc. Por tanto, solo tras una evaluación técnica y económica, es posible elegir la cantidad adecuada de fertilizantes a añadir (ZAVALA, 2007).

2.10.6.1. El nitrógeno en el suelo

El nitrógeno se encuentra en distintas formas en el suelo, aunque es absorbido por las plantas y microorganismos como nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+), puede encontrarse en muy diversos estados de oxidación y reducción.

En cuanto a las pérdidas de nitrógeno en el suelo, cuatro son las grandes formas de salida en los sistemas productivos: lixiviación, volatilización, cosecha y erosión. Un suelo arenoso sometido a altas tasas de fertilización soluble y altas tasas de riego, puede perder hasta un 90% del nitrógeno presente, los suelos francos o arcillosos sometidos a fertilización orgánica y rotaciones con leguminosas, suelen presentar balances positivos de nitrógeno.

La cantidad de nitrógeno disponible para las plantas obedece a un balance entre ganancias y pérdidas. Entre las ganancias de nitrógeno en el suelo se pueden considerar. Las fijaciones (eléctricas, biológicas e industriales); los abonos de origen orgánico (estiércoles) y los residuos de cosecha. Las pérdidas de nitrógeno más significativas son: la extracción por los cultivos, lixiviación, volatilización, desnitrificación y fijación de amonio (NAVARRO, 2003).

Un aspecto muy importante con respecto al comportamiento del nitrógeno en el suelo, es su relación con el pH. Cuando del amonio pasa a

nitrato (nitrificación) se liberan iones H^+ lo que genera acidez en el suelo, por esta razón, la mineralización de la materia orgánica y el suministro de fuentes de nitrógeno amoniacales, incrementa la acidez, si la planta no absorbe el amonio directamente (ZAVALETA, 1992).

Cuadro 13. Niveles de contenido de nitrógeno

Nivel	Nitrógeno (%)
Bajo	menos de 0,1
Medio	0,1- 0,2
Alto	Mayor de 0,2

Fuente: GUERRERO 1998

2.10.6.2. El fósforo en el suelo

El fósforo, luego del nitrógeno, es el macronutriente que en mayor medida limita el rendimiento de los cultivos. Interviene en numerosos procesos bioquímicos a nivel celular y se lo considera un nutriente esencial para las plantas.

La única entrada al sistema proviene del agregado de fertilizantes fosfatados, mientras que las salidas pueden dar por extracción en los granos cosechados, erosión, escurrimiento, lixiviación (de escasa importancia) (NAVARRO, 2003).

El valor del contenido del fósforo total en los suelos de áreas tropicales parece estar ligado al contenido de materia orgánica en ellos, al aumentar la concentración de materia orgánica y fosfatos orgánicos en los suelos se obtiene una mayor cantidad de fósforo total (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987).

Las plantas absorben únicamente el fósforo que está en la solución del suelo en forma de HPO_4^{2-} (ión fosfato monoácido) y H_2PO_4^- (ión fosfato diácido). Cualquier fertilizante ya sea de origen orgánico o mineral debe transformarse primero en esas formas químicas antes de ser utilizado por el cultivo (GOMERO, 1999).

Cuadro 14. Niveles de contenido de fósforo

Nivel	Fósforo (ppm)
Bajo	Menor de 7
Medio	7 a 14
Alto	Mayor a 14

Fuente: GUERRERO 1998

2.10.6.3. El potasio en el suelo

El potasio se halla en la mayoría de los suelos en cantidades relativamente grandes. Su contenido como K_2O varía de 0.5 a 3%, y depende de su textura, la fracción arcillosa es la que presenta un contenido mayor, por lo que los suelos arcillosos y limo - arcillosos son más ricos que los limo-arenosos y arenosos (NAVARRO, 2003).

El potasio es uno de los tres nutrientes minerales que necesitan las plantas en mayor cantidad. Las plantas absorben el potasio que se encuentra en la solución del suelo en forma del catión K^+ . La cantidad de K en la solución del suelo está en función de la liberación del potasio intercambiable, generalmente localizado alrededor de las partículas de arcilla. Los cultivos extraen grandes cantidades de potasio del suelo para su crecimiento y desarrollo y como es de esperarse, la falta de éste elemento, influye negativamente en el rendimiento y calidad del cultivo (GOMERO, 1999).

El abastecimiento de K en el suelo es limitado, aun los suelos que contienen arcillas ricas en este mineral no pueden suplirlo indefinidamente. Es un error creer que en suelos que por naturaleza son ricos en K, adicionar este elemento a los cultivos es innecesario. El potasio extraído por los cultivos debe de regresarse al suelo para no disminuir la fertilidad del mismo; cuando el agricultor saca de la parcela o campo la cosecha, se está llevando consigo el K fuera del sistema agrícola (GOMERO, 1999).

Cuadro 15. Niveles de contenido de potasio

Nivel	Potasio K₂O/ha
Muy Bajo	menos de 300
Bajo	300 – 600
Normal	más de 600

Fuente: GUERRERO 1998

2.10.6.4. Calcio y magnesio en el suelo

El aumento del pH del suelo se debe a que el calcio y el magnesio proveniente de la disolución de los carbonatos, siendo el verdadero responsable de la elevación del pH el carbonato, que al hidrolizarse produce iones hidroxilo, y estos son los que elevan el pH del suelo (CORPOICA, 2003).

El encalado es una práctica muy común usada para mejorar la productividad en los suelos ácidos, reduciéndose el problema de la acidez, neutralizando los iones hidrógenos liberados por la materia orgánica y el aluminio intercambiable. Conforme aumenta el pH, proporciona elementos como el Ca y Mg, si ella es cálcica o dolomítica (CÓLEMAN *et al.*, 1967).

La dolomita incrementa los cationes de Ca^{++} y Mg^{++} , a su vez este incremento de niveles disminuye el potasio extractable, esta influencia se ve reforzada por la acción que ejerce el pH, ya que cuando baja el pH se produce una disminución de potasio extractable. Por ello no podemos recomendar una dosis adecuada para mejorar el contenido de nutrientes y corrección del pH en suelos (OSORIO, 2006).

2.10.6.5. Aluminio en el suelo

Un pH neutro o ligeramente ácido, entre 5 y 7, favorecerá la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes. Los valores altos harán menos disponible algunos nutrientes, entre ellos el fósforo. Un pH muy bajo puede insolubilizar algunos nutrientes y movilizar al aluminio (Al^{3+}).

NAVARRO y NAVARRO (2003) al ir disminuyendo el pH del suelo, aumenta también la solubilidad de los hidróxidos libres de aluminio, originándose Al^{+3} que pasa a la solución del suelo.

2.11. Luxómetro

Un luxómetro también llamado (light meter) medidor de luz, es un instrumento de medición que permite medir simple y rápidamente la iluminancia real y no subjetiva de un ambiente. La unidad de medida es lux. Contiene una célula fotoeléctrica que capta la luz y la convierte en impulsos eléctricos, los cuales son interpretados y representada en un display o aguja con la correspondiente escala de luxes (GARAVITO, 2008).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se realizó en el Fundo “Colina”, ubicado a la margen izquierda del río Huallaga, a 26 km de la ciudad de Aucayacu; políticamente localizada en el distrito José Crespo y Castillo, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco.

Geográficamente la investigación se localiza en las siguientes coordenadas UTM (WGS 84):

Norte : 9 004 073 m

Este : 372 969 m

Altitud : 720 msnm

3.2. Zona climática

De acuerdo a la clasificación de la zona de vida, el clima de este lugar corresponde a un bosque muy húmedo Premontano Tropical (bmh-PT) transición a bosque muy húmedo Tropical (bmh-T) (HOLDRIDGE, 1967).

3.3. Suelo.

El suelo del predio "Colina" presenta una clase textural franco arcillo arenoso, bajo en fertilidad de reacción muy fuertemente ácido. Así mismo presenta una fisiografía de ladera de montaña, con pendiente de 25%

Cuadro 16. Analisis de suelo del predio "Colina"

Análisis mecánico			pH	M.O	N	P	K ₂ O	CAMBIABLES Cmol(+)/Kg							%	%	%		
Arena	Arcilla	Limo	Textura	01:01	%	%	ppm	Kg/ha	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bas.C amb	Ac.Ca mb	Sat.A I
%	%	%	Fr Ar Ao																
53.54	28.61	17.86	Fr Ar Ao	4.08	2.82	0.13	1.94	138.59	0	3.90	0.78	0.00	0.00	2.52	0.86	8.06	58.09	41.91	31.21

FUENTE: Laboratorio de Suelos-UNAS

3.4. Materiales

Wincha, plástico, estacas, plumón indeleble, tijera de podar, bolsa de polietileno, rafia, papel molde, tubo muestreador.

3.5. Equipos

Balanza analítica, GPS, luxómetro, termohigrómetro, balanza de precisión, mufla y estufa.

3.6. Metodología

3.6.1. Reconocimiento del terreno

Mediante un recorrido del predio "Colina", se ubicó un área apropiado para realizar el presente proyecto de investigación.

3.6.2. Delimitación, trazado y limpieza del terreno

Ubicado el lugar se procedió a la limpieza, trazado y marcación del terreno, realizando con una wincha de 50 metros y jalón, las estacas o jalones fueron colocadas cada 5 metros, obteniendo un área de 400 m², para la siembra de los granos de maíz amarillo duro.

3.6.3. Recolección de las muestras de suelo

Actividad realizada con la finalidad de recolectar la muestra de suelo, con un tubo muestrador en forma de zig - zag formando así una muestra compuesta, para su respectivo análisis mecánico y químico en el laboratorio de suelos de la UNAS.

3.6.4. Siembra de los granos de maíz

La siembra, se realizó a un distanciamiento de 50 x 50 cm y tres semillas por golpe, con una profundidad de 5 cm. La misma que fue seleccionada para este fin.

3.6.5. Control de malezas

Las malezas dominantes fueron; arrocillo (*Rottboellia exaltata*) y macorilla (*Pteridium sp*) el deshierbo se hizo en forma manual cada vez que fue necesario, para evitar la competencia.

3.6.6. Fertilización foliar

Se aplicó 4 x 4 supersol, realizando el abonamiento a los 10 y 35 días, supersol es un fertilizante formulado a base de elementos minerales de

alta pureza que son asimilados rápidamente por la planta; teniendo la siguiente composición, fósforo disponible como ($P^{2}O^{5}$) 50%; potasio disponible como ($K^{2}O$) 32% e inerte hasta 100%. Utilizando 20 lt/4 ml.

3.6.7. Control fitosanitario

En la segunda etapa de evaluación se observaron ataques en pequeña escala de ninfas de “chapulín o saltamontes” (*Sphenarium purpurascens*) siendo controladas con Dipterex 80 PS (polvo soluble) grupo químico organofosforado. Utilizando 20 lt/5 gr.

3.7. Evaluaciones registradas

3.7.1. Biomasa herbácea del maíz (BAH)

Se empleó el método directo, en un 1 m², distribuido al azar dentro de la parcela de 20 x 20 m, llevando acabo la evaluación a los 42 días, la planta de maíz se cortó y recolectó obteniendo el peso fresco total (PFT) luego sacando de ella una sub muestra y obtener el peso fresco (PFM) para ser secada en el laboratorio de suelos de la UNAS, en una estufa a 75 °C durante 72 horas obteniendo el peso seco (PSM).

Para la estimación de la biomasa herbácea se utilizó la siguiente fórmula planteada por CATIE (2005).

$$BAH (t ha^{-1}) = ((PSM/PFM) * PFT) * 0.01$$

Dónde:

BAH : Biomasa herbácea, materia seca

PSM : Peso seco (g) de la muestra colectada

PFM : Peso fresco (g) de la muestra colectada (sub-muestra)

PFT : Peso fresco total (g) por metro cuadrado

0,01 : Factor de conversión

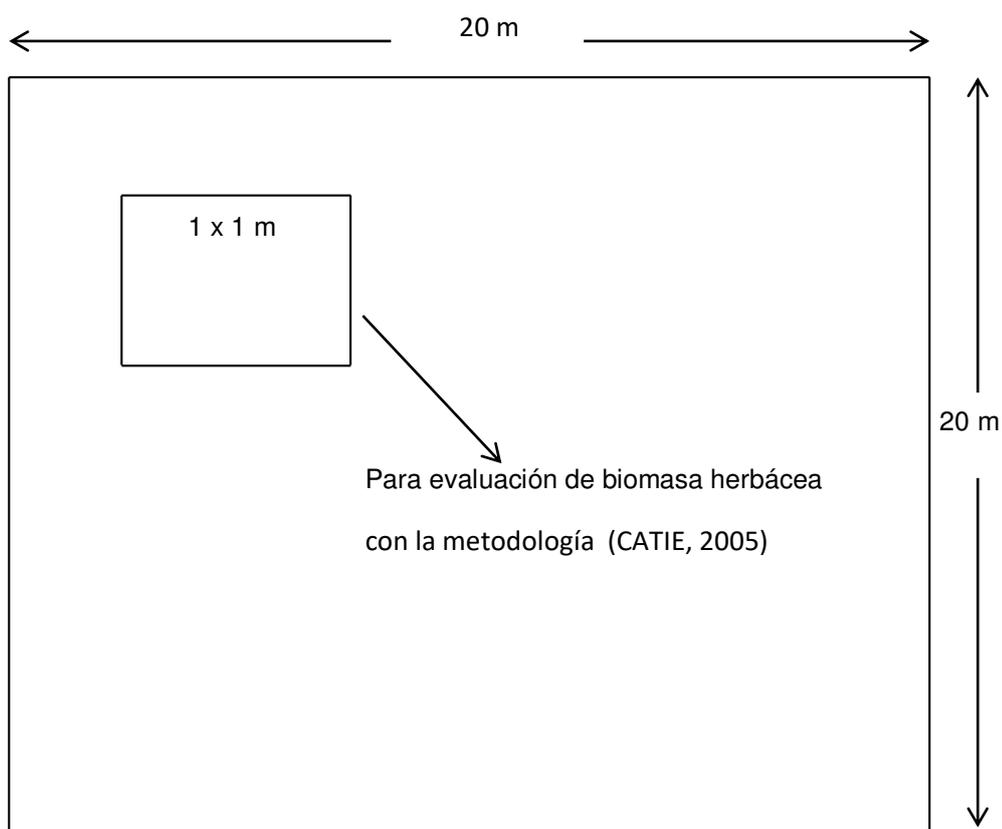


Figura 1. Cuadrante de 1 x 1 m dentro de los 400 m² para determinar biomasa herbácea y carbono almacenado dentro de la biomasa herbácea mediante el método de CATIE, 2005.

3.7.2. Cálculo de carbono almacenado

Para determinar el carbono almacenado dentro de la biomasa herbácea se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{CBH (t ha}^{-1}\text{)} = \text{BAH} \times 0.45$$

Dónde:

CBH = Carbono en la biomasa herbácea

BAH = Biomasa herbácea

0.45 = Constante determinada por convención

3.7.3. Determinación del carbono en el suelo

Parámetro que fue determinado con la finalidad de realizar el cálculo del contenido de carbono en el laboratorio de suelos de la UNAS.

Calculo del % de la materia orgánica

Para determinar el % de M.O., se realizó el cálculo por el método de calcinación, consistió en el peso inicial del crisol, luego el peso del mismo + 1 gr de suelo seco, llevando a la mufla a temperatura de 600 °C por un lapso de 48 horas, de allí proviene la ceniza (peso del crisol + ceniza).

$$\% \text{ MO} = 1 - (W_{\text{c} + \text{suelo seco}} - W_{\text{c} + \text{cenizas}})$$

Dónde:

MO : Materia orgánica

$W_{\text{c} + \text{suelo seco}}$: Peso del crisol + suelo seco (g)

$W_{\text{c} + \text{cenizas}}$: Peso del crisol + cenizas (g)

Cálculo del carbono en el suelo

Posteriormente conocido la cantidad de % de materia orgánica, se procedió al cálculo de carbono en el suelo, utilizando la fórmula que sigue:

$$\text{Carbono suelo (t ha}^{-1}\text{)} = (\text{MO} \cdot 100) / 1.724$$

Dónde:

CS : Carbono en el suelo en t ha⁻¹

MO : Materia orgánica

1.724 : Coeficiente conversión de %C a %M.O

3.7.4. Cálculo del carbono total del sistema de uso de tierra (t ha⁻¹)

Conocidos la cantidad de carbono dentro de la biomasa herbácea (CBH) y la cantidad de carbono total en el suelo (CS), se procedió a determinar el carbono almacenado en el sistema de uso de la tierra, utilizando la siguiente formula:

$$\text{Carbono total (t ha}^{-1}\text{)} = \text{CBH} + \text{CS}$$

Dónde:

CT : Carbono total del sistema de uso de tierra

CBH : Carbono dentro de la biomasa herbácea

CS : Carbono en el suelo

3.7.5. Cálculo de carbono almacenado mediante la ecuación econométrica

Se empleó el método alométrico, actividad que fue realizada en dos fases.

En la fase de campo se realizó evaluaciones a los factores físicos: temperatura y humedad, tomadas por un termohigrometro; radiación solar, tomadas por el luxómetro y tiempo mediante los días; obteniendo 240 plantas de maíz, producto de las cuatro lecturas realizadas, empezando de la primera etapa, germinación (14 días) crecimiento vegetativo (52 días) floración femenina (73 días) y fecundación del grano (82 días) cabe mencionar que 60 plantas se seleccionaba en forma aleatoria para su respectiva evaluación, dejando una identificación que dicha planta ya fue registrada.

En la fase de gabinete todos los datos recopilados fueron ingresados a una tabla Excel (2010) luego se utilizó el programa econométrico E-Views 7.0 (MAHIA, 2001) creando nuestro fichero de trabajo para almacenar los datos importados de la tabla Excel, luego el mismo programa realiza el procedimiento de los cálculos e interpreta los datos para obtener los resultados.

Cabe mencionar que después de la estimación de los parámetros estimados, para obtener los resultados en el programa econométrico E-Views 7.0, se eligió un modelo que mejor explique los resultados, para luego realizar el cálculo de la predicción correcta en la utilización del modelo elegido.

IV. RESULTADOS

4.1. Biomasa herbácea del maíz

A continuación se muestra el resultado obtenido, en la evaluación de la biomasa herbácea en el cultivo de maíz amarillo duro, obteniendo un valor de 1.90 t ha^{-1} (Figura 2).

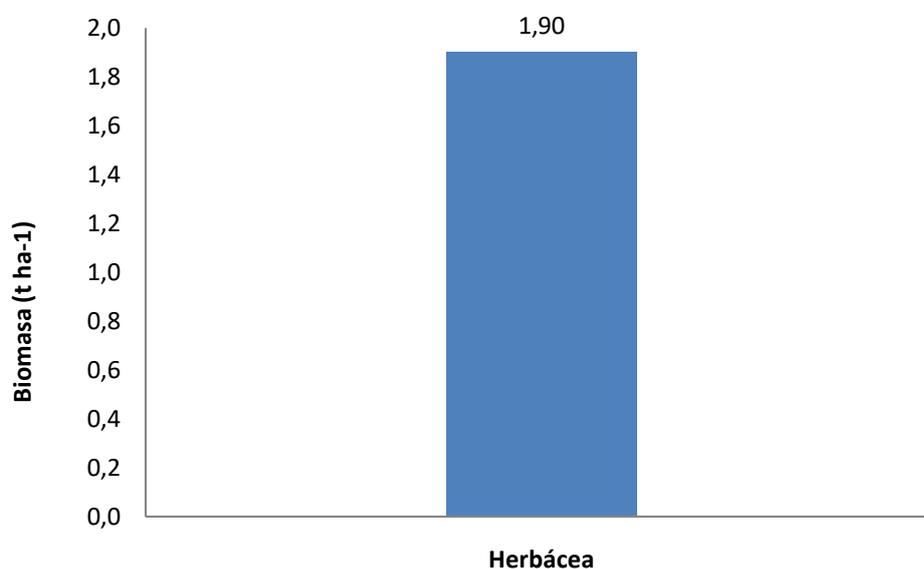


Figura 2. Biomasa herbácea del maíz, en el predio “Colina”

4.2. Carbono total almacenado dentro de la biomasa herbácea del sistema agrícola

A continuación se muestra los resultados obtenidos del almacenamiento de carbono dentro de la biomasa herbácea, obteniéndose

0.86 t C ha⁻¹ y siendo superior el contenido de carbono en el suelo con 34.80 t C ha⁻¹ representados por 2.41 y 97.59% respectivamente. El total de carbono almacenado en el sistema de uso de la tierra es 35.66 t C ha⁻¹ (Cuadro 17 y figura 3).

Cuadro 17. Carbono total dentro de la biomasa herbácea, en el predio “Colina”

	COMPONENTES		Total
	herbácea	Suelo	
Carbono (t ha ⁻¹)	0.86	34.80	35.66
Carbono (%)	2.41	97.59	100.00

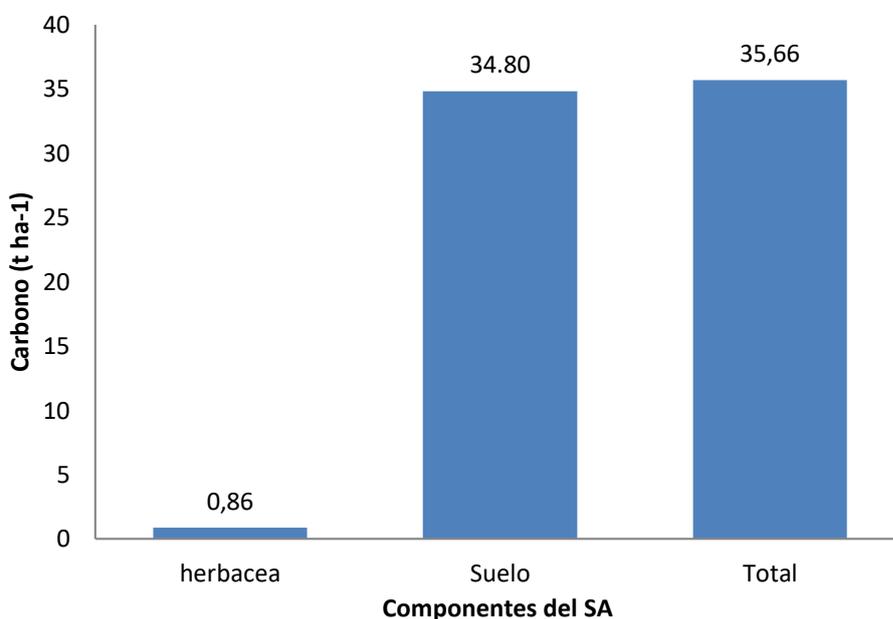


Figura 3. Carbono total dentro de la biomasa herbácea, en el predio “Colina”

4.3. Análisis econométrico

Lo que se muestra es el modelo calculado y predicción correcta, utilizando el programa econométrico E-Views.

4.3.1. Distribución valor extremo (modelo Gompit) en el almacenamiento de carbono del maíz

Para llegar, a éste modelo se comparó tres tipos de distribución que son; normal, logística y valor extremo eligiéndose, distribución valor extremo (modelo Gompit) dado que explica mejor el almacenamiento de carbono en la plantación de maíz (Cuadro 18).

El modelo Gompit, expresa que el almacenamiento de carbono en 240 plantas de maíz, es de 0.85%.

De acuerdo a la bondad de ajuste (Coeficiente de determinación de McFadden R-squared) explica que el 92.85% los factores físicos son influyentes en el almacenamiento de carbono. Además, cada una de las variables es estadísticamente muy significativa porque las probabilidades son menores al 5% y depende de los siguientes factores físicos.

Temperatura; a mayor temperatura entre 27 y 46.1 °C, almacena carbono.

Humedad; un incremento de 1% en un rango de 16 y 76%, almacena carbono.

Radiación solar; un aumento de 1% entre 220 a 1962, disminuye el almacenamiento de carbono.

Tiempo; a un mayor crecimiento vegetativo de la planta de maíz, almacena carbono.

Cuadro 18. Modelo seleccionado que explica el almacenamiento de carbono en las plantas de maíz (modelo Gompit)

Dependent Variable: ALMACENAMIENTO

Method: ML - Binary Extreme Value (Quadratic hill climbing)

Date: 08/06/12 Time: 10:29

Sample: 1 240

Included observations: 240

Convergence achieved after 10 iterations

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-249.7246	87.06663	-2.868200	0.0041
LNTEMPERATURA	46.47811	17.13764	2.712048	0.0067
LNHUMEDAD	25.46774	8.703873	2.926024	0.0034
LRADIACION SOLAR	-16.08857	5.811584	-2.768362	0.0056
LNTIEMPO	34.78788	12.51572	2.779535	0.0054
Mean dependent var	0.570833	S.D. dependent var		0.495992
S.E. of regression	0.130593	Akaike info criterion		0.139313
Sum squared resid	4.007836	Schwarz criterion		0.211827
Log likelihood	-11.71759	Hannan-Quinn criter.		0.168531
Restr. log likelihood	-163.9389	Avg. log likelihood		-0.048823
LR statistic (4 df)	304.4426	McFadden R-squared		0.928525
Probability(LR stat)	0.000000			
Obs with Dep=0	103	Total obs		240
Obs with Dep=1	137			

4.3.2. Proporción de predicciones correctas al utilizar el modelo

Gompit en el almacenamiento de carbono del maíz

La presente prueba es para saber con qué precisión el almacenamiento de carbono está siendo bien explicado por la distribución valor extremo – modelo Gompit, si es mayor al 60%, se dice que es adecuado y caso contrario, no lo es.

Evaluando al 5% de significancia, la predicción es correcta, dado que es del 97.93%, por lo tanto, la información recogida de campo es adecuado.

Cuadro 19. Proporción de la predicción correcta, según; el modelo Gompit

Dependent Variable: ALMACENAMIENTO

Method: ML - Binary Extreme Value (Quadratic hill climbing)

Date: 08/06/12 Time: 10:29

Sample: 1 240

Included observations: 240

Prediction Evaluation (success cutoff C = 0.5)

	Estimated Equation			Constant Probability		
	Dep=0	Dep=1	Total	Dep=0	Dep=1	Total
P(Dep=1)≤C	101	3	104	0	0	0
P(Dep=1)>C	2	134	136	103	137	240
Total	103	137	240	103	137	240
Correct	101	134	235	0	137	137
% Correct	98.06	97.81	97.93	0.00	100.00	57.08
% Incorrect	1.94	2.19	2.08	100.00	0.00	42.92
Total Gain*	98.06	-2.19	40.83			
Percent Gain**	98.06	NA	95.15			

	Estimated Equation			Constant Probability		
	Dep=0	Dep=1	Total	Dep=0	Dep=1	Total
E(# of Dep=0)	99.19	3.84	103.02	44.20	58.80	103.00
E(# of Dep=1)	3.81	133.16	136.98	58.80	78.20	137.00
Total	103.00	137.00	240.00	103.00	137.00	240.00
Correct	99.19	133.16	232.35	44.20	78.20	122.41
% Correct	96.30	97.20	96.81	42.92	57.08	51.00
% Incorrect	3.70	2.80	3.19	57.08	42.92	49.00
Total Gain*	53.38	40.12	45.81			
Percent Gain**	93.52	93.48	93.50			

*Change in "% Correct" from default (constant probability) specification

**Percent of incorrect (default) prediction corrected by equation

V. DISCUSION

5.1. De la biomasa herbácea del maíz

De acuerdo al resultado, la biomasa herbácea acumulada en el maíz amarillo duro (1.90 t ha^{-1}). Esto debido a que la evaluación se realizó a los 42 días de sembrado el maíz (Figura 2).

IPARRÁGUIRRE (2000) indica que la biomasa o masa biológica, es la masa total de los seres vivos presentes en una determinada área en un momento determinado y suele expresarse en toneladas de materia seca por unidad de superficie o de volumen t ha^{-1} ; por su parte BOLAÑOS (1998) manifiesta que la biomasa es el resultado del peso seco que se puede obtener a partir de una población de plantas, malezas; está relacionada con el crecimiento y desarrollo de las especies. BARBARÁN (2000) menciona que los componentes a considerar son, epigeo, hipogeos, árboles, arbustos, hierbas, palmeras, arbolillos, lianas, epifitas, etc., y plantas muertas que oferten madera y mulch. Concordando con los autores porque la biomasa fue determinada a nivel herbáceo (gramínea) empleando el método directo realizando el corte de las plantas de maíz en un área de 1 m^2 ; (HERNÁNDEZ, 2001) aplicando las mediciones destructivas en una unidad de superficie determinada.

5.2. Del carbono total almacenado dentro de la biomasa herbácea del sistema agrícola

Los resultados obtenidos del carbono almacenado dentro de la biomasa herbácea en el sistema agrícola con plantaciones de maíz amarillo duro, se obtuvo 0.86 t C ha^{-1} ; en el suelo $34.80 \text{ t C ha}^{-1}$ y en el total del sistema agrícola $35.66 \text{ t C ha}^{-1}$ como se muestra en el Cuadro 17 y figura 3.

Siendo bajo el contenido de carbono en la planta de maíz, esto debido a que las características físicas, químicas y biológicas del suelo no son aptas para la siembra del maíz amarillo duro, sumándose a ello la época de siembra no fue la apropiada; afectando así la altura, vigorosidad, crecimiento lento de las raíces y el desarrollo uniforme de las plantas, de esta manera reduciendo el aporte de carbono almacenado. LAPEYRE (2004) quien determino 4.40 t C ha^{-1} y menciona que para los sistemas agrícolas el almacenamiento de carbono es mucho menor; así como también MARIÑO (2011) quien determino $5063.75 \text{ Kg ha}^{-1}$ en la ciudad de Tingo María.

Por otro lado los resultados del carbono en el suelo son mayores, esto debido a que los ecosistemas terrestres contienen de 2 a 4 veces más carbono en forma de sustancia inerte, concordando con (Woods y Gallegos, 1970; citados por BARBARÁN, 2000).

(Winterbottom y Hazlwood, 1987); Sánchez *et al.*, (1999); Sánchez (1995) citados por ROBERT (2002) la práctica de la agricultura de roza, tumba

y quema, tiene un gran potencial para el almacenamiento de carbono. Discrepando con el autor, porque no se realizó roza, tumba y quema, antes de sembrar los granos de maíz.

Como efecto de la erosión, las capas superficiales de los suelos disminuyen el almacenamiento de carbono en las cimas o laderas de las colinas. (FASSBENDER y BORNEMISZA, 1987). Concordando con el autor porque el trabajo de investigación se realizó en ladera de una colina.

Estos sistemas pueden ser el bosque primario, áreas quemadas para cultivos anuales o plantaciones, bosques secundarios de diferentes edades, pasturas, sistemas agroforestales, barbechos mejorados, sistemas silvopastoriles, agricultura, etc. La acumulación en todos estos sistemas se denomina el almacenamiento de carbono (IPARRÁGUIRRE, 2000). Así como también (LÓPEZ, 1998) se puede medir en diferentes sistemas de uso de la tierra. Concordando con los autores porque la investigación se realizó en un sistema agrícola.

5.3. Del modelo econométrico, distribución valor extremo (Gompit) en el almacenamiento de carbono del maíz

Lo que se explica, el almacenamiento de carbono en la plantación de maíz amarillo duro, utilizado con el fin de evaluar las características físicas: temperatura, humedad, radiación solar y tiempo. (HERNÁNDEZ, 2001) menciona que consiste en medir una parte del individuo para inferir el total. (OVERMAN *et al.*, 1994) señala que muchos autores utilizan los métodos

alométricas por ser de fácil medición que multiplicando por otras variables se puede expresar algún tipo de transformación. Así como también (CABRERA *et al.*, 2000) el modelo econométrico se da entre dos o más alternativas implicando que la variable dependiente que se va utilizar no es cuantitativa, si no cualitativa. Coincidiendo con los autores, porque la variable independiente ha sido el almacenamiento de carbono y las variables dependientes fueron los factores físicos (temperatura, humedad, radiación solar y tiempo) siendo la investigación cualitativa (Cuadro 18).

FAO (2003) menciona que el calor emitido por la tierra eleva la temperatura del aire y el calor sensible del aire circundante transfiere energía al cultivo. Coincidiendo con el autor porque a mayor temperatura la planta de maíz almacena más carbono.

HERNÁNDEZ *et al.*, (2001) indica que la radiación solar es la fuente usada por las plantas en el proceso de fotosíntesis, existiendo una relación directa entre la cantidad de radiación solar necesaria que un cultivo ha recibido y la cosecha que podemos obtener de él; así como también SABATER (1997); señala que en un día soleado a medio día, no todas las plantas tienen la capacidad para aprovechar la luz de mayor intensidad y en la agricultura no se obtiene rendimientos tan altos en términos de materia vegetal producida o de CO₂ consumido por las plantas y la pérdida de agua por evapotranspiración será mayor que en un día nublado y fresco (FAO, 2003). Concordando con los autores porque en un aumento al 1% la radiación solar que alcanzo a la planta de maíz, genero una disminución en el almacenamiento de carbono, esto

debido; que el cultivo del maíz es de ciclo corto, realizándose las lecturas en días soleados encontrando radiaciones elevadas.

ARÉVALO *et al.*, (2003); puntualiza que la cantidad de biomasa y por ende el almacenamiento de carbono está en función a su heterogeneidad, condiciones del suelo y clima; HERNÁNDEZ (2001) el almacenamiento de carbono estará controlado por un numero de factores como la composición mineral del suelo, textura, profundidad, densidad aparente y aireación; así como también (MOLINA, E Y ROJAS, A. 2005) menciona que los suelos idóneos para el cultivo de maíz son los de textura media (francos); coincidiendo con los autores, en los análisis de suelos obtenidos se tiene una textura Franco arcilloso arenoso (Fr Ao Ar); medio en materia orgánica, medio en nitrógeno, bajo en fosforo y muy bajo en potasio, esto debido a que los suelos del sistema agrícola evaluado son bajos en fertilidad de reacción muy fuertemente acido (pH = 4.08) así mismo el área de trabajo tiene antecedentes de la práctica del monocultivo de la coca; impulsadas desde la década de los años de 1960 y están en proceso de recuperación.

5.4. De la predicción correcta utilizando el modelo (Gompit) en el almacenamiento de carbono del maíz.

De acuerdo a los resultados del modelo Gompit, lo que se muestra es la predicción, que explica la utilización correcta del mencionado modelo. CABRERA *et al.*, 2000. Menciona que la selección de predicciones correctas se realiza con la finalidad de saber si el modelo elegido es el adecuado. Concordando con el autor porque el modelo utilizado es el correcto (Cuadro 19).

VI. CONCLUSIONES

1. La biomasa herbácea en la planta de maíz amarillo duro es 1.90 t ha^{-1} .
2. El carbono almacenado dentro de la biomasa herbácea fue; 0.86 t C ha^{-1} , suelo $34.80 \text{ t C ha}^{-1}$, el total de carbono almacenado en el sistema agrícola de $35.66 \text{ t C ha}^{-1}$. Representados por 2.41 y 97.59% respectivamente.
3. El modelo Gompit expresa que el almacenamiento de carbono en 240 plantas de maíz, es de 0.85%. De acuerdo a la bondad de ajuste (Coeficiente de determinación de McFadden R-squared) explica que el 92.85%, las variables independientes son influyentes en el almacenamiento de carbono y depende de los siguientes factores físicos (temperatura, humedad, radiación solar y tiempo). Además cada una de las variables es estadísticamente muy significativa porque las probabilidades son menores al 5%.
4. La predicción correcta utilizada en la distribución valor extremo modelo (Gompit) explica la utilización correcta del mencionado modelo.
5. De acuerdo a los resultados de análisis de suelos realizados en el laboratorio de la UNAS, los suelos del fundo "Colina" presentan una clase textural Fr Ar Ao (franco arcillo arenoso) nivel medio en materia orgánica de

2.82%; medio en nitrógeno de 0.13%; bajo en fósforo 1.94 ppm y muy bajo en potasio 138.9 Kg/ha, teniendo un suelo con baja fertilidad de reacción muy fuertemente ácido (pH = 4.08).

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar investigaciones sobre biomasa y almacenamiento de carbono en el cultivo de maíz y en otros cultivos de producción agrícola, utilizando modelos matemáticos para su cuantificación y así mitigar al problema del calentamiento global.

**CARBON STORAGE IN MAIZE (*Zea mays*) DURING ITS LIFE CYCLE IN
THE DISTRICT JOSE CRESPO Y CASTILLO - AUCAYACU**

VIII. ABSTRACT

Carbon storage in biomass of maize crops through photosynthesis and the accumulation of organic matter in the soil, intended to lessen the effects of high concentrations of carbon dioxide in the atmosphere as a result of global warming and climate change in the area. Carbon storage of maize (*Zea mays*) was determined using the amount of biomass at forty-two days of planting in an agricultural system, located in the Ranch "Hill" - district José Crespo y Castillo - Aucayacu. In addition the ratio of carbon storage as likely quantitative dependent variable with independent meteorological parameters with three types of statistical distribution was tested. System for area of 1m x 1m was set at random, obtaining nine plants of different heights, in order to estimate herbaceous biomass by the ratio of fresh weight and dry weight. Either to establish the functional form of carbon storage, the explanatory variables as the growth of the plant height, temperature, humidity and solar radiation was recorded during the four vegetative stages of corn (14 days, germination; 52 days, vegetative growth; 73 days; female flowering and 82 days, grain fertilization). The total carbon in the maize field was 35.66 t C ha⁻¹ (100%) caused by the biomass of 0.86 t C ha⁻¹ (2.41%) and stored in the soil of 34.80 t

C ha⁻¹ (97.59%). Meanwhile, Gompit model states that carbon storage in 240 maize plants is about 0.85%, according to the goodness of fit (coefficient of determination R-squared McFadden) explains 92.85% of the independent variables are influential in carbon storage and also statistically significant with probability less than 5%.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARADO, J.; LÓPEZ, D. y MEDINA, B. 1999. Cuantificación estimada del dióxido de carbono fijado por el agroecosistema café en Guatemala. Boletín PROMECAFE. 14p.

ARÉVALO, L.; ALEGRE, J. y PALM, CH. 2003. Manual de reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra en Perú. Publicación de STC – CGIAR Ministerio de Agricultura. Ed. Miguel Álvarez. Pucallpa – Perú. 24 p.

ÁVILA, G; JIMÉNEZ, F; BEER, J; GÓMEZ, M; IBRAHIM, M. 2001. Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. Agroforestería en las Américas 8(30): 32-35 p.

BARBARÁN, J. 2000. Cuantificación de biomasa y carbono en los principales sistemas de uso del suelo en campo Verde - Pucallpa. Perú. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de Ucayali. 66 p.

BROWN, S. 1997. Estimating biomass and change of tropical forest. FAO, forestrypaper 134. Roma, Italia. 55 p.

BOLAÑOS, T. 1998. Estudio de siete leguminosas de cobertura en socio con el cultivo de pitahaya. 73 p.

- BOHN H.1993. Química de suelos. Editorial Limusa. México.
- BUCKMAN, H.1985.Naturaleza y Propiedades de los Suelos. Editorial Hispano Americano UTEHA. México. DF México. 509 p.
- CABRERA, B., SANCHO, A., SERRANO, G. 2000. Microeconometria y decisión. Universidad de Valencia. Ediciones Pirámide. 257 p.
- CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA (CATIE). 2005. Modelos alometricas para estimar la biomasa de los bosques secundarios municipalidad de San Carlos, Nicaragua. Proyecto cambio de uso de la tierra y flujos de carbono para Centroamérica. CATIE – Universidad de Helsinki (Finlandia). En preparación. 150 p.
- CENTRO PARA EL DESARROLLO AGROPECUARIO Y FORESTAL (CEDAF) 1998. Cultivo de maíz – Guía técnica N 33. Primera Edición. República Dominicana. 41 p.
- CALLO, D. 2000. Cuantificación del carbono secuestrado por algunos SAF's y testigos, en tres pisos ecológicos de la Amazonia del Perú. Chapingo, México. Tesis Msc. Maestría en Agroforesteria para el desarrollo sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. 72p.
- CATRIONA, P. 1998. Actualidad forestal tropical. Organización Internacional de las maderas tropicales. Boletín 6:(4). 32 p.
- CEPEDA, J. 1991. Química de Suelos. 2 Ed. México. Editorial Trillas S.A. 167 p.

CÓLEMAN N. T, and THOMAS, G.W. 1967. La química básica del suelo ácido. Revista agronómica. [En línea]: (<http://soil.scijournals.org/cgi/content/full/71/3/1038> No 12:1-41. 20 Julio 2010).

CORPOICA, M. V. 2005. Efectos de la aplicación de cal dolomítica y yeso agrícola en cafetales (*Coffea arabica*) afectados con mal de viñas en Guatemala. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. Costa Rica.

DOMÍNGUEZ, A. 1990. El abonado de los cultivos. Edit. Mundi. Prensa. Madrid – España. 182 p.

DZIB, B. 2003. Manejo, secuestro de carbono e ingresos de tres especies forestales de sombra en cafetales de tres regiones contrastantes de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 120 p.

EGUREN, L. 2004. El mercado de carbono en América Latina

FASSBENDER, H., BORNEMISZA, E. 1987. Química de Suelos con Énfasis en Suelos de América Latina. 2 ed. Editorial IICA. San José – Costa Rica. 420 p.

FONDO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE. 2004. Secuestro de carbono. Fondo Nacional del Ambiente – Perú. [En línea]: FONAM, <http://www.fonamperu.org/general/cambio.as>.

FONDO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE. 2003. Cambio climático. [En línea]: FONAM. <http://www.fonamperu.org/general/cambio.as>. dictos. 15 marzo 2003.

- GARAVITO, J. 2008. Iluminancia. Escuela colombiana de ingeniería. [En línea]:<http://copernico.escuelaing.edu.co/lpinilla/www/protocols/HYSI/PROTOCOLO%20DE%20ILUMINACION%202008-1.pdf>.
- GAYOSO, J; GUERRA, J. 2005. Contenido de carbono en la biomasa aérea de bosques nativos en Chile. *Bosque*. 26(2): 33 – 38.
- GOMERO, O. 1999. Manejo ecológico de suelos; conceptos, experiencias y técnica. Lima, Perú.
- GUERRERO, 2000. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Edit. Aedos. S.A. España.
- GUERRERO, J. 1998. Interpretación de Análisis de Suelos y recomendaciones. [En línea]: Camiseta <http://www.gtcicamisea.com.pe/webantiguo/archivos/dgaam/publicaciones/cursocierreminas/02Tecnico/08VegetacionB3n/TecReVegL1AnC3AnalisisdeSuelos.pdf>. Documentos Abril 1998.
- GUZMÁN, W. y ARÉVALO, L. 2003. Servicios ambientales de almacenamiento de carbono activo para el desarrollo en la Amazonia Peruana: Avances y retos. *In*. Seminario Permanente de Investigación Agraria. (10, 2003. Pucallpa, Perú). 16 paginas.
- HERNÁNDEZ, L. 2001. Densidad de biomasa aérea en bosques extensos del neotropico. México. 28 p.
- HERNÁNDEZ, J., ESCOBAR, I., CASTILLA, N., 2001. La radiación solar en invernaderos mediterráneos. Edita. Caja rural de Granada. [En línea] www.e-ruralgranada.com.

- HOLDRIDGE, L. 1967. Sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge. [En línea] <http://galeon.com/charlaset/holdridge.pdf>.
- IPARRÁGUIRRE, L. 2000. Ecología. Universidad Nacional Federico Villareal. Lima, Perú. 150 p.
- PANEL INTERGOBERNAMENTAL SOBRE EL CAMBIO CLIMATICO. (IPCC). 2000. Cambio climático. Uso de la tierra. Uso del suelo y la Silvicultura. Reino Unido. 337 p.
- LAPEYRE, T. 2004. Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín. Tesis Mg. Sc. Gestión ambiental con campo complementario en bosques y gestión de recursos forestales. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú. 110 p.
- LAFITTE, H. R. 1994. Identificación de problemas en la producción de maíz Tropical. Guía de campo. México. D.F. 122 p.
- LILIEN *et al.*, 1997. E-Views user's guide, Quantitative micro software. Irvine. California.
- LÓPEZ, A. 1998. Aporte de los sistemas Silvopastoriles al secuestro de carbono en el suelo. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba. Costa Rica. 50 p.
- LÓPEZ, M., DE KONING. F., PAREDES, H., BENITEZ, P. 2002. Estimación de carbono en biomasa de bosques secundarios y plantaciones forestales en el Noroccidente de Ecuador. Quito – Ecuador. 36 p.
- MALCA, J.P. 2001. Carbono en sistemas agroforestales. Estudio de cuantificación de carbono en Costa Rica. 102 p.

- MAHÍA, R. 2001. Guía de manejo del programa E-Views 3.0. [En línea]: http://www.uam.es/personal_pdi/economicas/jmalonso/MANUAL_1guia_eviewsc1.pdf. 18 p.
- MARIÑO, P. Y. 2011. Determinación del almacenamiento de carbono en el crecimiento y desarrollo del cultivo de Maíz (*Zea mays*) en Tingo María. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 32 p.
- MOLINA, E y ROJAS, A. 2005. Efecto del encalado en el cultivo de naranja valencia en la zona norte de Costa Rica. [En línea]: MAG, (<http://www.mag.go.cr/revagr/inicio.pdf>, 20 Julio. 2010).
- NAVARRO, S., NAVARRO, G. 2003. Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales en la vida vegetal. 2 ed. Edit. Aedos, S.A. Barcelona - España. 487 p.
- OADES, J. 1988. The retention of organic matter in soils. Biogeochemistry. 5(1): 35-70 p.
- OSORIO, C. 2006. Efecto de la roca fosfórica, dolomita y cal sobre el pH, la acidez cambiante, el contenido de fósforo, potasio, calcio y magnesio en un suelo muy ácido de Satipo. Instituto de Investigación Facultad de Ciencias Agrarias Satipo. [En línea]: UNCP, [http://Www.Uncp.Edu.Pe/Ci/Proyectos/Trabajos/Satipo-Efecto de la roca fosfórica dolomita y cal.pdf](http://Www.Uncp.Edu.Pe/Ci/Proyectos/Trabajos/Satipo-Efecto_de_la_roca_fosfórica_dolomita_y_cal.pdf). 01 Agosto. 2010.
- OVERMAN, J; WITTE, H; SALDARRIAGA, J. 1994. Evaluation of regression models for above-ground biomass determination in Amazon rainforest. Journal of Tropical Ecology. 218 – 297 p.

- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). 1990. Evapotranspiración del cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma. 1 – 277 p.
- PICCINI, D. 1983. Manual de prácticas de fertilidad de suelos. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- POEHLMAN, J. M. 1965. Mejoramiento genético de las cosechas de maíz. México. Limosa wiley. 263 – 300 p.
- PLASTER, E. 2000. La Ciencia del Suelo y su manejo. Traducido por Patricia Scott. Edit. THOMSON. España. 419 p.
- PORTA, J. LÓPEZ ACEVEDO, M. ROQUERO, C. 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 2 ed. Mundi Prensa. España. 849 p.
- ROBERT, M. 2002. Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. [En línea]: FAO. <http://www.fao.org/DOCREP/005/Y2779s00.htmContents>; dots. Noviembre 2006.
- SABATER, F. 1977. La luz como factor ambiental para las plantas. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad de Murcia. 1-24 p.
- SALGADO, J. 2010. Servicios de los ecosistemas forestales. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. Informe técnico N° 331 - 37 p.

- SÁNCHEZ, S.R. J. 2008. Precipitaciones. Universidad de Salamanca. España. [En línea]: <http://hidrologia.usa/.es>.
- SUÁREZ, D. 2002. Cuantificación Económica del servicio ambiental almacenamiento de carbono en sistema agroforestales de café en la Comarca Yasicc sur, Matagalea, Nicaragua. Tesis Mg. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 17 p.
- UNESA (2005). RIVERO, P., LEÓN, G., EICHHAMER, W., GAZQUEZ, J., GÓNZALEZ, J., FERRANDO, G., CISNEROS, P., PÉREZ, D., Forestación y Reforestación. Sumideros de Carbono. En: Metodologías para la Implementación de los Mecanismos flexibles de Kyoto – Mecanismo de Desarrollo Limpio en Latinoamérica. Capítulo 8.
- QUIROZ, S. GONZÁLEZ, M. 1979. Neutralización del aluminio intercambiable y aprovechamiento del fósforo en tres suelos de Costa Rica. *Agronomía Costarricense (C. R.)* 3(2):137149.
- VALLEJO, A; RODRÍGUEZ, P; MARTÍNEZ, C; HERNÁNDEZ, P; DE JONG, B. 2007. Guía para el diseño de proyectos MDL forestal y de bioenergía. CATIE, Turrialba, CR. 253 p.
- VOGEL, A. 1960. Química Analítica Cuantitativa. Ed. KAPELUSZ. Buenos Aires. 44 p.
- WINROCK INTERNACIONAL. 1998. Secuestro de carbono y el proyecto de café sostenible en Guatemala. Ed. Márquez. Fundación solar. 40 p.
- ZAVALA, W 2007. Interpretación y cálculos de fertilizantes. Universidad Nacional Agraria de la Selva.

ZAVALETA, A. 1992. Edafología. El suelo en relación con la Producción. Consejo Nacional de Concentración y Tecnología. CONCYTEC. Lima - Perú. 223 p.

ANEXO

Anexo 1. Panel fotográfico



Figura 4. Ubicación del área de trabajo



Figura 5. Limpieza del área de trabajo



Figura 6. Vista panorámico del terreno después de la limpieza



Figura 7. Recolección del suelo para análisis físico y químico



Figura 8. Apertura de los golpes para la siembra de los granos de maíz



Figura 9. Granos de maíz depositados dentro del golpe



Figura 10. Planta de maíz en la etapa de germinación



Figura 11. Realizando el control de maleza



Figura 12. Registro de datos de la radiación solar



Figura 13. Planta atacada por ninfas de chapulín o saltamontes



Figura 14. Toma de datos bioclimáticos (temperatura y humedad) usando el termohigrometro.



Figura 15. Realizando el corte del plástico para identificar las plantas de maíz.

Anexo 2. Lecturas y cálculos realizados

Cuadro 20. Primera lectura realizada en el predio "Colina"

Nº de plantas	Hora	Temperatura (°C)		Humedad (%)		Intensidad luminosa (luxes)		Altura (cm)
		Max	Min	Max	Min	Tallo	Dosel	
38	10:00	34.2	31.5	48	30	902	1018	2
41	10:07	34.2	31.5	48	30	1012	1031	2.3
30	10:10	34.2	31.5	48	30	1114	1214	2
18	10:14	34.2	31	48	30	909	989	21
46	10:17	34.2	31	48	30	1000	1068	3
44	10:19	34.2	31	48	30	1018	1036	1.9
47	10:28	34.2	31	48	30	980	990	1.7
7	10:31	39.9	31	44.8	31.5	961	1000	2.2
48	10:35	39	35.9	42	34	989	1017	2
19	10:38	39	35.9	42	34	957	1115	2.2
35	10:41	39	35.5	42	34	900	1120	2.1
2	10:45	39	35.4	42	34	999	1139	3.1
40	10:48	39	35.2	42	34	1010	1237	2.6
1	10:51	39	36	42	34	1111	1348	1.9
25	10:55	39	36	42	32	1122	1378	1.4
21	10:57	39	36	42	32	1238	1423	2.1
16	11:00	39	36	42	33	1291	1458	2.5
17	11:04	39	36	42	33	1124	1418	2.3
36	11:07	39	36	42	33	1118	1432	1.9
45	11:09	39	36	42	33	968	1010	1
11	11:12	39	36	42	33	1201	1322	1.9
37	11:15	39	36	42	34	1135	1375	0.8
28	11:18	39	36	42	34	1132	1248	1.5
39	11:21	39	36	42	34	1020	1336	2.2
4	11:25	39	36	42	34	1008	1384	2.4
43	11:27	39	36	42	34	1218	1418	1.6
8	11:30	40	38	44	34	1225	1346	1.6
59	11:34	40	38	44	36.8	1218	1389	1.9
29	11:37	40	38	44	36.8	1305	1418	0.8
15	11:39	40	38	44	36.8	1258	1425	2.4
53	11:41	41.3	39.6	49	36.8	1311	1478	2.2
34	11:45	41.3	39.6	49	36.8	1349	1512	1.8
3	11:48	41.3	39.6	49	36.8	1050	1215	1.5
58	11:51	41.3	39.6	49	38.1	1048	1236	1.7
31	11:54	41.3	39.6	49	38.1	1342	1543	1.5
33	11:58	41.3	39.6	49	38.1	1008	1209	2.1
55	12:01	41.3	39.6	52.5	38.1	1353	1519	2
56	12:05	41.3	39.6	52.5	38.5	1452	1525	1.9

60	12:08	41.3	39.6	52.5	38.5	1412	1513	2.4
52	12:12	41.3	39.6	59	38.5	1401	1503	1.7
13	12:15	37.6	33.6	59	39	1114	1403	2.1
20	12:17	42.2	33.6	59	33	802	948	2.6
32	12:20	46	33.6	59	30	1286	1462	2
22	12:24	45.6	33.6	44.6	44.1	1124	1181	0.8
10	12:28	45.6	42.9	37	22	1378	1385	2.4
57	12:32	45.6	42.5	39	22	1366	1403	2.6
5	12:36	45.6	41.4	39	22	1434	1404	2.3
9	12:37	45.6	41.2	40	22	1272	1430	1.6
49	12:40	45.6	40.3	43	22	1291	1429	3.1
14	12:42	45.6	40.3	43	22	1180	1418	1.4
23	12:45	45.6	40.3	43	20	1350	1443	1
51	12:49	45.6	40.3	43	19	1409	1462	2.3
26	12:53	45.6	40.3	43	19	1332	1419	1.9
6	12:56	45.6	40.3	43	19	1347	1370	1.9
54	01:01	45.6	40.3	43	19	1178	1306	2.3
12	01:03	45.6	40.3	43	19	1305	1160	1.4
50	01:08	45.6	40.3	43	19	1000	1042	2.4
42	01:12	45.6	40.3	43	19	822	701	1.6
27	01:16	45.6	40.3	43	19	1030	830	3.1
24	01:19	45.6	40.3	47	19	1280	1310	2.4

Cuadro 21. Segunda lectura realizada en el predio "Colina"

Nº de plantas	Hora	Temperatura (°C)		Humedad (%)		Intensidad luminosa (luxes)		Altura (cm)
		Max.	Min	Max	Min	Tallo	Dosel	
65	12:20	31.9	31	60	55	1430	1446	55
84	12:23	33.6	31	66	50	1387	1392	45
118	12:25	34.5	31	60	47	1402	1512	48
104	12:28	35.4	31	60	43	1432	1453	50
83	12:31	44.1	31	60	27	1351	1401	54
66	12:33	44.1	31	60	27	1298	1336	48
61	12:35	44.1	31	60	23	1293	1335	56
103	12:38	44.1	31	60	23	1040	1049	60
85	12:40	44.1	31	60	23	1070	1293	42
82	12:43	44.1	31	60	23	1236	1278	61
102	12:45	44.1	31	60	23	1091	1208	49
101	12:47	44.1	31	60	23	1216	1223	43
62	12:49	44.1	31	60	23	1203	1236	47
86	12:51	44.1	31	60	23	1173	1181	38
81	12:53	44.1	31	60	23	1206	1207	55
70	12:55	44.1	31	60	23	1217	1210	53

117	12:57	44.1	31	60	23	1207	1227	49
100	01:00	44.1	31	60	23	1106	1178	41
63	01:05	44.1	31	60	23	1195	1258	48
87	01:09	44.1	31	60	23	1251	1256	52
80	01:13	44.1	31	60	23	1272	1274	44
99	01:16	44.1	31	60	23	1186	1194	60
116	01:20	44.1	31	60	23	1204	1213	59
71	01:24	44.1	31	60	23	1225	1237	45
79	01:28	44.1	31	60	23	1242	1252	64
88	01:32	44.1	31	60	23	1203	1209	43
64	01:37	44.1	31	60	23	1200	1216	52
69	01:41	45.3	31	60	22	1148	1221	60
98	01:46	45.3	31	60	22	1254	1293	57
89	01:50	45.3	31	60	22	1268	1341	55.6
78	01:54	45.3	31	60	22	1148	1221	45.9
97	01:58	45.3	31	60	22	1196	1200	56
72	02:02	45.3	31	60	22	1162	1233	59
67	02:06	45.3	31	60	22	1156	1170	61
90	02:10	45.3	31	60	22	1173	1176	39.5
96	02:13	45.3	31	60	22	1153	1212	42.8
105	02:17	45.2	31	60	16	1224	1216	58
91	02:21	46.1	31	60	16	1098	1132	57
77	02:25	46.1	31	60	16	1160	1167	54.2
115	02:27	46.1	31	60	16	1075	1170	55
106	02:32	46.1	31	60	16	1225	1181	43
92	02:36	46.1	31	60	16	1078	1166	57
68	02:39	46.1	31	60	16	1193	1168	48
73	02:41	46.1	31	60	16	1186	1217	45
107	02:45	46.1	31	60	16	1216	1170	52
114	02:47	46.1	31	60	16	1169	1182	56
108	02:50	46.1	31	60	16	1228	1254	46
93	02:54	46.1	31	60	16	1036	1178	62
109	02:57	46.1	31	60	16	512	1115	62.6
74	03:00	46.1	31	60	16	1227	1231	59
112	03:00	46.1	31	60	16	1041	1184	41
94	03:04	46.1	31	60	16	1165	1233	48
110	03:08	46.1	31	60	16	1113	1098	56
119	03:12	46.1	31	60	16	1185	1134	60
75	03:17	46.1	31	60	16	1148	1189	61
95	03:23	46.1	31	60	16	1178	1245	49
111	03:26	46.1	31	60	16	1072	1182	50
120	03:29	46.1	31	60	16	1171	1193	47
113	03:32	46.1	31	60	16	1209	1269	38
76	03:36	46.1	31	60	16	1205	1293	55

Cuadro 22. Tercera lectura realizada en el predio "Colina"

Nº de plantas	Hora	Temperatura (°C)		Humedad (%)		Intensidad luminosa (luxes)		Altura (cm)
		Max	Min	Max	Min	Tallo	Dosel	
140	10:38	31.4	30.4	76	62	1060	1128	80
162	10:41	32.8	30.4	76	61	477	792	89
178	10:43	34.3	30.4	76	53	989	1168	84
139	10:45	35.5	30.4	76	53	728	736	85.7
141	10:46	36.8	30.4	76	45	895	915	91
163	10:48	37	30.4	76	45	1015	800	89.5
161	10:50	37	30.4	76	45	651	768	93
138	10:51	37.1	30.4	76	45	1109	1205	105
121	10:53	37.4	30.4	76	44	1003	1136	69
142	10:55	38.1	30.4	76	44	1065	1071	99
164	10:57	38.6	30.4	76	37	596	810	76
160	10:59	38.6	30.4	76	37	403	560	94
137	11:00	38.6	30.4	76	37	1045	1098	91
122	11:02	38.6	30.4	76	37	1040	1102	86
143	11:04	38.6	30.4	76	37	1043	1128	81
159	11:06	38.6	30.4	76	35	1109	1148	76
165	11:07	38.6	30.4	76	35	1091	1140	87
136	11:08	38.6	30.4	76	35	1134	1169	69
144	11:10	38.6	30.4	76	35	1089	1189	67
158	11:11	38.6	30.4	76	35	1005	1140	78
128	11:12	38.6	30.4	76	35	1163	1197	90
135	11:14	38.6	30.4	76	35	1118	1126	99
145	11:45	38.6	30.4	76	35	1231	1196	112
166	11:17	38.6	30.4	76	35	597	657	92.8
157	11:18	38.6	30.4	76	35	1175	1235	88
123	11:21	38.6	30.4	76	35	1204	1124	99
127	11:23	38.6	30.4	76	35	1062	1186	78.9
134	11:24	38.6	30.4	76	35	1214	1173	90.5
146	11:26	38.6	30.4	76	35	1063	1086	102
177	11:27	38.6	30.4	76	35	1091	1166	85.7
167	11:29	38.6	30.4	76	35	1179	1127	91
156	11:30	38.6	30.4	76	35	1168	1213	89.5
124	11:31	39.8	30.4	76	35	1154	1204	93
133	11:33	39.8	30.4	76	35	1082	1104	77
147	11:34	39.8	30.4	76	35	1172	1192	65
176	11:35	39.8	30.4	76	34	1085	1136	69
168	11:36	40.3	30.4	76	34	1152	1066	99
155	11:38	40.3	30.4	76	34	1184	1186	76
148	11:39	40.3	30.4	76	34	1118	1123	94
125	11:41	40.3	30.4	76	34	1146	1123	88

132	11:42	40.3	30.4	76	34	816	1034	99
179	11:48	40.4	30.4	76	34	1072	1149	112
169	11:49	40.4	30.4	76	34	1098	1152	98
149	11:51	40.4	30.4	76	34	1156	1123	87
175	11:52	40.4	30.4	76	34	1161	1183	85
154	11:55	40.4	30.4	76	33	1134	1143	76.5
150	11:56	40.4	30.4	76	33	1225	1214	67
170	11:57	40.4	30.4	76	33	1188	1148	69
126	11:58	40.4	30.4	76	33	1148	1144	99
131	11:59	40.4	30.4	76	33	1156	1167	76
171	12:00	40.4	30.4	76	33	1188	1193	94
151	12:01	40.4	30.4	76	33	1193	1175	78
129	12:02	40.4	30.4	76	33	951	1166	71
172	12:03	42.3	30.4	76	31	1064	1217	110
174	12:04	42.3	30.4	76	31	1171	1183	80
180	12:06	42.3	30.4	76	31	1177	1196	89
152	12:08	42.3	30.4	76	31	1130	1154	84
173	12:10	42.3	30.4	76	31	1068	1113	112
130	12:12	42.3	30.4	76	31	1126	1186	92.8
153	12:14	42.3	30.4	76	31	1084	1164	88

Cuadro 23. Cuarta lectura realizada en el fundo "Colina"

Nº de plantas	Hora	Temperatura (°C)		Humedad (%)		Intensidad luminosa (luxes)		Altura (cm)
		Max	Min	Max	Min	Tallo	Dosel	
186	09:50	32.7	30.3	73	60	780	743	125
200	09:54	33.2	30.3	73	66	1168	1845	138
217	09:57	33.2	29.6	73	53	1093	1962	139.9
199	10:00	33.2	29.2	73	53	1656	296	128
181	10:02	33.2	29.6	73	53	1052	1034	153
185	10:05	33.2	29.6	73	53	104	199	125
234	10:07	33.2	28.3	73	53	153	253	117
216	10:09	33.2	28.3	73	51	910	1050	129
198	10:11	33.2	28.3	73	51	161	311	137
201	10:13	33.2	28.3	73	47	275	381	149
233	10:15	33.2	28.3	73	47	999	1293	152
215	10:17	33.2	28.3	73	47	932	1164	125
197	10:19	34.6	28.3	73	41	1185	1239	145
202	10:21	34.6	28.3	73	41	905	220	126
182	10:25	34.6	28.3	73	41	1213	1318	139
214	10:27	34.6	28.3	73	39	1002	1120	147
235	10:30	34.6	28.3	73	39	1070	1120	138
232	10:33	35.8	27.0	73	39	979	1051	137

196	10:35	35.8	27.4	73	39	1135	1238	149
213	10:38	35.8	27.4	73	39	354	965	143
203	10:41	38.2	28.2	73	39	1051	989	136
183	10:41	38.2	28.2	73	39	1221	1305	145
218	10:47	38.2	28.0	73	39	1125	1241	149
212	10:49	38.2	27.3	73	39	1095	1188	152
195	10:53	38.2	27.3	73	39	1235	1298	139
204	10:56	38.2	27	73	39	1046	1030	147
231	10:59	38.2	27	73	39	1122	985	138
219	11:00	38.2	27	73	39	988	1070	125
184	11:07	38.2	27	73	39	1215	1128	168
187	11:11	39	27	73	39	1085	1120	127
194	11:15	39	27	73	39	1158	1012	115
230	11:19	39	27	73	39	1262	1118	148
205	11:24	39	27	73	39	968	1071	137
210	11:28	39	27	73	39	1259	1162	149
220	11:33	39	27	73	39	1070	1135	143
229	11:38	39	27	73	39	1152	1268	136
211	11:43	39	27	73	39	1195	1215	145
193	11:48	39	27	73	39	1284	1191	123
209	11:54	39	27	73	39	991	1235	122
221	12:01	39	27	73	39	1136	1321	148
206	12:06	39	27	73	39	1215	1121	144
228	12:10	39	27	73	39	1059	1261	125
222	12:14	39	27	73	39	1121	1052	145
238	12:20	39	27	73	39	1051	1181	126
240	12:23	39	27	73	39	1218	1172	156
188	12:27	39	27	73	39	1239	1152	143
227	12:31	39	27	73	39	1308	1221	125
192	12:35	39	27	73	39	1032	1142	138
207	12:39	39	27	73	39	1215	1191	139.9
223	12:42	39	27	73	39	1141	1021	128
189	12:45	39	27	73	39	1210	1171	168
226	12:48	39	27	73	39	972	1181	128
236	12:53	39	27	73	39	1146	1293	156
208	12:57	39	27	73	39	1067	1138	129
224	12:59	39	27	73	39	1152	1226	137
237	01:03	39	27	73	39	1218	1260	149
190	01:07	39	27	73	39	1242	1126	152
239	01:11	39	27	73	39	1009	1203	125
225	01:15	39	27	73	39	1106	1060	137
191	01:19	39	27	73	39	1118	1173	149

Cuadro 24. Cálculos realizados para la biomasa herbácea y carbono almacenado dentro de la biomasa en la planta de maíz con el método de CATIE, 2005.

BIOMASA HERBACEA (BAH)

PSM(g)	PFM(g)	PFT(g)	constante	TOTAL
76.27	250	623.15	0.01	1.90

BIOMASA (t ha-1)

$$BAH(t\ ha^{-1}) = ((PSM/PFM) \times PFT) \times 0,01$$

CARBONO TOTAL ALMACENADO DENTRO DE LA BIOMASA HERBACEA (CBH)

$$CBH(t\ ha) = BAH \times 0.45$$

1.90	0.45	0.86
------	------	------

TOTAL

% MATERIA ORGANICA

$$M.O = 1 - (\text{peso crisol} + \text{suelo seco} - \text{peso de crisol} + \text{ceniza})$$

1	15.19	14.79	0.6
---	-------	-------	-----

0.6 TOTAL

CARBONO EN EL SUELO (CS)

$$CS = (MO \times 100) / 1.724$$

MO	Constante	Constante	TOTAL
0.6	100	1.724	34.80

34.80

CARBONO TOTAL DEL SISTEMA DE USO DE LA TIERRA (CT)

$$CT(t\ ha^{-1}) = CBH + CS$$

	TOTAL
0.86	34.80
	35.66

- **Pruebas de bondad de ajuste del modelo elegido (Gompit)**

Prueba de relevancia individual

$H_0 : \beta_i = 0$ (La variable independiente no es significativa en el ALMACENAMIENTO)

$H_a : \beta_i \neq 0$ (La variable independiente en el ALMACENAMIENTO, es significativo)

Nivel de significación: $\alpha = 5\%$

1. Región de rechazo:

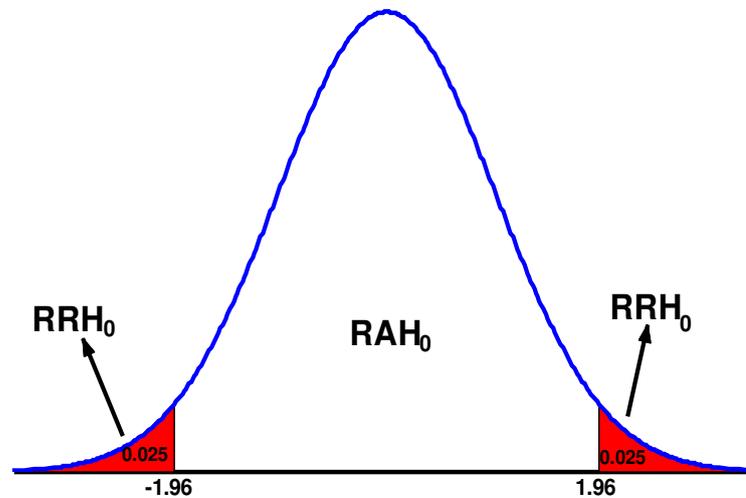


Figura 16. Distribución normal en el modelo Gompit

Cuadro 25. Calculado Z-Statistic en el modelo de distribución normal

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-249.7246	87.06663	-2.868200	0.0041
LNTEMPERATURA	46.47811	17.13764	2.712048	0.0067
LNHUMEDAD	25.46774	8.703873	2.926024	0.0034
LRADIACION SOLAR	-16.08857	5.811584	-2.768362	0.0056
LNTIEMPO	34.78788	12.51572	2.779535	0.0054

Dónde:

$$Z_c = \frac{\hat{\beta}_i}{SE(\hat{\beta}_i)} = Z - statistic$$

$$P \left[Z_c = \frac{\hat{\beta}_i}{SE(\hat{\beta}_i)} < 5\% = \text{Probabilidad (Por tanto, la variable independiente}$$

es influyente en el almacenamiento de carbono)

Conclusiones:

Si $Z_C > Z_t$ o también $-Z_C < -Z_t$, se acepta la hipótesis alternante

Si evaluamos cada uno de las variables independientes en el almacenamiento de carbono, mediante, la comparación del estadístico de distribución normal (Z-normal) calculado con el estadístico, se tiene que todas las variables independientes, desde, la TEMPERATURA hasta el TIEMPO, son influyentes y por tanto son significativos en el ALMACENAMIENTO de carbono. A un nivel de confianza del 92.85%. Dicho, de otro modo, según visto la probabilidad de la columna última, son menores al 5%, por tanto, son significativos.

Prueba de relevancia global

Ésta prueba toma el estadístico de distribución Chi cuadrado y contrasta con el LR Statistic, que en otras palabras es el chi cuadrado calculado, que evalúa la significancia de todas las variables independientes en su conjunto del modelo, planteándose la siguiente hipótesis:

Planteamiento de la hipótesis:

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_5 = 0$ (Las variables independientes no son significativas en el ALMACENAMIENTO de carbono, por tanto, no existe el modelo.)

$H_a : \beta_1 \neq \beta_2 \neq \dots \neq \beta_5 \neq 0$ (Las variables independientes son significativos en el ALMACENAMIENTO de carbono, entonces, existe el modelo de regresión globalmente de respuesta dicotómica)

Nivel de significación: $\alpha = 5\%$

Región de rechazo: $gl = k - 1 \Rightarrow gl = 5 - 1 \equiv 4$

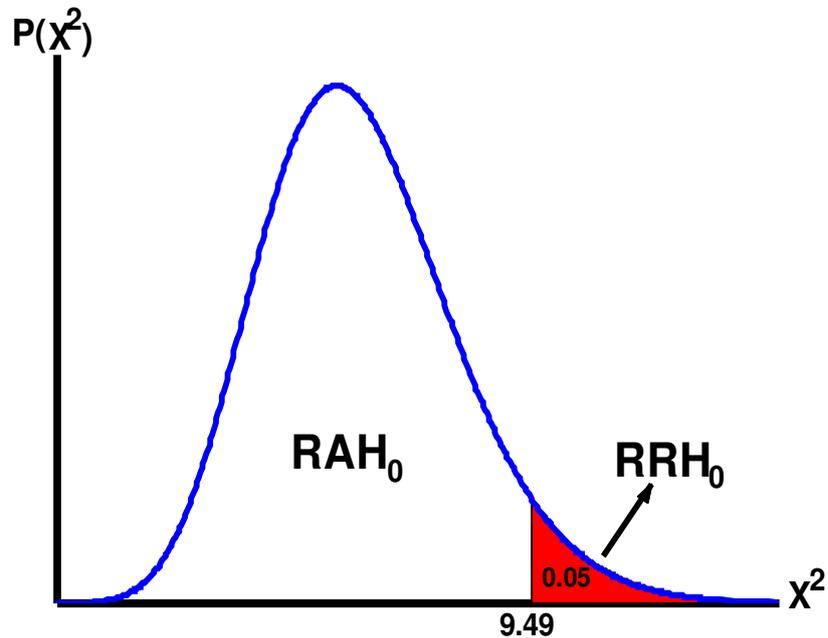


Figura 17. Distribución del Chi-cuadrado en el modelo Gompit

- **Chi cuadrado calculado**

LR-statistic (4 df)= 304.4426

Conclusiones:

Si $X_c^2 > X_t^2$ ($304.44 > 9.49$), se acepta la hipótesis alternativa, es decir, las variables independientes son significativas en el ALMACENAMIENTO de carbono en la plantación de maíz, entonces, existe

el modelo de regresión globalmente de respuesta dicotómica. A un nivel de confianza del 92.85%.

Cuadro 26. Modelo que explica el almacenamiento de carbono en la plantación de maíz, según Logit

Dependent Variable: ALMACENAMIENTO

Method: ML - Binary Logit (Quadratic hill climbing)

Date: 08/16/12 Time: 10:12

Sample: 1 240

Included observations: 240

Convergence achieved after 13 iterations

Covariance matrix computed using second derivatives

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-381.2577	213.7458	-1.783696	0.0745
LNTEMPERATURA	69.65638	30.55363	2.279807	0.0226
LNHUMEDAD	38.81789	14.38992	2.697576	0.0070
LNALTURA	4.255147	3.938342	1.080441	0.2799
LNTALLO	-4.796780	9.862335	-0.486374	0.6267
LNDOSSEL	-24.97706	9.631945	-2.593148	0.0095
LNTIEMPO	62.30086	77.94514	0.799291	0.4241
Mean dependent var	0.570833	S.D. dependent var		0.495992
S.E. of regression	0.126115	Akaike info criterion		0.162024
Sum squared resid	3.689964	Schwarz criterion		0.278046
Log likelihood	-11.44294	Hannan-Quinn criter.		0.208773
Restr. log likelihood	-163.9389	Avg. log likelihood		-0.047679
LR statistic	304.9919	McFadden R-squared		0.930200
Prob(LR statistic)	0.000000			
Obs with Dep=0	103	Total obs		240
Obs with Dep=1	137			

Cuadro 27. Modelo que explica el almacenamiento de carbono en la plantación de maíz, según Probit

Dependent Variable: ALMACENAMIENTO

Method: ML - Binary Probit (Quadratic hill climbing)

Date: 08/16/12 Time: 10:11

Sample: 1 240

Included observations: 240

Convergence achieved after 13 iterations

Covariance matrix computed using second derivatives

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	-224.2648	123.3346	-1.818344	0.0690
LNTEMPERATURA	41.70236	17.72498	2.352746	0.0186
LNHUMEDAD	22.87522	8.287123	2.760332	0.0058
LNALTURA	2.258530	2.100610	1.075178	0.2823
LNTALLO	-3.054194	5.519795	-0.553317	0.5800
LNDOSEL	-14.52084	5.518206	-2.631442	0.0085
LNTIEMPO	36.12722	44.33640	0.814843	0.4152
Mean dependent var	0.570833	S.D. dependent var		0.495992
S.E. of regression	0.126619	Akaike info criterion		0.160825
Sum squared resid	3.719509	Schwarz criterion		0.276847
Log likelihood	-11.29902	Hannan-Quinn criter.		0.207573
Restr. log likelihood	-163.9389	Avg. log likelihood		-0.047079
LR statistic	305.2797	McFadden R-squared		0.931078
Prob(LR statistic)	0.000000			
Obs with Dep=0	103	Total obs		240
Obs with Dep=1	137			

Cuadro 28. Tabla Excel en el programa econométrico E-Views 7.0, cálculo del promedio en relación del almacenamiento en función a las variables (temperatura, humedad, altura, tallo, dosel y tiempo) de respuesta dicotómica adoptando 0 o 1.

MUES TRA	Y	ALMACENAMIEN TO (t C/ha/año)	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)	ALTURA (cm)	TALLO (luxes)	DOSEL (luxes)	TIEMPO (días)	>=1.25=1	<1.25=0
1	1.79	1.00	35.40	64.50	00.2	1351.00	1401.00	14.00	0.99999004	0.99999004
2	1.70	1.00	44.25	56.50	02.3	1298.00	1336.00	14.00	1	1.99999999
3	1.70	1.00	44.05	55.50	00.2	1293.00	1335.00	14.00	0.99999999	2.99999998
4	1.70	1.00	43.50	56.50	02.1	1109.00	1235.00	14.00	1	3.99999999
5	1.74	1.00	43.40	55.50	00.3	1231.00	1293.00	14.00	0.99999999	4.99999995
6	1.70	1.00	43.15	60.50	01.9	1236.00	1278.00	14.00	1	5.99999999
7	1.78	1.00	42.95	60.50	01.7	1204.00	1208.00	14.00	1	7
8	1.70	1.00	42.95	60.00	02.2	1216.00	1223.00	14.00	1	7.99999999
9	1.73	1.00	42.95	64.50	00.2	1203.00	1236.00	14.00	1	9
10	1.79	1.00	42.95	56.50	02.2	1173.00	1213.00	14.00	1	9.99999996
11	1.70	1.00	42.95	60.00	02.1	1206.00	1207.00	14.00	1	11
12	1.70	1.00	42.95	56.50	03.1	1217.00	1210.00	14.00	1	12
13	1.79	1.00	42.95	56.50	02.6	1207.00	1227.00	14.00	1	12.99999999
14	1.70	1.00	42.95	55.50	01.9	1106.00	1178.00	14.00	1	14
15	1.66	1.00	42.95	60.50	01.4	1195.00	1258.00	14.00	1	15
16	1.70	1.00	42.95	55.50	02.1	1251.00	1256.00	14.00	0.99999999	15.99999998
17	1.61	1.00	42.95	60.50	02.5	1272.00	1274.00	14.00	1	17
18	1.66	1.00	42.95	55.50	02.3	1186.00	1204.00	14.00	0.99999999	17.99999999
19	1.69	1.00	40.45	55.50	01.9	1204.00	1213.00	14.00	0.99999991	18.99999983
20	1.64	1.00	40.45	55.50	00.1	1225.00	1237.00	14.00	0.99999987	19.99999975

21	1.70	1.00	40.45	55.50	01.9	1242.00	1252.00	14.00	0.99999985	20.9999968
22	1.79	1.00	40.45	55.50	00.8	1203.00	1209.00	14.00	0.99999991	21.9999981
23	1.69	1.00	40.45	55.50	01.5	1200.00	1216.00	14.00	0.99999999	22.9999978
24	1.68	1.00	40.45	55.50	02.2	1148.00	1221.00	14.00	0.99999999	23.9999976
25	1.70	1.00	40.45	55.50	02.4	1254.00	1293.00	14.00	0.99999974	24.9999936
26	1.66	1.00	40.45	55.50	01.6	1268.00	1341.00	14.00	0.99999954	25.9999988
27	1.64	1.00	40.45	55.50	01.6	1148.00	1221.00	14.00	0.99999999	26.9999973
28	1.65	1.00	40.45	55.50	01.9	1196.00	1200.00	14.00	0.99999992	27.9999978
29	1.65	1.00	39.80	55.50	00.8	1162.00	1233.00	14.00	0.99999975	28.9999927
30	1.70	1.00	39.00	55.50	02.4	1156.00	1217.00	14.00	0.99999947	29.9999842
31	1.65	1.00	39.00	55.50	02.2	1173.00	1318.00	14.00	0.9999981	30.9999411
32	1.65	1.00	39.00	55.50	01.8	1153.00	1212.00	14.00	0.99999951	31.9999842
33	1.64	1.00	39.00	55.50	01.5	1224.00	1216.00	14.00	0.99999948	32.9999828
34	1.79	1.00	38.55	55.00	01.7	1214.00	1305.00	14.00	0.9999965	33.999881
35	1.64	1.00	38.55	55.00	01.5	1160.00	1241.00	14.00	0.99999844	34.9999455
36	1.61	1.00	38.55	55.00	02.1	1225.00	1261.00	14.00	0.99999798	35.9999275
37	1.64	1.00	38.55	55.00	00.2	1225.00	1453.00	14.00	0.99998029	36.9992709
38	1.64	1.00	38.55	55.00	01.9	1156.00	1226.00	14.00	0.99999872	37.9999513
39	1.61	1.00	38.55	55.00	02.4	1193.00	1193.00	14.00	0.99999917	38.9999678
40	1.61	1.00	38.55	55.00	01.7	1186.00	1217.00	14.00	0.99999886	39.9999545
41	1.42	1.00	38.55	55.00	02.1	1216.00	1186.00	14.00	0.99999925	40.9999692
42	1.61	1.00	38.55	55.00	02.6	1169.00	1196.00	14.00	0.99999914	41.9999639
43	1.63	1.00	38.55	55.00	00.2	1228.00	1254.00	14.00	0.99999816	42.9999208
44	1.64	1.00	38.55	69.00	00.8	1188.00	1221.00	14.00	1	43.9999998
45	1.59	1.00	38.55	68.50	02.4	1193.00	1186.00	14.00	1	44.9999999

46	1.55	1.00	38.55	54.50	02.6	1227.00	1231.00	14.00	0.99999827	45.9999206
47	1.56	1.00	38.55	54.50	02.3	1148.00	1203.00	14.00	0.99999881	46.999944
48	1.57	1.00	38.55	54.50	01.6	1165.00	1233.00	14.00	0.99999823	47.9999149
49	1.56	1.00	38.55	58.00	03.1	1113.00	1193.00	14.00	0.99999979	48.9999895
50	1.56	1.00	38.55	57.50	01.4	1185.00	1392.00	14.00	0.99999681	49.9998407
51	1.55	1.00	38.55	54.50	00.1	1148.00	1175.00	14.00	0.99999918	50.9999584
52	1.56	1.00	38.55	54.50	02.3	1178.00	1245.00	14.00	0.99999793	51.9998923
53	1.58	1.00	38.55	54.50	01.9	1106.00	1196.00	14.00	0.99999891	52.9999425
54	1.55	1.00	38.55	54.50	01.9	1171.00	1189.00	14.00	0.99999901	53.9999467
55	1.59	1.00	38.55	54.50	02.3	1209.00	1269.00	14.00	0.99999718	54.9998452
56	1.55	1.00	38.55	66.50	01.4	1205.00	1293.00	14.00	0.99999998	55.9999987
57	1.56	1.00	38.15	69.50	02.4	1109.00	1215.00	14.00	1	56.9999997
58	1.55	1.00	38.15	63.00	01.6	1126.00	1321.00	14.00	0.99999978	57.9999874
59	1.55	1.00	38.15	63.00	03.1	1114.00	1214.00	14.00	0.99999994	58.9999967
60	1.55	1.00	38.15	63.00	02.4	1387.00	1845.00	14.00	0.99995302	59.9971809
61	1.55	1.00	38.15	63.00	55.00	1118.00	1239.00	52.00	0.99999958	60.9999742
62	1.55	1.00	38.15	63.00	45.00	1171.00	1293.00	52.00	0.99999916	61.9999478
63	1.54	1.00	38.15	62.00	48.00	1177.00	1214.00	52.00	0.99999954	62.9999711
64	1.55	1.00	38.15	62.00	50.00	1146.00	1298.00	52.00	0.99999865	63.9999139
65	1.55	1.00	38.15	60.00	54.00	1179.00	1268.00	52.00	0.99999787	64.9998616
66	1.53	1.00	38.10	60.00	48.00	1152.00	1235.00	52.00	0.99999852	65.9999023
67	1.54	1.00	37.90	60.00	56.00	1218.00	1512.00	52.00	0.99995095	66.9967134
68	1.55	1.00	37.55	57.00	60.00	1242.00	1260.00	52.00	0.99998516	67.998991
69	1.54	1.00	37.55	57.00	42.00	1130.00	1237.00	52.00	0.99998897	68.9992388
70	1.55	1.00	37.55	57.00	61.00	1111.00	1348.00	52.00	0.99995604	69.9969227

71	1.56	1.00	37.55	56.00	49.00	1122.00	1378.00	52.00	0.99990168	70.9930196
72	1.46	1.00	37.55	56.00	43.00	1238.00	1423.00	52.00	0.99983513	71.9881296
73	1.53	1.00	37.55	56.00	47.00	1291.00	1458.00	52.00	0.99975628	72.9822084
74	1.53	1.00	37.55	56.00	38.00	1124.00	1418.00	52.00	0.99984421	73.9884715
75	1.55	1.00	37.55	56.00	55.00	1210.00	1432.00	52.00	0.99981753	74.9863151
76	1.43	1.00	37.55	56.00	53.00	1430.00	1238.00	52.00	0.99998246	75.9986669
77	1.46	1.00	37.55	56.00	49.00	1201.00	1322.00	52.00	0.99994956	76.9961163
78	1.53	1.00	37.55	56.00	41.00	1215.00	1375.00	52.00	0.99990507	77.9925956
79	1.39	1.00	37.55	56.00	48.00	1262.00	1248.00	52.00	0.99998003	78.9984228
80	1.47	1.00	37.55	56.00	52.00	1235.00	1336.00	52.00	0.99994025	79.9952198
81	1.43	1.00	37.55	56.00	44.00	1221.00	1384.00	52.00	0.99989457	80.9914599
82	1.46	1.00	37.55	56.00	60.00	1218.00	1418.00	52.00	0.99984421	81.9872252
83	1.42	1.00	37.55	56.00	59.00	1225.00	1346.00	52.00	0.99993263	82.9944084
84	1.79	1.00	37.55	56.00	45.00	1218.00	1389.00	52.00	0.99988827	83.9906146
85	1.42	1.00	37.55	56.00	64.00	1305.00	1418.00	52.00	0.99984421	84.9867578
86	1.41	1.00	37.55	56.00	43.00	1258.00	1425.00	52.00	0.99983137	85.9854975
87	1.40	1.00	37.55	56.00	52.00	1311.00	1478.00	52.00	0.99969656	86.9736006
88	1.40	1.00	37.55	56.00	60.00	1349.00	1512.00	52.00	0.99956252	87.9615018
89	1.39	1.00	37.55	56.00	57.00	1215.00	1215.00	52.00	0.99998703	88.9988454
90	1.40	1.00	37.55	56.00	55.60	1259.00	1236.00	52.00	0.99998291	89.9984618
91	1.42	1.00	37.50	56.00	45.90	1342.00	1543.00	52.00	0.99935492	90.9412975
92	1.41	1.00	37.50	56.00	56.00	1215.00	1209.00	52.00	0.99998726	91.9988275
93	1.39	1.00	37.50	56.00	59.00	1353.00	1519.00	52.00	0.99949868	92.9533775
94	1.38	1.00	37.50	56.00	61.00	1452.00	1525.00	52.00	0.99946587	93.9497914
95	1.34	1.00	37.50	56.00	39.50	1412.00	1513.00	52.00	0.9995296	94.9553122

96	1.36	1.00	37.50	56.00	42.80	1401.00	1503.00	52.00	0.99957719	95.9594106
97	1.38	1.00	37.50	56.00	58.00	1218.00	1403.00	52.00	0.99986032	96.986451
98	1.33	1.00	37.50	56.00	57.00	1402.00	1205.00	52.00	0.99998792	97.9988159
99	1.34	1.00	37.50	56.00	54.20	1286.00	1462.00	52.00	0.99972903	98.9731737
100	1.38	1.00	37.50	56.00	55.00	1284.00	1181.00	52.00	0.99999126	99.9991258
101	1.36	1.00	37.50	56.00	43.00	1378.00	1385.00	52.00	0.99988652	100.988539
102	1.38	1.00	37.50	56.00	57.00	1366.00	1403.00	52.00	0.99986032	101.985753
103	1.35	1.00	37.50	56.00	48.00	1434.00	1404.00	52.00	0.99985871	102.985447
104	1.33	1.00	37.45	56.00	45.00	1272.00	1430.00	52.00	0.99979805	103.978997
105	1.38	1.00	37.45	56.00	52.00	1291.00	1429.00	52.00	0.99980031	104.979033
106	1.34	1.00	37.25	56.00	56.00	1180.00	1418.00	52.00	0.99977383	105.976026
107	1.33	1.00	37.20	56.00	46.00	1350.00	1443.00	52.00	0.99968111	106.965878
108	1.37	1.00	37.10	56.00	62.00	1409.00	1462.00	52.00	0.99955398	107.95183
109	1.38	1.00	36.35	56.00	62.60	1332.00	1419.00	52.00	0.99928724	108.922309
110	1.21	0.00	30.75	56.00	59.00	1347.00	1370.00	52.00	0.38090108	41.8991184
111	1.31	1.00	36.35	56.00	41.00	1178.00	1306.00	52.00	0.9998124	110.979176
112	1.30	1.00	36.35	56.00	48.00	1305.00	1293.00	52.00	0.99984029	111.982112
113	1.21	0.00	30.75	31.00	56.00	477.00	701.00	52.00	0	0
114	1.26	1.00	36.35	56.00	60.00	1308.00	1962.00	52.00	0.87728226	100.010178
115	1.25	1.00	36.35	56.00	61.00	1239.00	1446.00	52.00	0.99903486	114.889009
116	1.29	1.00	35.60	56.00	49.00	1280.00	1310.00	52.00	0.99948076	115.939768
117	1.32	1.00	35.45	53.50	50.00	1432.00	1128.00	52.00	0.99981776	116.978677
118	1.25	1.00	35.40	53.50	47.00	1656.00	1191.00	52.00	0.99953354	117.944958
119	1.24	1.00	36.35	53.50	38.00	1060.00	1173.00	52.00	0.99989336	118.987309
120	1.21	1.00	36.35	53.50	55.00	1040.00	1191.00	52.00	0.99986375	119.98365

121	1.19	0.00	30.75	53.50	80.00	1070.00	1021.00	73.00	0.85019849	102.874017
122	1.19	0.00	31.40	53.50	89.00	1065.00	1142.00	73.00	0.68931956	84.0969861
123	1.20	1.00	30.75	53.50	84.00	1045.00	1171.00	73.00	0.22935506	28.2106727
124	1.21	1.00	31.60	53.50	85.70	1040.00	1181.00	73.00	0.62	77.0816825
125	1.20	1.00	31.40	51.50	91.00	1043.00	1042.00	73.00	0.79871325	99.8391567
126	1.17	1.00	30.75	43.50	89.50	1091.00	792.00	73.00	0.58855296	74.1576726
127	1.19	1.00	35.40	43.50	93.00	1091.00	830.00	73.00	0.99838218	126.794536
128	1.20	1.00	35.40	41.50	105.0	1089.00	736.00	73.00	0.99922397	127.900669
129	1.17	1.00	35.40	41.50	69.00	1005.00	915.00	73.00	0.97455939	125.718162
130	1.21	1.00	35.40	41.50	99.00	1098.00	800.00	73.00	0.99703515	129.61457
131	1.19	1.00	35.40	41.50	76.00	1062.00	768.00	73.00	0.99846155	130.798463
132	1.20	1.00	35.40	41.50	94.00	1063.00	810.00	73.00	0.99638042	131.522215
133	1.17	1.00	35.40	41.50	91.00	1091.00	560.00	73.00	0.99999044	132.998728
134	1.13	1.00	35.40	41.50	86.00	1082.00	657.00	73.00	0.99987507	133.98326
135	1.17	1.00	35.40	41.50	81.00	1085.00	743.00	73.00	0.99909637	134.87801
136	1.18	1.00	35.40	41.50	76.00	1072.00	296.00	73.00	1	136
137	1.19	1.00	35.35	41.50	87.00	1098.00	948.00	73.00	0.95250191	130.492762
138	1.16	1.00	35.35	41.50	69.00	1075.00	1049.00	73.00	0.78030773	107.682467
139	1.19	1.00	35.35	41.50	67.00	1078.00	1136.00	73.00	0.40906565	56.8601255
140	1.14	1.00	35.35	41.50	78.00	1064.00	1071.00	73.00	0.70722219	99.0111069
141	1.16	1.00	35.35	41.50	90.00	1036.00	1168.00	73.00	0.24719201	34.8540729
142	1.16	0.00	35.10	41.50	99.00	1015.00	1098.00	73.00	0.48717056	69.17822
143	1.12	0.00	35.10	41.50	112.0	1041.00	1102.00	73.00	0.46651335	66.7114096
144	1.16	0.00	35.10	41.50	92.80	1068.00	1128.00	73.00	0.32969705	47.4763754
145	1.14	0.00	35.10	41.50	88.00	1072.00	1148.00	73.00	0.22942576	33.2667345

146	1.16	0.00	34.50	41.50	99.00	1012.00	1140.00	73.00	0.05330359	7.78232434
147	1.14	0.00	34.50	41.50	78.90	1009.00	1169.00	73.00	0.01237775	1.81952921
148	1.12	0.00	34.50	41.50	90.50	1010.00	1189.00	73.00	0.00311967	0.46171082
149	1.17	0.00	34.50	41.00	102.0	1003.00	1140.00	73.00	0.01846191	2.7508247
150	1.13	0.00	34.50	41.00	85.70	1000.00	1197.00	73.00	0.00015816	0.02372474
151	1.10	0.00	34.50	41.00	91.00	1018.00	1126.00	73.00	0.03791805	5.7256262
152	1.08	0.00	34.50	41.00	89.50	1084.00	1181.00	73.00	0.00086901	0.13208993
153	1.16	0.00	34.50	41.00	93.00	1134.00	1124.00	73.00	0.0415832	6.36223036
154	1.12	0.00	34.50	41.00	77.00	1163.00	1173.00	73.00	0.00180344	0.27772976
155	1.14	0.00	34.50	41.00	65.00	1118.00	1086.00	73.00	0.16063169	24.8979121
156	1.12	0.00	34.50	41.00	69.00	1175.00	1166.00	73.00	0.00322114	0.50249764
157	1.11	0.00	34.50	41.00	99.00	1067.00	1127.00	73.00	0.03617459	5.67941071
158	1.11	0.00	34.50	38.00	76.00	1168.00	1194.00	73.00	0	0
159	1.11	0.00	34.50	38.00	94.00	1154.00	1170.00	73.00	0	0
160	1.10	0.00	34.50	38.00	88.00	1172.00	1104.00	73.00	6.84E-08	1.0943E-05
161	1.13	0.00	34.50	38.00	99.00	1152.00	1192.00	73.00	0	0
162	1.08	0.00	34.50	38.00	112.0	1184.00	1136.00	73.00	4.50E-12	7.2946E-10
163	1.10	0.00	34.50	38.00	98.00	1118.00	1066.00	73.00	8.35E-05	0.01361124
164	1.06	0.00	34.50	38.00	87.00	1146.00	1123.00	73.00	3.73E-10	6.1143E-08
165	1.07	0.00	34.50	38.00	85.00	1156.00	1123.00	73.00	3.73E-10	6.1516E-08
166	1.08	0.00	34.50	38.00	76.50	1161.00	1034.00	73.00	0.00317996	0.52787348
167	1.12	0.00	34.50	38.00	67.00	1134.00	1149.00	73.00	2.36E-14	3.9492E-12
168	1.08	0.00	34.25	38.00	69.00	1020.00	1152.00	73.00	0	0
169	1.10	0.00	33.90	38.00	99.00	1008.00	1123.00	73.00	0	0
170	1.06	0.00	33.75	38.00	76.00	1050.00	1183.00	73.00	0	0

171	1.07	0.00	33.70	38.00	94.00	1048.00	1143.00	73.00	0	0
172	1.10	0.00	33.70	38.00	78.00	1008.00	1176.00	73.00	0	0
173	1.06	0.00	33.60	38.00	71.00	1135.00	1148.00	73.00	0	0
174	1.10	0.00	33.00	38.00	110.0	1118.00	1144.00	73.00	0	0
175	1.08	0.00	33.00	38.00	80.00	1132.00	1167.00	73.00	0	0
176	1.06	0.00	33.00	38.00	89.00	1124.00	1166.00	73.00	0	0
177	1.05	0.00	33.00	38.00	84.00	1114.00	1184.00	73.00	0	0
178	1.04	0.00	32.60	38.00	112.0	1141.00	1183.00	73.00	0	0
179	1.04	0.00	33.20	38.00	92.80	1000.00	1154.00	73.00	0	0
180	1.02	0.00	33.20	38.00	88.00	1030.00	1113.00	73.00	0	0
181	1.01	0.00	33.20	38.00	125.0	895.00	1186.00	82.00		0
182	1.01	0.00	33.10	39.00	138.0	989.00	1164.00	82.00		0
183	0.99	0.00	33.00	39.00	139.9	728.00	1170.00	82.00		0
184	0.94	0.00	33.00	39.00	128.0	1188.00	1182.00	82.00		0
185	0.99	0.00	33.00	39.00	153.0	651.00	1098.00	82.00		0
186	0.95	0.00	33.00	39.00	125.0	596.00	989.00	82.00		0
187	0.94	0.00	33.00	39.00	117.0	403.00	990.00	82.00		0
188	0.96	0.00	33.00	39.00	129.0	597.00	1000.00	82.00		0
189	0.99	0.00	33.00	38.15	137.0	816.00	1017.00	82.00		0
190	0.95	0.00	33.00	38.00	149.0	512.00	1115.00	82.00		0
191	0.94	0.00	33.00	38.00	152.0	951.00	1120.00	82.00		0
192	0.95	0.00	33.00	38.00	125.0	902.00	1139.00	82.00		0
193	0.99	0.00	33.00	38.00	145.0	909.00	1010.00	82.00		0
194	0.94	0.00	33.00	38.00	126.0	780.00	1160.00	82.00		0
195	0.97	0.00	33.00	38.00	139.0	1168.00	1132.00	82.00		0

196	0.96	0.00	33.00	37.00	147.0	1093.00	1167.00	82.00		0
197	0.90	0.00	33.00	37.00	138.0	968.00	1170.00	82.00		0
198	0.93	0.00	33.00	37.50	137.0	1052.00	1181.00	82.00		0
199	0.88	0.00	33.00	37.50	149.0	104.00	1166.00	82.00		0
200	0.93	0.00	33.00	37.50	143.0	153.00	1168.00	82.00		0
201	0.91	0.00	33.00	37.50	136.0	910.00	1178.00	82.00		0
202	0.89	0.00	33.00	37.50	145.0	161.00	1115.00	82.00		0
203	0.90	0.00	33.00	38.00	149.0	275.00	1134.00	82.00		0
204	0.90	0.00	33.00	38.00	152.0	999.00	1182.00	82.00		0
205	0.93	0.00	33.00	38.00	139.0	932.00	1018.00	82.00		0
206	0.89	0.00	32.60	38.00	147.0	1185.00	1031.00	82.00		0
207	0.94	0.00	32.60	38.00	138.0	905.00	1068.00	82.00		0
208	0.83	0.00	31.45	39.00	125.0	1213.00	1036.00	82.00		0
209	0.89	0.00	33.00	40.40	168.0	1002.00	1034.00	82.00		0
210	0.84	0.00	32.75	40.40	127.0	1070.00	199.00	82.00	0.00030569	0.06419452
211	0.88	0.00	32.75	40.40	115.0	979.00	253.00	82.00	0	0
212	0.85	0.00	32.60	42.90	148.0	1135.00	1050.00	82.00		0
213	0.90	0.00	32.60	42.90	137.0	354.00	311.00	82.00		0
214	0.76	0.00	33.00	42.90	149.0	1051.00	381.00	82.00		0
215	0.89	0.00	32.75	43.55	143.0	1125.00	1164.00	82.00		0
216	0.83	0.00	32.85	43.55	136.0	1095.00	220.00	82.00	0.00544338	1.17576914
217	0.75	0.00	33.00	43.55	145.0	1046.00	1120.00	82.00		0
218	0.79	0.00	32.60	45.30	123.0	1122.00	1120.00	82.00		0
219	0.73	0.00	32.85	45.50	122.0	988.00	1051.00	82.00		0
220	0.76	0.00	32.60	45.50	148.0	1085.00	965.00	82.00		0

221	0.84	0.00	32.95	45.50	144.0	1158.00	989.00	82.00	0
222	0.71	0.00	33.00	49.00	125.0	968.00	1188.00	82.00	0
223	0.74	0.00	32.60	46.00	145.0	1070.00	1030.00	82.00	0
224	0.61	0.00	32.85	44.50	126.0	1152.00	985.00	82.00	0
225	0.73	0.00	32.30	44.35	156.0	1195.00	1070.00	82.00	0
226	0.77	0.00	31.45	29.50	143.0	991.00	1128.00	82.00	0
227	0.72	0.00	31.60	30.50	125.0	1136.00	1120.00	82.00	0
228	0.83	0.00	31.45	30.50	138.0	1059.00	1012.00	82.00	0
229	0.71	0.00	31.45	31.00	139.9	1121.00	1118.00	82.00	0
230	0.70	0.00	32.35	32.50	128.0	1051.00	1071.00	82.00	0
231	0.56	0.00	30.75	32.50	168.0	1032.00	1162.00	82.00	0
232	0.68	0.00	31.45	31.50	128.0	972.00	1135.00	82.00	0
233	0.65	0.00	31.75	31.00	156.0	822.00	1126.00	82.00	0
234	0.63	0.00	31.50	31.00	129.0	802.00	1121.00	82.00	0
235	0.74	0.00	31.20	31.00	137.0	980.00	1052.00	82.00	0
236	0.61	0.00	31.45	31.00	149.0	961.00	1181.00	82.00	0
237	0.60	0.00	31.40	31.00	152.0	989.00	1172.00	82.00	0
238	0.59	0.00	31.60	31.00	125.0	957.00	1152.00	82.00	0
239	0.57	0.00	30.90	31.00	137.0	900.00	1138.00	82.00	0
240	0.68	0.00	31.40	33.00	149.0	999.00	1060.00	82.00	0

PROME 1.25
DIO

0.85

