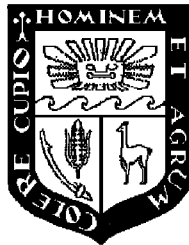


**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

*Facultad de Ciencias Forestales*



**Flujo y Stock de Carbono de Suelos en  
Tres Tipos de Bosque de la Amazonia  
Peruana. Jenaro Herrera - Loreto**

*Tesis para optar el Título de*  
**INGENIERO FORESTAL**

**MIRJANA ALICE PORLLES ARTEAGA**

Lima – Perú  
2011

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para calificar la sustentación del Trabajo de Tesis, presentado por la ex-alumna de la Facultad de Ciencias Forestales, Bach. MIRJANA ALICE PORLLES ARTEAGA, intitulado “FLUJO Y STOCK DE CARBONO DE SUELOS EN TRES TIPOS DE BOSQUE DE LA AMAZONIA PERUANA. JENARO HERRERA - LORETO”.

Oídas las respuestas a las observaciones formuladas, lo declaramos:

.....

con el calificativo de .....

En consecuencia queda en condición de ser considerada APTA y recibir el título de INGENIERO FORESTAL.

La Molina, 19 de Febrero de 2011

.....  
Ing. Víctor Manuel Barrena Arroyo  
Presidente

.....  
Ing. Gilberto Dominguez Torrejon  
Miembro

.....  
Ing. Javier Fernando Arce Baca  
Miembro

.....  
Dr. Julio César Alegre Orihuela  
Patrocinador

.....

## *RESUMEN*

El presente estudio se desarrolló en los bosques del Centro de Investigaciones Jenaro Herrera del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) ubicado en la localidad de Jenaro Herrera – Requena - Loreto.

Se determinó el Flujo de CO<sub>2</sub> a través de la medición de la respiración utilizando un Analizador de Gases Infrarrojos EGM-4 (PP-System -Hitchin, UK), se realizó en tres tipos de bosque, dos de ellos ubicados en Llanura (Plantación<sup>1</sup> y en bosque natural<sup>2</sup>) y un tercero en Varillal de altura<sup>3</sup>. En los bosques referidos, también se determinó el contenido de carbono a tres profundidades (0-30, 30-60 y 60-100 cm) mediante el método del cilindro y método Walkley-Black.

Se analizó la variabilidad temporal del flujo de CO<sub>2</sub> y se determinó la relación entre el flujo de CO<sub>2</sub> con la temperatura promedio mensual y precipitación mensual. Adicionalmente se determinó la relación general entre el flujo de CO<sub>2</sub>, la temperatura y humedad del suelo.

En base a las mediciones realizadas se estima que la promedio de Respiración del Suelo (Flujo de CO<sub>2</sub>) en los bosques tropicales evaluados es de 0,220 g CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.hr<sup>-1</sup> (19,26t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), 0,167 g CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.hr<sup>-1</sup> (14,62 t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y 0,149 g CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.hr<sup>-1</sup> (13,04 t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) en “Plantación”, “Terraza alta” y “Varillal”, respectivamente.

Los tres tipos de bosque presentan la misma tendencia de almacenamiento de carbono, el mayor porcentaje en la capa superior y menor contenido de carbono a mayor profundidad. “Varillal” presento el mayor contenido de carbono, determinándose a 1m de profundidad

---

<sup>1</sup> Plantación en Llanura en adelante Plantación.

<sup>2</sup> Bosque Natural en Llanura en adelante Terraza Alta.

<sup>3</sup> Bosque tipo Varillal de Altura en adelante Varillal.

320,26 tC ha<sup>-1</sup>. Por otro lado se determinó 64,08 tC ha<sup>-1</sup> y 82,42 tC ha<sup>-1</sup> en “Plantación” y “Terraza Alta”, respectivamente.

**Palabras claves:** Carbono, respiración del suelo, suelos forestales, varillal, plantación

# ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
RESUMEN.....	V
ÍNDICE.....	VII
LISTA DE CUADROS.....	IX
LISTA DE FIGURAS.....	X
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
<b>3. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
3.1 CICLO DE CO <sub>2</sub> .....	4
3.2 STOCK Y FLUJO DE CARBONO.....	6
3.4 FLUJO DE CO <sub>2</sub> DEL SUELO.....	8
3.5 IMPORTANCIA AMBIENTAL DE LOS SUELOS.....	11
3.6 FACTORES INFLUYENTES EN LA DINÁMICA DEL CO <sub>2</sub> DEL SUELO.....	12
3.6.1 <i>Ubicación Geográfica</i> .....	12
3.6.2 <i>Humedad del suelo</i> .....	13
3.6.3 <i>Temperatura del aire y Precipitación</i> .....	14
3.6.4 <i>Materia Orgánica</i> .....	14
3.6.5 <i>Usos deL suelo</i> .....	15
3.7 ANALIZADOR DE GASES INFRAROJO: EGM-4 (PP-SYSTEMS, HITCHIN, UK, PPs).....	15
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>17</b>
4.1 ZONA DE ESTUDIO.....	17
4.1.1 <i>Clima</i> .....	19
4.1.2 <i>Fisiografía</i> .....	19
4.1.3 <i>Suelos</i> .....	19
4.2 MATERIALES Y EQUIPOS.....	23
4.3 METODOLOGÍA.....	24
4.3.1 <i>Flujo de Carbono</i> .....	24
4.3.2 <i>Stock de Carbono</i> .....	31
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>33</b>
5.1 FLUJO DE CARBONO.....	33
5.1.1 <i>Temperatura y Humedad del Suelo</i> .....	38
5.1.2 <i>Variación Temporal del Flujo de Carbono</i> .....	42
5.2 STOCK DE CARBONO.....	45
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>49</b>
<b>7. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>51</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>59</b>
TABLAS Y GRÁFICOS.....	59

BASE DE DATOS .....	66
ANÁLISIS DE SUELOS .....	90
DATOS METEREOLÓGICOS .....	92

## *Lista de cuadros*

	Página
<b>CUADRO 1</b> CARACTERIZACIÓN DEL EGM-4 (PP-SYSTEMS, HITCHIN, UK) .....	16
<b>CUADRO 2</b> FICHA TÉCNICA DE PLANTACIÓN EXPERIMENTAL 401-74.....	21
<b>CUADRO 3</b> NUMERO DE MUESTRAS TOMADAS EN CADA TIPO DE BOSQUE PARA DETERMINAR CONTENIDO DE CARBONO.....	32
<b>CUADRO 4</b> MÉTODOS EMPLEADOS PARA EL ANÁLISIS DE SUELOS.....	32
<b>CUADRO 5</b> FLUJO DE CARBONO, TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL SUELO EN LOS BOSQUES EVALUADOS.....	33
<b>CUADRO 6</b> INTERVALO DE CONFIANZA DEL FLUJO DE CARBONO EN LO BOSQUES DEL ESTUDIO.....	35
<b>CUADRO 7</b> PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA MUESTRAS INDEPENDIENTES.....	35
<b>CUADRO 8</b> TEMPERATURA Y HUMEDAD MENSUAL DEL SUELO POR TIPO DE BOSQUE.....	40
<b>CUADRO 9</b> PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA MUESTRAS INDEPENDIENTES.....	40
<b>CUADRO 10</b> PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA MUESTRAS INDEPENDIENTES.....	41
<b>CUADRO 11</b> COEFICIENTE DE CORRELACIÓN Y COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN.....	43
<b>CUADRO 12</b> CONTENIDO DE CARBONO POR TIPO DE BOSQUE ( $\text{TC ha}^{-1}$ ).....	45

## Lista de figuras

	Página
<b>FIGURA 1</b> CICLO DE CO <sub>2</sub> (FUENTE: <a href="http://ecologia2009.wordpress.com/">HTTP://ECOLOGIA2009.WORDPRESS.COM/</a> ).....	5
<b>FIGURA 2</b> STOCK Y FLUJO DE CARBONO (FUENTE: RAINFOR, 2007) .....	7
<b>FIGURA 3</b> ANALIZADOR DE GASES INFRAROJOS, PP- SYSTEMS (FUENTE: <a href="http://www.ppsystems.com">WWW.PPSYSTEMS.COM</a> ).....	15
<b>FIGURA 4</b> ZONA DE ESTUDIO (LORETO-REQUENA-JENARO HERRERA).....	17
<b>FIGURA 5</b> UBICACIÓN DE LAS PARCELAS DE EVALUACIÓN.....	18
<b>FIGURA 6</b> UBICACIÓN DE LAS PARCELAS EXPERIMENTALES DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE JENARO HERRERA .....	22
<b>FIGURA 7</b> PARCELAS PERMANENTES DE LA RED AMAZÓNICA DE INVENTARIO FORESTALES. (FUENTE: RAINFOR, 2009) .....	24
<b>FIGURA 8</b> DISTRIBUCIÓN DE LOS TUBOS DE MEDICIÓN DENTRO DE LA PARCELA DE MONITOREO. ....	25
<b>FIGURA 9</b> INSTALACIÓN DEL TUBO DE MEDICIÓN DE FLUJO DE CO <sub>2</sub> .....	26
<b>FIGURA 10</b> PROGRAMACIÓN DEL ANALIZADOR DE GASES INFRARROJOS EGM-4 .....	26
<b>FIGURA 11</b> MEDICIÓN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL SUELO .....	27
<b>FIGURA 12</b> MEDICIÓN DE LA PROFUNDIDAD DEL TUBO .....	28
<b>FIGURA 13</b> GRÁFICO DE CAJAS DE LOS TRES TIPOS DE BOSQUES DEL ESTUDIO. ....	34
<b>FIGURA 14</b> CAMPANA DE MEDICIÓN EN MEDIO DE SOTOBOSQUE.....	36
<b>FIGURA 15</b> PLANTACIÓN 401-74.....	37
<b>FIGURA 16</b> HOJARASCA PRESENTE EN (A) “TERRAZA ALTA”, (B) “PLANTACIÓN”. ....	38
<b>FIGURA 17</b> VARIACIÓN TEMPORAL DE LA TEMPERATURA DEL SUELO Y TENDENCIA EN RELACIÓN A LA (A) PRECIPITACIÓN Y (B) TEMPERATURA DEL AMBIENTE .....	39
<b>FIGURA 18</b> VARIACIÓN TEMPORAL DE LA HUMEDAD DEL SUELO Y TENDENCIA EN RELACIÓN A LA (A) PRECIPITACIÓN Y (B) TEMPERATURA DEL AMBIENTE .....	39
<b>FIGURA 19</b> VARIACIÓN TEMPORAL DEL FLUJO DE CO <sub>2</sub> DE LOS BOSQUES DEL ESTUDIO. ....	42
<b>FIGURA 20</b> VARIACIÓN TEMPORAL DEL FLUJO DE CO <sub>2</sub> Y TEMPERATURA DEL AMBIENTE.....	44
<b>FIGURA 21</b> VARIACIÓN TEMPORAL DEL FLUJO DE CO <sub>2</sub> Y PRECIPITACIÓN .....	44
<b>FIGURA 22</b> CALICATA DE MUESTREO EN “VARILLAL” .....	46
<b>FIGURA 23</b> (A) CONTENIDO DE CARBONO Y (B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE CARBONO DEL SUELO- PLANTACIÓN.....	46
<b>FIGURA 24</b> (A) CONTENIDO DE CARBONO Y (B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE CARBONO DEL SUELO – TERRAZA ALTA .....	47
<b>FIGURA 25</b> (A) CONTENIDO DE CARBONO Y (B) DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE CARBONO DEL SUELO - VARILLAL .....	47
<b>FIGURA 26</b> MUESTRAS DE SUELO ENTRE 30-60 CM DE PROFUNDIDAD TERRAZA ALTA (A) Y VARILLAL (B) .....	48



## **1. INTRODUCCIÓN**

El cambio climático en la actualidad ha dejado de ser una estadística y una posibilidad a un problema de escala mundial realmente alarmante y muchos países ya están viviendo las consecuencias, como el incremento de la temperatura; variaciones de la intensidad y frecuencia de las precipitaciones, desertificación, erosión, escases de agua y alimentos, que repercuten en el ámbito social y económico. El cambio climático se debe pues al aumento en la concentración CO<sub>2</sub> presente en la atmósfera, generado por las actividades antrópicas como la quema de compuestos fósiles, la industrialización, agricultura migratoria y quema y deforestación de bosques.

Es por ello que las instituciones y países a nivel mundial se han puesto de acuerdo para mitigar o disminuir este problema global. Desde la Conferencia de Estocolmo en 1972, seguido de la formación del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) en 1988, Protocolo de Kyoto en 1998 hasta la última Conferencia de Miembros de las Naciones Unidas en la Convención sobre el Cambio Climático (UNFCCC) en Diciembre del 2009. En el protocolo de Kyoto se propuso como objetivo mundial, y sobre todo de los países más desarrollados y los que emiten mayor cantidad de contaminantes, reducir en al menos 5,2% de estas emisiones de gases invernaderos globales, donde se encuentra incluido el CO<sub>2</sub> (GOF-C-GOLD, 2009; OMM y PNUMA, 2005).

Dentro del Protocolo de Kyoto (1998) se concertaron tres mecanismos internacionales denominados “Mecanismos de Flexibilidad”, donde tenemos a los Mecanismos de Implementación Conjunta (JI); Comercio de Derechos de Emisión (ET) y los Mecanismos de Desarrollo en Limpio (MDL), sólo este último es aplicable a países tropicales y cuyas emisiones son poco significativas a nivel global. Adicionalmente, en el 2007 se reconoció como mecanismo a la Reducción de Emisiones por Deforestación y degradación (REDD).

En el Perú, en el año 2005 se firmó un Convenio de Cooperación Interinstitucional entre el Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana (IIAP) y la Escuela de Geografía de la Universidad de Leeds, quienes por medio de la Red Amazónica de Inventarios Forestales

(RAINFOR) se encargaron del monitoreo de carbono en parcelas permanentes ubicadas en el Centro de Investigación Jenaro Herrera (CIJH) y en la Reserva Nacional Alpahuayo Mishana.

Los objetivos de esta cooperación son el entender y predecir cómo los diferentes bosques Amazónicos responden a un cambio climático, así como, entender los patrones espaciales y temporales de la dinámica y biomasa en relación con el clima y el suelo.

Respecto a los suelos es preciso referir que son uno de los más grandes almacenes de carbono del planeta, tres veces más carbono almacenado que la biomasa (FAO,2002). Por tal es importante desarrollar estudios de investigación que permitan conocer la dinámica de CO<sub>2</sub> dentro de estos. La cuantificación de la dinámica del carbono (Stock y flujo) en el suelo, tiene una gran valía ya que permitirá determinar si los suelos están funcionando como sumideros o emisores de CO<sub>2</sub>.

Es por ello que mediante la presente investigación se busca contribuir generando conocimientos acerca del flujo y stock de carbono en los suelos de los bosques tropicales, estimando la reserva y flujo de CO<sub>2</sub> de manera que se caracterice a los suelos de los bosques del estudio. Se busca demostrar que la importancia de preservar el bosque y de dar un adecuado manejo a las áreas degradadas no sólo se basa en mantener e incrementar las reservas de CO<sub>2</sub> en la biomasa sino también en los suelos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar el Flujo y Stock de carbono de los suelos en tres (03) tipos de bosque de la Amazonia Peruana.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Cuantificar el CO<sub>2</sub> emitido por el suelo a través de la respiración total en tres (03) tipos de bosque.

Determinar la variación y relación de las emisiones de CO<sub>2</sub> del suelo en función de la humedad y temperatura del suelo.

Determinar la variación y relación de las emisiones de CO<sub>2</sub> del suelo en función de la precipitación y temperatura del ambiente.

Cuantificar el almacén de carbono en el suelo de tres (03) tipos de bosque a tres (03) diferentes profundidades.

### 3. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1 CICLO DE CO<sub>2</sub>

El CO<sub>2</sub> es un gas incoloro, denso y poco reactivo. Forma parte de la composición de la tropósfera, actualmente en una proporción de 350 ppm (Segovia, 2009). Es muy conocido que existe una relación directa entre el calentamiento global o cambio climático y el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero provocado por las sociedades humanas tanto industrializadas como en desarrollo. Según Frers (2006) el nivel de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) ha aumentado un 31%; el metano (CH<sub>4</sub>) se ha incrementado un 145% y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) un 15%. Se sabe que las concentraciones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera en la actualidad superan las alcanzadas en el último medio millón de años, y probablemente en los últimos 20 millones de años.

El ciclo del carbono, que es el movimiento global del carbono entre el ambiente abiótico y los organismos, es la suma de los flujos de cuatro importantes depósitos: reservas de carbón orgánico, la atmósfera, los océanos y la biosfera terrestre (Oviedo, 2007).

Odum (1986) refiere que los ciclos de CO<sub>2</sub> y del agua son los ciclos biogeoquímicos de mayor importancia para la humanidad. Ambos se caracterizan por tener pozas muy activas, que son vulnerables a las perturbaciones artificiales, lo que a su vez puede modificar las condiciones meteorológicas y climáticas.

Todos los seres vivos, a excepción de algunas bacterias, respiran, inhalan oxígeno necesario para su metabolismo y exhalan dióxido de carbono. Todo este dióxido de carbono podría acumularse en la atmósfera si no fuera porque los seres fotosintéticos (todas las plantas, las algas y algunas bacterias) inhalan dióxido de carbono para extraer el carbono y fabricar su alimento. Pero además, exhalan oxígeno, reponiendo así el oxígeno consumido en la respiración heterótrofa. A grandes rasgos, es mayor el desprendimiento de dióxido de carbono en la respiración que su consumo en la fotosíntesis. Esto podría llevar al desequilibrio y producir una acumulación progresiva de dióxido de carbono en la atmósfera. Pero para evitar este desequilibrio entra en juego un segundo factor de relevancia: la solubilidad del dióxido de carbono en agua (Foley, 2005).

Las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera son afectadas principalmente por dos procesos antropogénicos: emisión de CO<sub>2</sub> por el consumo de combustible fósil, y por cambios en el uso del suelo, agricultura migratoria. La concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> se ha incrementado de 280 ppm a 350 ppm en los pasados 250 años y algunas proyecciones indican que para el año 2100 la concentración podría alcanzar 630 ppm (Montoya et al., 1995).

La intensificación del efecto invernadero en las últimas décadas, como consecuencia de los niveles más elevados de los gases de efecto invernadero (GEI); han limitado la capacidad regenerativa de la atmósfera para eliminar el dióxido de carbono (Aversano y Temperini, 2006).

Así pues, el dióxido de carbono constituye la vía principal de transferencia de carbono en el ciclo del carbono, a través de los diferentes sistemas terrestres (biosfera, hidrosfera, atmósfera y litosfera). El resultado final es la distribución del carbono en varios componentes de estos sistemas, que reciben por ello el nombre de "sumideros" de carbono (Oviedo, 2007).

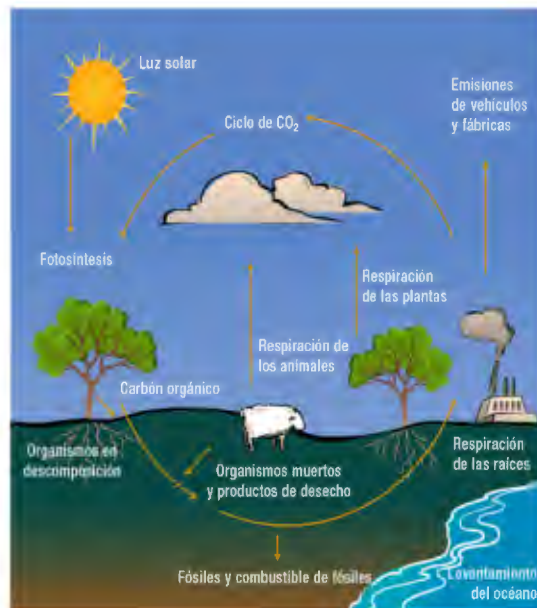


Figura 1 Ciclo de CO<sub>2</sub> (Fuente: <http://ecologia2009.wordpress.com/>)

### 3.2 STOCK Y FLUJO DE CARBONO

Honorio y Baker (2009) definen como stock a todo aquello que se encuentra almacenado en los componentes del bosque y a los flujos como todos aquellos procesos que afectan el stock. Por ejemplo, cuando se cuantifica el stock de un bosque, se muestrea: la biomasa viva almacenada en las hojas, las ramas, el fuste y las raíces; la necromasa almacenada en la hojarasca y la madera muerta; y el carbono en el suelo. Cuando se cuantifican los flujos del bosque se considera la variable tiempo y se muestrea: la productividad que es un resultado de la diferencia entre la fotosíntesis y la respiración expresada en el crecimiento del fuste, producción de ramas, producción de hojas, y producción de raíces; la mortalidad de troncos, ramas, hojas y raíces; y la descomposición de la madera y de la hojarasca causada por los organismos degradadores.

El flujo se puede descomponer en: flujo debido a la actividad fotosintética que fija el CO<sub>2</sub> atmosférico y flujo debido a la respiración que libera CO<sub>2</sub> a la atmósfera. La respiración del ecosistema se compone de la respiración de la cobertera foliar, del tejido leñoso y de las raíces de los árboles (respiración autotrófica del suelo) así como de la respiración de los microorganismos del suelo (respiración heterotrófica del suelo) (Oviedo, 2007).

Durante el tiempo en que el CO<sub>2</sub> se encuentra constituyendo alguna estructura del árbol o se encuentra de manera permanente y hasta que es enviado nuevamente a la atmósfera, se considera almacenado. En el momento de su liberación (ya sea por la descomposición de la materia orgánica y/o por la quema de la biomasa) el CO<sub>2</sub> fluye para regresar al ciclo del carbono (Benjamín, 1999).

La unidad en que se expresa la biomasa es t ha<sup>-1</sup> y el flujo en t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y además se considera que el 50% de la biomasa seca es carbono (Metcalf et al., 2009).

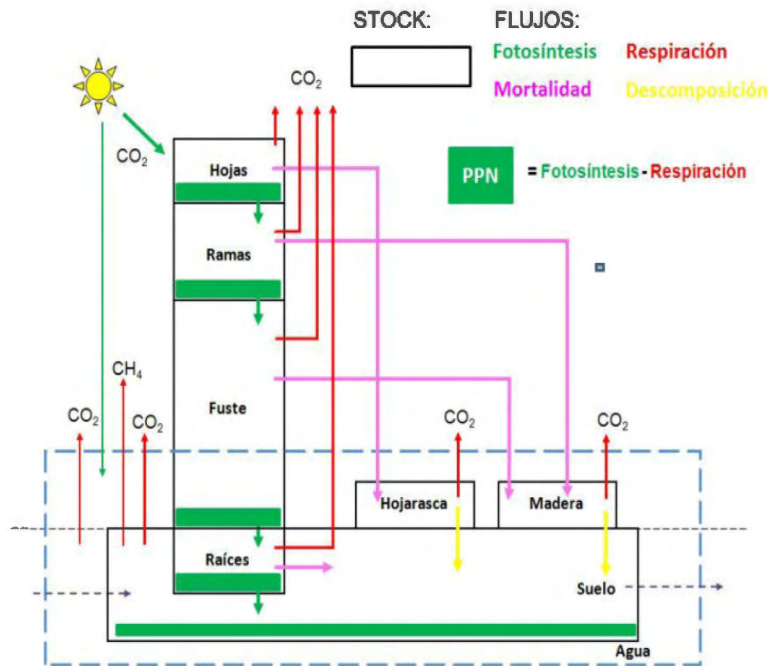


Figura 2 Stock y Flujo de Carbono (Fuente: RAINFOR, 2007)

### 3.3 STOCK DE CO<sub>2</sub> EN LOS SUELOS

Lal (2001, mencionado por Uriarte, 2003) alude que el reservorio de carbono del suelo es muy diferente en unas regiones y otras. En las zonas áridas, el carbono contenido en el primer metro de suelo es de unas 30 toneladas/hectárea, y es de unas 800 toneladas/hectáreas en las turberas de las latitudes altas. Determinando que el contenido promedio fluctúa entre las 50 y las 150 toneladas/hectárea.

Raich (1998) y Lal (2001), mencionado por Uriarte (2003) refieren que la cantidad de carbono presente varía entre los tipos de bosque y en respuesta de los diferentes factores ambientales.

Benjamin (1999) refiere que el carbono contenido en las capas que conforman el suelo forestal se origina por la fragmentación de la roca madre meteorizada por el establecimiento de un organismo vegetal que con el tiempo forma capas por acumulación de materiales. Al irse acumulando éstas y compactando, almacenan una cierta cantidad de carbono, misma que aumentará por la continuidad del proceso de formación del suelo.

Las existencias de carbono orgánico presente en los suelos naturales representan un balance dinámico entre la absorción de material vegetal muerto y la pérdida por descomposición (mineralización). En condiciones aeróbicas del suelo, gran parte del carbono que ingresa al mismo es lábil y sola una pequeña fracción (1%) del que ingresa ( $55 \text{ Pg año}^{-1}$ ) se acumula en la fracción húmica estable ( $0,4 \text{ Pg año}^{-1}$ ) (FAO, 2002).

Aragao et al. (2009) menciona que en base a 104 parcelas de evaluación en la Amazonia, establecidas por RAINFOR (Red Amazónica de Inventarios Forestales), se ha encontrado que entre los suelos con menor productividad se encuentran los Oxisoles (Sistema de Clasificación USDA) y entre los suelos con mayor productividad en suelos fértiles aluviales y en Inceptisol (Sistema de Clasificación USDA), estos últimos ya que al ser más fértiles permiten un mejor y mayor crecimiento de biomasa (sobre y bajo el suelo) de especies de baja densidad, lo que a su vez influye en la captura de  $\text{CO}_2$ .

El Centro Internacional de la Papa (CIP) junto con la Empresa Brasileira de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA), desarrollaron durante el 2009 un proyecto para la determinación del Stock de carbono en suelos del sur del Perú, estudio que se realizó evaluando el uso de suelo, cultivo, altitud, humedad y prácticas agrícolas. Este estudio permitió determinar que el stock de carbono de un bosque primario alcanza  $75,2 \text{ t ha}^{-1}$ .

Los contenidos de carbono en el suelo dependen de los principales factores a largo plazo relacionados con la formación del suelo pero pueden ser fuertemente modificados, degradados o mejorados, por los cambios en el uso y el manejo de la tierra. Los ecosistemas forestales contienen más carbono por unidad de superficie que cualquier otro tipo de uso de la tierra y sus suelos, que contienen cerca del 40 por ciento del total del carbono, son de importancia primaria cuando se considera el manejo de los bosques (FAO, 2002).

### **3.4 FLUJO DE $\text{CO}_2$ DEL SUELO**

Raich y Schlesinger (1992) refieren que el  $\text{CO}_2$  del suelo es producido por raíces, organismos del suelo y en una pequeña porción por la oxidación química de los materiales contenedores de carbono.



Los mismos autores definen como flujo de CO<sub>2</sub> del suelo al CO<sub>2</sub> emitido por la respiración del suelo. La respiración del suelo puede ser variadamente definido, Anderson (1982) define como respiración del suelo a la captura de O<sub>2</sub> o la emisión de CO<sub>2</sub> por las entidades vivientes metabolizantes del suelo. Oviedo (2007) refiere que el flujo de CO<sub>2</sub> de suelo o la cantidad de dióxido de carbono que se intercambia entre la atmósfera y el suelo pueden ser medido por unidad de superficie y por unidad de tiempo.

Los menores índices de respiración del suelo ocurren en los más fríos y secos ecosistemas (Tundras y Desiertos), y los más altos índices ocurren en los bosques húmedos tropicales donde la temperatura y la humedad disponible son altas en todo el año. Concluyen entonces que la temperatura del aire es el mejor predictor de la respiración del suelo, pero la inclusión de la variable precipitación incrementa el poder predictivo (Raich y Schlesinger, 1992).

Según Moreira y Siqueira (2002, citado por Krebs, 2003), la respiración es uno de los parámetros más antiguos para cuantificar la actividad microbiana. Ella representa la oxidación de la materia orgánica hasta la formación del CO<sub>2</sub> por organismos aeróbicos del suelo, que por lo tanto utilizan O<sub>2</sub> como aceptor final de electrones, hasta el CO<sub>2</sub>.

Según Raich y Schlesinger (1992) el flujo de carbono en el suelo define el grado o índice de dinamismo del compuesto dentro del ciclo en el suelo, además mencionan que la respiración del suelo está definida como la producción total de CO<sub>2</sub> en suelo intacto proveniente de la respiración de organismos del suelo, raíces y micorrizas.

Los autores antes mencionados realizaron uno de los primeros estudios de flujo de CO<sub>2</sub> del suelo e investigaron la influencia de la temperatura, precipitación y vegetación en el flujo de CO<sub>2</sub>. Los mismos autores mencionan que el flujo global de CO<sub>2</sub> de los suelos se estima en 68 ±4 PgC año<sup>-1</sup> basado en extrapolaciones de diversas áreas secas, semi secas y regiones tropicales. Determinando además que existe relación del flujo de CO<sub>2</sub> con la temperatura y humedad.

La respiración del suelo (Rs) es derivada de la respiración autotrófica de raíces (Rr) y respiración heterotrófica de los microorganismos que descomponen la materia orgánica (R<sub>som</sub>) y la hojarasca de la superficie del terreno (R<sub>I</sub>) (Metcalfé et al., 2007). Se puede expresar mediante la siguiente relación:

$$R_S = R_a + R_h$$

$$R_S = R_r + R_{som} + R_l$$

Hanson et al. (2000, mencionado por Metcalfe et al., 2007) refiere que  $R_{som}$  incluye el  $CO_2$  derivado de la descomposición microbiana del tejido fino y exudados de la raíz, además de la contribución de las micorrizas. Estas diferentes fuentes de  $CO_2$  del suelo pueden responder al cambio ambiental en diferentes formas, se estima que el componente autotrófico contribuye en un rango de 12-93%, dependiendo del ecosistema estudiado y el método de estimación.

$R_l$  y  $R_{som}$  están directamente manejados por la actividad microbiana, el cual está fuertemente afectado por la temperatura y humedad disponible.  $R_r$  es también en parte un producto del nivel de actividad metabólica dentro de las raíces finas y es afectado por la temperatura del suelo, disponibilidad de agua, fuente de Nitrógeno y fuente de fotosíntesis sobre el suelo.

Parkin y Robinson (1992), mencionados por Quemada y Menacho (1999), refieren que las medidas de respiración del suelo tomadas en condiciones de campo presentan alta variabilidad y que producen distribuciones asimétricas lo cual afecta negativamente a la capacidad de los análisis estadísticos para detectar diferencias entre tratamientos.

Aragao et al (2009) recomienda que las poblaciones con distribución anormal deberán asumir distribución normal si y sólo si al transformarlos estadísticamente cumplan con la condición de normalidad, el procesamiento después de las pruebas de normalidad deberán ser las misma que las poblaciones normales.

Aragao et al. (2009) determinaron que el menor flujo de carbono se presenta en los bosques de arena con un promedio de  $9,3 \pm 1,3 \text{ t CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , mientras que los bosques primarios presentan un flujo de  $CO_2$  promedio de  $17,0 \pm 1,4 \text{ t CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ .

### 3.5 IMPORTANCIA AMBIENTAL DE LOS SUELOS

El suelo constituye un sistema abierto, con entradas de tipo atmosféricas y salidas que pueden ser superficiales, en forma de escurrimiento y erosión. Por otro lado, en el cuerpo mismo del suelo se producen una serie de transformaciones que involucran la presencia de microorganismos, agua, raíces, intercambio de gases, descomposición y neoformaciones, entre muchos otros procesos (INE- SEMARNAT, 2007). Bashkin y Binkley (1998) refieren que los bosques en general tienen una mayor influencia en las condiciones del suelo que la mayoría de los otros tipos de ecosistemas de plantas.

La función más conocida es la de soporte y suministro de nutrientes a las plantas. De ahí que la degradación del suelo esté considerada como el mayor problema ambiental que amenaza la producción mundial de alimentos y una de las principales amenazas para el desarrollo sostenible de los terrenos agrícolas (OMM y PNUMA, 2005). No obstante, el suelo cumple con otras funciones igualmente trascendentes, como la de constituir un medio filtrante que permite la recarga de los acuíferos, influyendo también en la calidad del agua (Llerena, 2005).

Asimismo constituye el medio donde se realizan ciclos biogeoquímicos necesarios para el reciclaje de los compuestos orgánicos. Como resultado de este proceso, se estima que el contenido de carbón almacenado en el primer metro del suelo es 1,5 veces mayor a aquél acumulado en la biomasa, constituyendo la tercera fuente más importante de carbono (Lal, 1999). Este secuestro de carbono en el suelo, reduce su liberación a la atmósfera como CO<sub>2</sub>, uno de los principales gases “invernadero” responsables del cambio climático.

El suelo funciona también como hábitat para una miríada de organismos, desde células microscópicas a pequeños mamíferos y reptiles, manteniendo una amplia biodiversidad (INE-SEMARNAT, 2007).

El estudio de los suelos presenta alta variabilidad, según Álvarez y Soini (2000) los suelos de tierra firme en particular, como resultado de millones de años de orogenia andina, de perturbaciones fluviales y por los factores climáticos, presentan grandes variaciones espaciales en las características del suelo, particularmente en textura, edad, origen, contenido de nutrientes y estado de meteorización.

### 3.6 FACTORES INFLUYENTES EN LA DINÁMICA DEL CO<sub>2</sub> DEL SUELO

El índice al cual el CO<sub>2</sub> se mueve del suelo a la atmosfera es controlado por el índice de producción en el suelo, la gradiente de concentración entre el suelo y la atmósfera, velocidad del viento, temperatura del aire y propiedades del suelo como tamaños de poros y textura (Raich y Schlesinger, 1992).

La respiración del suelo, sus flujos y componentes pueden exhibir sustancialmente la variabilidad espacial y temporal, que no es fácilmente atribuible a los cambios de temperatura y humedad del suelo. La temperatura del suelo no contribuye significativamente en la respiración total pero existe una relación significante con la humedad del suelo (Metcalf et al., 2007). La respiración del suelo depende de la temperatura (Oviedo, 2007) y humedad del suelo (Oviedo, 2007; Metcalfe, 2007).

Según Raich (1998), la respiración del suelo esta relacionada con la textura del suelo. El autor en mención determinó que la respiración del suelo decrece al disminuir el contenido de arcilla. Sin embargo Aragao et al (2009) determinaron que no existe diferencias significativas en la producción de biomasa de raíces en suelos arcillosos y arenosos, es decir que la respiración autótrofa (raíces) se mantendrá casi constante.

#### 3.6.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Aproximadamente el 37% de carbono se encuentra en latitudes bajas (0° a 25° lat.), 14% en las medias (25° a 50° lat.) y 49% en las altas (50° a 75°lat.). Los biomas boreales circumpolares tienen una cobertura de  $2 \times 10^9$  ha en el hemisferio norte, y contienen 800 PgC en reservas de carbono contenido en la biomasa, detritus, suelo y turba. En los ecosistemas forestales boreales, la biomasa, el detritus, la turba (con 419 PgC) y el suelo (con 290 PgC) contienen en su totalidad 709 PgC, mientras que los bosques tropicales almacenan en la vegetación y el suelo 159 PgC y 216 PgC, respectivamente, para un total de 375 PgC. (Benjamin, 1999)

### 3.6.2 HUMEDAD DEL SUELO

Según Anderson (1982) existen cuatro tipos importantes de humedad y por lo tanto pueden existir cuatro condiciones de intercambio de gas:

- El suelo puede ser seco.
- Bien drenado bien y húmedo, con una gran cantidad de poros del suelo llenos de aire.
- Puede ser inundado.
- O haber sido inundados recientemente por períodos largos, y tiene así pocos poros llenos gas.

Los suelos inundados, en la mayor parte de las veces, serán anaerobios, y la respiración en éstos será confinada sobre todo a las bacterias y levaduras, aunque en algunas situaciones la respiración de la raíz también ocurrirá. Debe ser observado que con las plantas adaptadas para sobrevivir en las situaciones inundadas (Hidrofitas), el intercambio de gas en los alrededores de la raíz puede ser tal que las regiones de la rizosfera existen en condiciones semiaeróbicas o totalmente aeróbicas (Anderson, 1982).

En suelos húmedos secos o bien drenados, las respiraciones serán principalmente aerobias e implicarán intercambios libres del  $O_2$  y del  $CO_2$  por la microflora, la microfauna, el macrofauna, y las raíces de la planta. Sin embargo, en los suelos húmedos, al menos una mínima contribución en la producción de  $CO_2$  se debe a los micro hábitats. El grado de esta contribución dependerá de la estructura del suelo y de su contenido en agua. El buen drenado de los suelos permite o incrementa la aireación del suelo y debería por ello incrementar el índice de respiración del suelo quitando el oxígeno limitado por los organismos del suelo (Anderson, 1982).

### 3.6.3 TEMPERATURA DEL AIRE Y PRECIPITACIÓN

En relación a la temperatura (Raich y Schlesinger, 1992) aluden que los rangos más bajos de respiración del suelo ocurren en los lugares fríos (Tundra) y secos (Desiertos), y que los mayores rangos ocurren en los bosques húmedos tropicales donde la temperatura y son mayores durante todo el año. Por lo que a gran escala la respiración del suelo esta correlacionada significativamente con la temperatura media del aire y la precipitación media anual. Los mismos autores mencionan que la temperatura, sola, permite una buena predicción de la  $R_s$  anual en una locación específica, pero la inclusión de la precipitación en una regresión incrementa la poder de predicción.

### 3.6.4 MATERIA ORGÁNICA

La materia orgánica del suelo tiene una composición muy compleja y heterogénea y está por lo general mezclada o asociada con los constituyentes minerales del suelo además las partículas de materia orgánica son muy sensibles a los cambios en el uso de la tierra (FAO, 2002).

La materia orgánica del suelo es un indicador de la calidad del suelo, ya que incide directamente sobre propiedades edáficas, como estructura y disponibilidad de carbono y nitrógeno (Gregorich *et al.*, 1984 nombrado por Silva, 2004).

Es un componente clave en los ecosistemas terrestres, tanto en su concentración como en distribución, su contenido y calidad tienen un importante efecto en los procesos que ocurren dentro de los ecosistemas. En sistemas con pérdidas de materia orgánica superiores a las ganancias, rompe el equilibrio, en el suelo y puede actuar como fuente constante de  $CO_2$  hacia la atmósfera (Sá, 2007).

Cazorla (2008) menciona que la materia orgánica del suelo está compuesta por sustancias carbonadas orgánicas, y se encuentran desde materiales vegetales frescos sin descomponer hasta cadenas carbonadas muy transformadas y estables como los ácidos húmicos. Estas sustancias carbonadas provienen de restos vegetales, raíces de plantas, restos animales (macro, meso y microfauna), bacterias y hongos.

### 3.6.5 USOS DEL SUELO

Otro factor determinante es la vegetación y el suelo, Houghton y Skole (1990, mencionado por Montoya *et al.*, 1995) mencionan que la vegetación y el suelo sin manejo forestal retienen de 20 a 100 veces más carbono por unidad de área que los sistemas agrícolas. De manera que la liberación de carbono a la atmósfera como efecto de los cambios en el uso del suelo, pero principalmente de la deforestación, entre 1850 y 1987 se ha estimado entre 80 y 150 PgC.

El contenido de carbono y la capacidad de fijar CO<sub>2</sub> por unidad de superficie en las tierras áridas son bajos, pueden de cualquier manera hacer una contribución importante a la captura global de carbono y al mismo tiempo prevenir o disminuir la tasa de desertificación (FAO, 2002).

Thurman (2005) refiere que la cantidad de CO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera después del cambio de uso de suelo de bosque a agricultura, depende de la rapidez de regeneración del bosque, de la biomasa de la vegetación cortada, del rebrote y crecimiento de nueva vegetación.

Raich (1998) refiere que los bosques disturbados y con alta dinámica en recuperación presentan mayor respiración de suelos o flujo de carbono.

### 3.7 ANALIZADOR DE GASES INFRAROJO: EGM-4 (PP-SYSTEMS, HITCHIN, UK, PPS)



**Figura 3** Analizador de Gases Infrarojos, PP- Systems (*Fuente: www.ppsystems.com*)

EGM-4 (PP-Systems, Hitchin, UK) es usado junto con una cámara de respiración de suelo SRC-1 (PP-Systems, Hitchin, UK). La cámara es cilíndrica con unas dimensiones de 15 cm de alto por 10 cm de diámetro. Viene equipado con un ventilador para mezclar el aire. En cámaras cerradas con sistema IRGA el aire circula a lo largo de un circuito entre la cámara y el IRGA externo (PP-Systems, 2003).

IRGA es un haz de luz infrarroja que incide sobre una muestra de aire dentro de un recinto o “IRGA bench”. Como el dióxido de carbono tiene una banda de absorción muy fuerte a en el infrarrojo, los IRGA’s emiten de forma importante a ese espectro de onda. Dependiendo de dicha absorción, la radiación que llega a un sensor decrece y se puede conocer la cantidad de moléculas de CO<sub>2</sub> existente en la muestra de aire (Oviedo, 2007).

Mide el grado de acumulación de CO<sub>2</sub> en la cámara, para estimar el flujo de CO<sub>2</sub> de todo lo que se encuentre incluido dentro de este (Metcalfé et al., 2009).

**Cuadro 1** Caracterización del EGM-4 (PP-Systems, Hitchin, UK)

<b>Característica</b>	<b>PP- Sytem (PPS)</b>
Precisión	1%
Funcionamiento	Manual
Aproximación	Lineal o Cuadrática
Rango de medidas	0-100000 ppm
Tipo IRGA	Rayo Infrarrojo no dispersivo
Longitud de onda IRGA	4,26 μm
Movimiento del aire	Ventilador
Instrumentación en IRGA Bench	Barómetro

*Fuente: Oviedo, 2007*

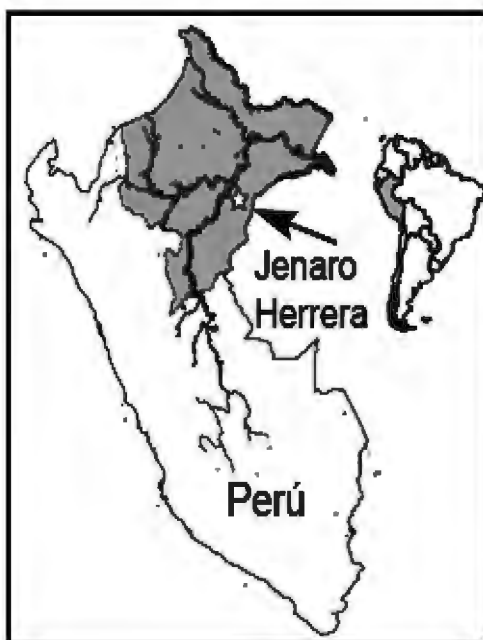


## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

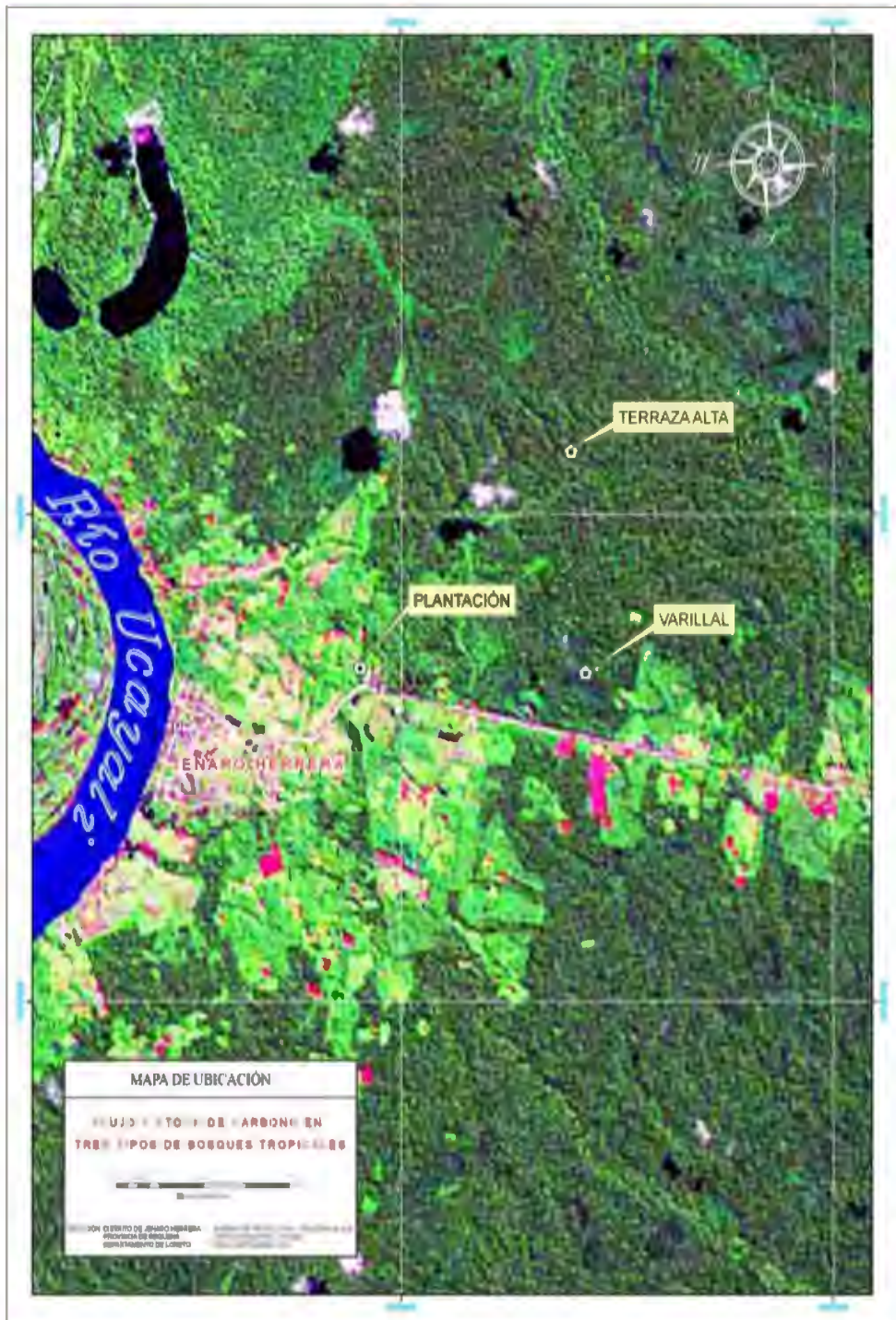
### 4.1 ZONA DE ESTUDIO

El estudio se desarrolló en los bosques del Centro de Investigaciones Jenaro Herrera (CIJH) perteneciente al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) ubicado en la localidad de Jenaro Herrera, perteneciente al distrito de Jenaro Herrera, provincia de Requena, departamento de Loreto, en la margen derecha del río Ucayali a unos 200 km al sur de Iquitos (Freitas, 1996).

Geográficamente se encuentra entre las coordenadas 73°44'O y 4°55'S y a una altitud promedio de 140 msnm (Freitas, 1996). Según el mapa ecológico de zonas de vida el área se ubica dentro de la zona de vida bosque húmedo Tropical (bh-T).



**Figura 4** Zona de Estudio (Loreto-Requena-Jenaro Herrera)



**Figura 5** Ubicación de las parcelas de evaluación

#### 4.1.1 CLIMA

El clima es ecuatorial, con  $2\ 759 \pm 553$  mm de precipitación promedio anual, la menor precipitación ocurre durante los meses de junio a setiembre. La temperatura media es de  $26,8 \pm 1,5^{\circ}\text{C}$ , con mínima y máxima de  $20,6$  y  $32,9^{\circ}\text{C}$ ; respectivamente.

La humedad relativa promedio es de  $85,9\%$ , con valores menores de julio a octubre ( $84,0$ - $85,2\%$ ) y valores máximos en los meses de febrero y abril ( $87,2\%$ ). Durante los periodos marzo-mayo y agosto-octubre ocurren los valores máximos y mínimos del nivel del río Ucayali respectivamente (Nebel *et al.*, 2001 mencionado por Honorio *et al.*, 2008)

#### 4.1.2 FISIOGRAFÍA

La fisiografía de la zona de Jenaro Herrera ha sido dividida en cinco grandes unidades de acuerdo a criterios geomorfológicos. La planicie de inundación, terraza de inundación, terraza baja, terraza alta y colina baja. Mientras que las dos primeras unidades están localizadas en la planicie aluvial las tres restantes están en la planicie interfluvial. (López-Parodi y Freitas, 1986).

#### 4.1.3 SUELOS

Los suelos de la llanura amazónica están representados por dos zonas bien definidas; la primera por una Llanura fluvial que sufre inundaciones periódicas que renueva sus nutrientes fertilizándose naturalmente y la segunda, Llanura aluvial no inundable que se caracteriza por presentar un cuadro de fertilidad relativamente baja, por la razón de estar sometida a elevadas temperaturas y excesiva precipitación, que contribuye a un alto grado de lixiviación, consecuencia de ello es su fuerte acidez, baja capacidad de intercambio catiónico y alto porcentaje de saturación de aluminio. (Riva, 1992)

Los suelos de la zona no inundable pertenecen predominantemente al orden Ultisols. La textura varía de franco arcillo-arenosa a franco arenoso. Tienen reacción ácida. El contenido de materia orgánica es bajo. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la disponibilidad de

nutrientes también es muy baja, con un 90- 95% de Aluminio intercambiable (Inga y López, 2001).

La fase experimental del presente estudio se ha desarrollado en tres tipos de bosques que corresponden a la llanura interfluvial, específicamente en la unidad fisiográfica denominada Terraza Alta. La terraza alta se presenta como una extensa llanura ubicada a unos 30 m sobre el máximo nivel de aguas del río Ucayali, al sureste del pueblo de Jenaro Herrera. La caracterización de los suelos de los tres tipos de bosques se explica a continuación.

a) Llanura

Presenta suelos anaranjados que se caracterizan por ser fuertemente ácidos, franco areno arcilloso a arcillo arenoso sin fragmentos gruesos y de color pardo oscuro (7,5 YR 4/4) a rojo-amarillo (5YR 4,5/8) en profundidad. El suelo es moderadamente suelto y presenta una estructura granular con intensa presencia de raíces hasta una profundidad de 60-70 cm, por debajo de la cual la estructura se transforma en masiva. Es un suelo fresco, de alta permeabilidad y donde la napa freática se encuentra en profundidad. La capa superficial de materia orgánica es suelta y con un espesor menor de 2 cm. Presenta una vegetación diferenciada; el centro de la terraza (10% de la superficie) está ocupada por un bosque ralo de pocos metros de altura, llamado chamizal y que aparece en forma de islas de 10-50 ha, mientras que en las áreas colindantes crece un bosque latifoliado alto y denso (60-65% de la superficie) (Claussi *et al.*, 1992).

b) Varillal de terraza alta (Bajiales)

Los suelos de los fondos de valle (bajiales) presentan un pH más bajo que en los suelos de la llanura, la disponibilidad de nutrientes igual o algo mayor y la actividad biológica sensiblemente menor, debido probablemente a las condiciones hídricas. Al pie de las laderas aparecen a menudo hondonadas húmedas profundas, llanas y alargadas, cuyos suelos presentan un marcado horizonte arcilloso de color

gris. Como consecuencia de lluvias casi diarias e inundaciones periódicas, la napa freática se mantiene continuamente cerca de la superficie en los suelos arcillosos, mientras que en los de textura arenoso franco fluctúa entre la superficie y 50 cm de profundidad. Predominan condiciones reductoras y no aparecen, por lo tanto, los típicos moteados rojizos sino colores que van desde gris amarillento pálido a gris verde oliva oscuro (Claussi et al., 1992).

Es entallada por valles de 6 a 12 m de profundidad y 10 a 300 m de ancho; recorridos por quebradas que forman meandros, y laderas con pendientes de 10 a 20%. Los bajiales ocupan 25 a 30% de la superficie total de la terraza alta (Marmillod, 1982).

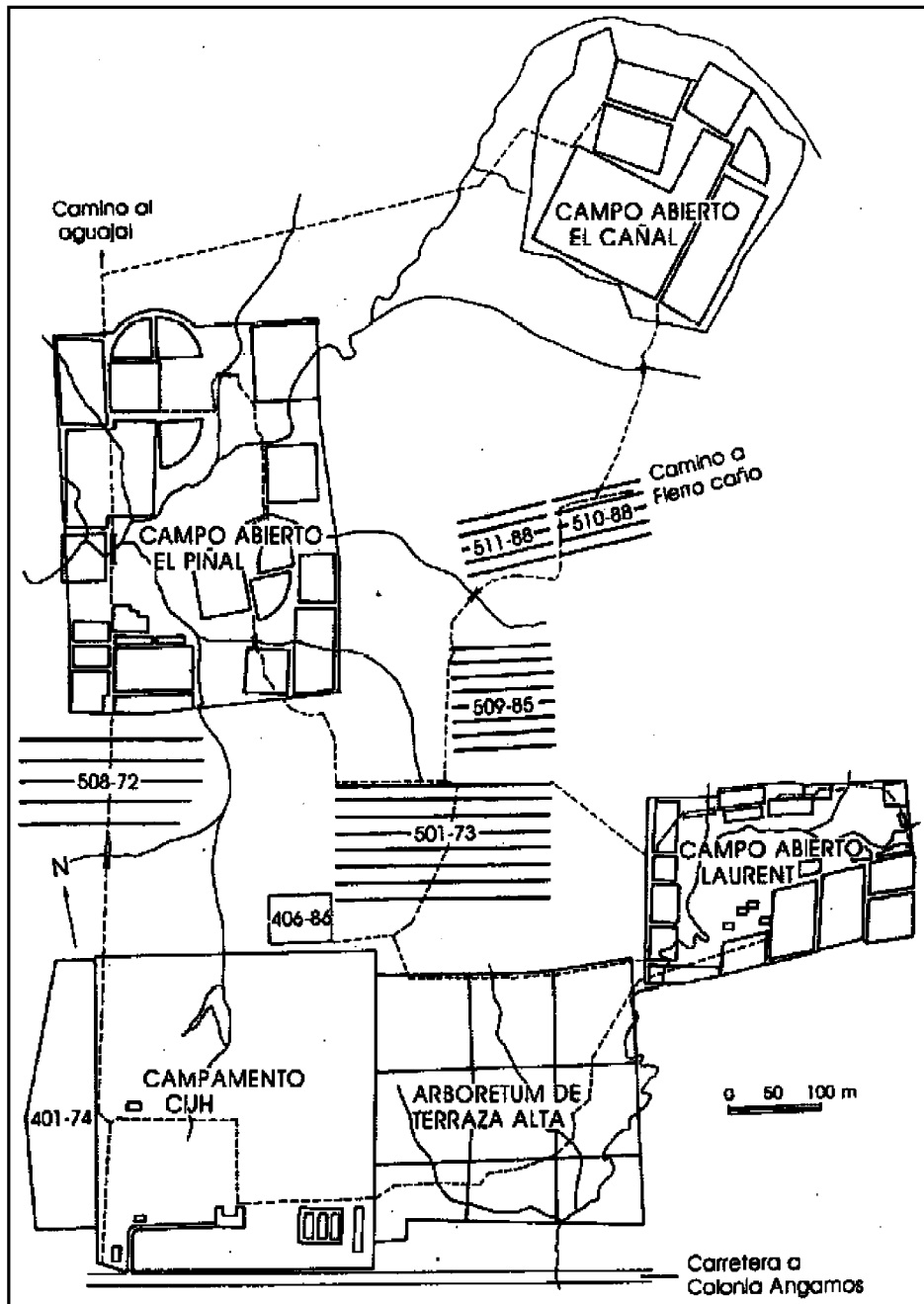
c) Plantación experimental silvicultural en Llanura(401-74)

Se ubica al costado oeste del campamento principal, cerca del comedor. La plantación estaba inicialmente compuesta por 2 especies, *Cedrelinga catenaeformis* “Tornillo” y *Simarouba amara* “Marupá”. En la actualidad y a causa de los raleos solo se presentan individuos de *Cedrelinga catenaeformis*.

**Cuadro 2** Ficha Técnica de plantación experimental 401-74

<i>Fecha de plantación</i>	15 diciembre 1 974
<i>Área plantada</i>	17 664 m <sup>2</sup>
<i>Espaciamento</i>	3x4 m entre especies y 3x8 m entre la misma especie, haciendo un total 1 472 árboles plantados, en líneas alternadas de tomillo (741 árboles) y marupá (731 árboles).
<i>Suelos</i>	Textura franco-arcillosa, arcillosa en más de 60 cm de profundidad.
<i>Vegetación anterior</i>	Bosque alto fuertemente intervenido, aprovechado y cortado en 1 974, no se realizó ninguna quema.

*Fuente: Claussi et al., 1992.*



**Figura 6** Ubicación de las parcelas experimentales del Centro de Investigación de Jenaro Herrera

## 4.2 MATERIALES Y EQUIPOS

- Tubos de PVC (13 cm de diámetro x 10 cm de largo)
- Rafia
- Cilindros de muestreo de suelos
- Bolsas plásticas
- Pala
- Cierre
- Regla metálica
- Analizador de Gases Infrarrojo EGM-4(PP-System -Hitchin, UK).
- Cámara sellada SCR-1 IRGA (PP-System -Hitchin, UK).
- Higrómetro- Hydrosense(Campbell Scientific Inc., Utah.USA)
- Termómetro- Testo 926 (Testo Ltd., Hampshire, UK)
- Termómetro digital con sensor de máxima y mínima (TFA modelo Sonda, Alemania)
- GPS Garmin Gpsmap 76cx
- Software y Cable de transferencia de datos (USB) RS232

## 4.3 METODOLOGÍA

### 4.3.1 FLUJO DE CARBONO

#### A) INSTALACIÓN DEL EXPERIMENTO

Durante el mes de agosto del 2009 se establecieron tres parcelas de monitoreo permanente de una hectárea cada una, en áreas del Centro de Investigación Jenaro Herrera. Fisiográficamente se ubican en terraza alta específicamente en las unidades fisiográficas de Llanura, en plantación (Cedrelinga catenaeformis y Simarouba amara) y en bosque natural (Terraza alta), y una en bajial (Varillal). La instalación estuvo a cargo del personal de IIAP y fue supervisada por especialistas de RAINFOR (Red Amazónica de Inventarios Forestales).



**Figura 7** Parcelas permanentes de la Red Amazónica de Inventario Forestales. (Fuente: RAINFOR, 2009)

Es preciso acotar que la instalación de las parcelas se realizó como parte del Programa de investigación en Manejo Integral del Bosque y Servicios Ambientales (PROBOSQUES) del



Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana. Así mismo las referidas parcelas se encuentran consideradas como parte de la red internacional de parcelas establecidas para estudiar la dinámica y biomasa de los bosques amazónicos. Desde el año 2000, RAINFOR ha establecido una serie de parcelas para el monitoreo a largo plazo de esta región, la distribución de las parcelas en América del Sur se presenta en la Figura 7.

Se contempló el estudio en los bosques de terraza alta pues son los sitios donde se producen los mayores impactos por la agricultura y poseen lenta recuperación por la constante presión antropica. Por ello se estableció una parcela en un bosque natural y otro en plantación con el objeto de comparar los efectos de la deforestación y el proceso de recuperación<sup>4</sup>. Finalmente se ubicó una tercera parcela en bajial ya que se considera un ecosistema frágil, donde se presenta vegetación diferenciada y especializada (Álvarez, 1999).

Para la toma de mediciones del flujo de CO<sub>2</sub>, dentro de las parcelas de monitoreo permanente en los tres tipos bosque del estudio (Terraza Alta, Varillal y Plantación con *Cedrelinga catenaeformis* y *Simarouba amara*), se instalaron 25 tubos PVC distribuidos de manera sistemática en un área de una hectárea (100 x 100 m). Se dividió la hectárea de estudio en 25 subparcelas y se instaló un tubo en el centro de cada una, tal como se observa en la Figura 8. Los tubos fueron insertados en el suelo a un centímetro de profundidad, se procuró en todo momento no alterar el área. Se cercó un radio de 20 cm con rafia y estacas pequeñas para su mejor conservación y ubicación (Figura 9). La instalación se efectuó un mes antes de la primera toma de datos y siguió la siguiente distribución.

1	2	3	4	5
●	●	●	●	●
6	7	8	9	10
●	●	●	●	●
11	12	13	14	15
●	●	●	●	●
16	17	18	19	20
●	●	●	●	●
21	22	23	24	25
●	●	●	●	●

**Figura 8** Distribución de los tubos de medición dentro de la parcela de monitoreo.

<sup>4</sup> Yepes, F. 2010. Ubicación de parcelas de evaluación (Correspondencia personal). Iquitos. IIAP



**Figura 9** Instalación del tubo de medición de flujo de CO<sub>2</sub>.

## *B) TOMA DE DATOS*

### *Flujo de Carbono*

Se utilizó un analizador de gases infrarrojos denominado EGM- 4 y una cámara cerrada denominada SRC-1 de la empresa PP Systems. Antes de cada medición se conectó el analizador de gases EGM- 4 a la cámara SCR-1 y se procedió a su programación.



**Figura 10** Programación del Analizador de gases infrarrojos EGM-4

El analizador de gases requiere de 15 segundos para estabilizar los gases que se encuentran dentro de la cámara y los del ambiente, por ello durante este tiempo la cámara se mantuvo a una distancia aproximada de un metro del cuerpo del evaluador para evitar la contaminación de los gases de la cámara. Terminado este tiempo se colocó la cámara alrededor del tubo de

medición y se procedió a la toma de medidas. El tiempo establecido por cada medición fue de 2 minutos. La toma de mediciones se realizó entre las 6 am a 10 am.

### *Temperatura y Humedad del suelo*

Como se aprecia en la Figura 11, dentro de un radio de 10 cm del tubo de medición y con el uso del termómetro “Testo 926” se determinó la temperatura del suelo a 10cm de profundidad y con el higrómetro “Hydrosense” se determinó la humedad del suelo a una profundidad de 20cm (Metcalf *et al.* 2009). Las mediciones se realizaron simultáneamente a la toma de datos de flujo de carbono y la profundidad de medición se determinó en función de la longitud de los sensores.

Se tomó una medida de temperatura y una de humedad de suelo en cada uno de los 25 puntos de muestreo que conforman la parcela, al igual que el flujo de carbono las mediciones de Temperatura y Humedad del suelo tuvieron una frecuente mensual.



**Figura 11** Medición de Temperatura y Humedad del suelo

### *Temperatura del aire y presión atmosférica*

Para la determinación del flujo de carbono la temperatura del aire se midió haciendo uso de un termómetro digital con sensor de máxima y mínima, la medición se realizó simultáneamente a la toma de datos de Temperatura y Humedad del Suelo. El termómetro se ubicó a una altura aproximada de un metro, sobre ramas circundantes al tubo de medición de flujo de CO<sub>2</sub>. La medición se realizó en cada uno de los 25 puntos de muestreo que conforman la parcela y al

igual que el flujo de carbono las mediciones de Temperatura del aire tuvieron una frecuencia mensual. El analizador de gases infrarrojos denominado EGM- 4 determina automáticamente la presión atmosférica durante las mediciones de flujo de carbono.

Los datos requeridos para determinar la correlación entre el flujo de carbono con la temperatura media mensual y precipitación mensual se obtuvieron del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Estos datos provinieron de la estación meteorológica convencional ubicada en el distrito de Jenaro Herrera- Requena- Loreto. Es preciso mencionar que para acceder a los datos meteorológicos es necesario realizar un pago pre-establecido por SENAMHI.

#### *Profundidad del tubo de Medición*

Como lo muestra Figura 12, la profundidad del tubo se determinó en tres puntos diferentes, para los cálculos matemáticos de corrección del volumen de la cámara se usó el promedio de estos (Metcalf *et al.* 2009).



**Figura 12** Medición de la profundidad del tubo

### C) PROCESAMIENTO

#### *Calculo del flujo de carbono*

Las mediciones adquiridas fueron descargadas al computador con ayuda de software y cable USB RS232, el programa permitía el almacenamiento de datos en formato xls. (Microsoft office Excel) de manera automática. Se determinó el flujo de CO<sub>2</sub> en g de CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> hr<sup>-1</sup>, usando la siguiente relación (Metcalfé *et al.*, 2009):

$$R_{uc} = ((C_{10} - C_1) / (T_{10} - T_1)) \times (P / 1000) \times (273 / T + 273) \times (44.01 / 22.41) \times (V_d / A) / 1000 \times 3600$$

Donde:

$R_{uc}$  = Respiración en g de CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> hr<sup>-1</sup>

$C_{10}$  y  $C_1$  = Concentración de CO<sub>2</sub> en ppm de la 10° y 1°.

$T_{10} - T_1$  = Tiempo en segundos desde que la medición 10° y 1° empiezan.

$P$  = presión atmosférica (milibar)

$T$  = Temperatura del aire

$V_d$  = Volumen de la cámara m<sup>3</sup> ( $V_d = \pi * r^2 * h$ )

$A$  = Área de la sección del tubo en m<sup>2</sup> ( $A = \pi * r^2$ )

#### *Corrección del volumen de cámara*

Se corrigió las diferencias del volumen de la cámara de defectos predeterminados, que se dan para dar un ajuste en la falta de volumen del tubo que sella el comportamiento del suelo. Se usaron las siguientes relaciones (Metcalfé *et al.*, 2009):

$$R_c = R_{uc} \times A / V_d \times (V_a + V_d) / A$$

Donde:

$R_{uc}$  = Respiración en g de CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> hr<sup>-1</sup>

$R_c$  = Flujo de respiración corregida

$V_a$  = Volumen adicional (Determinado con la altura del tubo registrada)

$V_d$  = Volumen de la cámara

$A$  = Área de la sección del tubo en m<sup>2</sup> ( $A = \pi * r^2$ )

El periodo de estudio comprendió 8 meses de evaluación para cada uno de los tres tipos de bosque.

#### *Análisis Estadístico*

El análisis de los resultados del Flujo de CO<sub>2</sub> (g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> hr<sup>-1</sup>) de cada tipo de bosque comprendió las siguientes pruebas estadísticas:

- Prueba de normalidad (Shapiro - Wilk)
- Transformación Logarítmica (Aragao *et al*, 2009)
- Estimación puntual (Intervalos de Confianza derivados de la prueba t- student.)

Adicionalmente se realizó un diagrama de cajas para comparar el comportamiento de los datos de flujo de carbono de cada bosque evaluado. Para realizar la comparación del Flujo de CO<sub>2</sub> (g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> hr<sup>-1</sup>) entre los bosques en estudio se utilizó las siguientes pruebas estadísticas:

- Prueba de igualdad de varianzas (Levene)
- Prueba de igualdad de medias (t-student y t-student modificado “Satterthwaite”)

Para el cálculo de estas pruebas, se empleó un nivel de significación del 5% ( $\alpha=0.05$ ). (Honorio y Baker, 2010). Además, se realizó el análisis de correlación (Pearson) y determinación entre:

- Flujo de CO<sub>2</sub> (Variable Dependiente) y Temperatura del suelo (Variable Independiente)
- Flujo de CO<sub>2</sub> (Variable Dependiente) y Humedad del suelo (Variable Independiente).

#### 4.3.2 STOCK DE CARBONO

##### A) MUESTREO DE SUELOS

Se determinó el stock de carbono de los tres tipos de bosque del estudio:

- Plantación (Llanura)
- Terraza Alta (Llanura)
- Varillal de Terraza Alta (Bajial)

Para la determinación del stock de carbono, en cada uno de los tipos de bosque se realizó una calicata de 1 m de profundidad aproximadamente donde se muestreo suelo a tres profundidades (0-10 cm, 10- 60 cm y 60-100 cm). Se tomó una muestra para la determinación del stock de carbono y una muestra para determinar la densidad aparente, se realizaron tres repeticiones en cada tipo de bosque como se ve en el cuadro 3.

**Cuadro 3** Numero de muestras tomadas en cada tipo de bosque para determinar contenido de carbono

<i>Bosque</i>	<i>Terraza Alta</i>	<i>Varillal</i>	<i>Plantación</i>	<i>Total</i>
<i>Profundidad (cm)</i>	<i>#Muestras</i>			
30	3	3	3	9
60	3	3	3	9
100	3	3	3	9
Total	9	9	9	27

### B) ANÁLISIS DE LABORATORIO

El análisis de suelos fue realizado en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Se usaron los siguientes métodos:

**Cuadro 4** Métodos empleados para el análisis de suelos

<i>Análisis</i>	<i>Método</i>
Densidad aparente	Método con cilindro de 100 cm <sup>3</sup>
Carbono Almacenado	Walkley-Black (Oxidación con dicromato de potasio)

Fuente: (Bazán, 1996)

### C) PROCESAMIENTO

El carbono contenido en el suelo se calculó a partir de los valores de porcentaje de Carbono y densidad aparente bajo la siguiente relación (Schlegel, 2001):

$$CS = CC * DA * P$$

Donde:

CS = carbono en suelo (tC ha<sup>-1</sup>)

CC = contenido de C (%)

DA = densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>)

P = profundidad de muestreo (cm)



## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 FLUJO DE CARBONO

Durante el tiempo de muestreo de ocho meses, el flujo promedio de CO<sub>2</sub> (respiración promedio del suelo) en plantación fue de 0,220 g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> hr<sup>-1</sup> (19,26 t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) a una temperatura del suelo de 26,52°C y una humedad del suelo de 17,06 %. En terraza alta el flujo promedio de CO<sub>2</sub> fue de 0,167 g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> hr<sup>-1</sup> (14,62 t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) a una temperatura del suelo de 25,67°C y una humedad del suelo de 27,63%. Finalmente en Varillal, se obtuvo un flujo promedio de CO<sub>2</sub> de 0,149 g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> hr<sup>-1</sup> (13,04 t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) a una temperatura y humedad promedio del suelo de 26,06°C y 25,76%, respectivamente. (Cuadro 5 y Anexo 1)

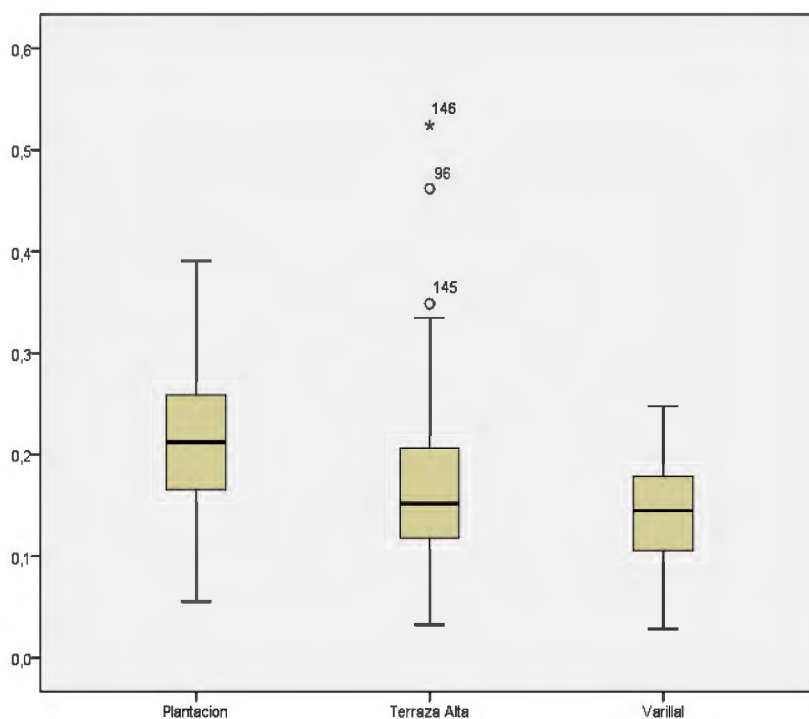
**Cuadro 5** Flujo de Carbono, Temperatura y Humedad del suelo en los bosques evaluados

<i>Tipo de Bosque</i>	<i>Flujo de Carbono (g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> hr<sup>-1</sup>)</i>	<i>Temperatura del suelo (°C)</i>	<i>Humedad del suelo (%)</i>
Plantación	0,220	26,52	17,06
Terraza Alta	0,167	25,67	27,63
Varillal	0,149	26,06	25,76

Las parcelas de monitoreo concernientes a la red de medición RAINFOR instaladas en diferentes lugares de la Amazonía, principalmente en bosques primarios, presentaron resultados similares a los obtenidos en el presente estudio. No se dispone de resultados de monitoreo de respiración del suelo en Plantaciones tropicales.

La prueba de Shapiro y Wilk permitió determinar que los resultados de flujo de carbono para los bosques “Plantación” y “Varillal” cumplen con la condición de normalidad. (Anexo 2 y Anexo 3). Mientras que “Terraza Alta” presentó una distribución no normal, por ello y con el fin de realizar las estimaciones y comparaciones de medias entre cada población se realizó una transformación logarítmica (Ln). Después de la transformación las medidas de respiración presentaron una distribución normal como se aprecia en las graficas de normalidad. (Anexo 4, Anexo 5 y Anexo 6).

La variabilidad que presentan las medidas de respiración del suelo y las distribuciones asimétricas que presentan fueron confirmadas por Parkin y Robinson (1992, mencionados por Quemada y Menacho, 1999).



**Figura 13** Gráfico de cajas de los tres tipos de bosques del estudio.

La Figura 13 muestra la variabilidad de los datos de flujo de carbono en cada uno de los bosques evaluados; en “Plantación” la distribución de los datos de Flujo de Carbono se encuentran igualmente distribuidos, no se presentan datos extremos ni atípicos y se confirma que tienen distribución normal. En “Terraza Alta” se presentan datos extremos y atípicos, la distribución de los datos que corresponden al 50-75% se encuentran más dispersos en comparación al primer cuartil, además el 25% de los datos mayores presentan mayor distribución. En “Varillal”, se presenta un rango intercuartil más estrecho que señala que el 50% de los datos se encuentran concentrados cerca de la media, además se confirma la normalidad de los datos. Por ello, la variabilidad del flujo de CO<sub>2</sub>, es mayor en los suelos de “Terraza Alta”, seguido de los suelos de “Varillal” y por último se encuentran los suelos de “Plantación”.

Con un nivel de confianza del 95%, se estima que el Flujo de Carbono ( $\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ hr}^{-1}$ ) varía en torno a la media entre  $\langle 0,204; 0,226 \rangle$ ,  $\langle 0,155; 0,176 \rangle$  y  $\langle 0,140; 0,156 \rangle$  para Plantación, Terraza Alta y Varillal, respectivamente; tal como se muestra en el cuadro 6. (Anexo 7)

**Cuadro 6** Intervalo de confianza del Flujo de carbono en los bosques del estudio

<i>Tipo de Bosque</i>	<i>g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> hr<sup>-1</sup></i>	<i>t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup></i>	<i>t C ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup></i>
Plantación	0,204 - 0,226	17,89 - 19,82	4,88 - 5,41
Terraza Alta	0,155 - 0,176	13,60 - 15,44	3,71 - 4,21
Varillal	0,140 - 0,156	12,27- 13,63	3,35 - 3,71

Con respecto a la media del Flujo de Carbono de los tres tipos de bosque, podemos referir, con un nivel de confianza de 95%, que la evidencia estadística demuestra que existen diferencias significativas entre las medias del Flujo de Carbono de “Plantación”, “Terraza Alta” y “Varillal”, tal como se presentan en el Cuadro 7 donde se muestran los resultados del análisis estadístico mediante la prueba de Levene y t-student para igualdad de medias. (Anexo 8, Anexo 9 y Anexo 10)

**Cuadro 7** Prueba de comparación de medias para muestras independientes.

<i>Poblaciones comparadas</i>		<i>Prueba de Levene</i>	<i>t-student</i>
		<i>Igualdad de Varianzas</i>	<i>Igualdad de medias</i>
Plantación	Terraza Alta	Si	No
Terraza Alta	Varillal	No	No
Varillal	Plantación	No	No

Sobre los resultados podemos describir que los suelos que mas emiten carbono, a través de la respiración, son aquellos que disponen de más materia orgánica que puede ser mineralizada por lo que la respiración del suelo puede utilizarse como un índice de la estabilidad del carbono orgánico, fundamento que se verificará con los resultados de Stock de carbono en el acápite correspondiente.

En función a lo determinado por Aragao et al. (2009) donde se encontró que no existe diferencias significativas en la producción de biomasa de raíces en suelos arcillosos y arenosos, se puede decir que la respiración autótrofa (raíces) se mantendrá casi constante en los suelos de los bosques del estudio y que las variaciones presentadas pueden deberse principalmente a la descomposición de materia orgánica por los microorganismos (respiración heterótrofa).

El bosque que presentó menor flujo de carbono fue Varillal, este comportamiento se debe primordialmente a que este bosque dispone de suelos arenosos comprobándose que la respiración del suelo decrece al disminuir el contenido de arcilla, en concordancia con lo determinado por Raich (1998).

Acerca de la plantación de Tornillo y Marupa, es claro notar que el bosque no ha recuperado sus condiciones iniciales y que la intervención que se realizó al quitar la cobertura vegetal afectó las cantidades y calidades de materia orgánica, la temperatura y humedad del suelo y los procesos biológicos. Adicionalmente a lo antes mencionado e independientemente al contenido de arcilla, es importante recalcar que la “Plantación” presenta abundante vegetación secundaria en el sotobosque, lo que significa que existe mayor desarrollo radicular y por ende mayor respiración autótrofa. En la Figura 14 se puede observar la abundante vegetación que rodea a la campana de medición además es notable la incidencia de los rayos solares que incrementan la temperatura del suelo.



**Figura 14** Campana de medición en medio de sotobosque

También es importante considerar que el flujo de carbono está relacionado con la disponibilidad de nitrógeno y que este macronutriente es uno de los más importantes en la determinación de la respiración del suelo, como lo determinó Aragao *et al.* (2009). Por lo que el efecto del Tornillo (Leguminosa) como fijador de nitrógeno debe tener cierto grado de significancia en la respiración total del suelo. En la Figura 15 se pueden observar los individuos de Tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*) y Marupa (*Simarouba amara*) de 35 años de antigüedad pertenecientes a la plantación 401-74.



**Figura 15** Plantación 401-74

Es substancial considerar que la hojarasca tendrá especial importancia en la respiración de los suelos (flujo de  $\text{CO}_2$ ) ya que se encuentra en contacto continuo con la atmósfera. A la vez la hojarasca está condicionada por la vegetación y su estado fenológico, por lo que la respiración del suelo presentará cambios temporales. Las altas temperaturas y bajos regímenes de precipitación que se presentan actualmente en la Amazonia, afectarán la cantidad hojarasca y acelerarán su descomposición, y en consecuencia el flujo de  $\text{CO}_2$  aumentará. En la Figura 16(a) se puede observar que la hojarasca corresponde a hojas en diferentes estados de descomposición, probablemente correspondientes a los individuos arbóreos, mientras que en la Figura 16(b) la hojarasca está compuesta por hojas provenientes de los individuos que conforman el sotobosque.

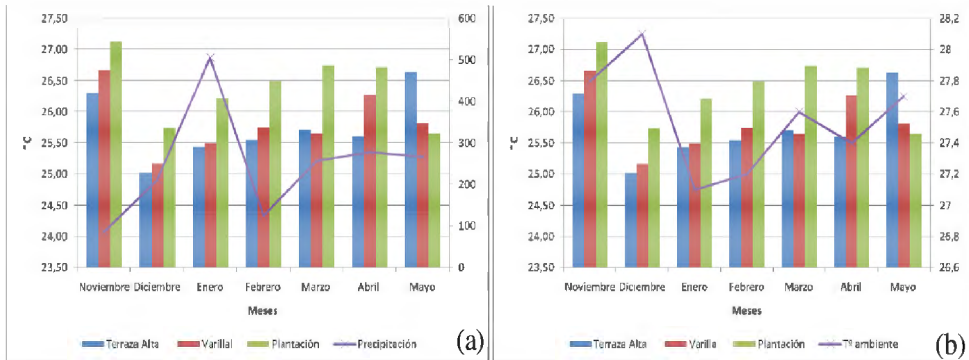


**Figura 16** Hojarasca presente en (a) “Terraza Alta”, (b) “Plantación”.

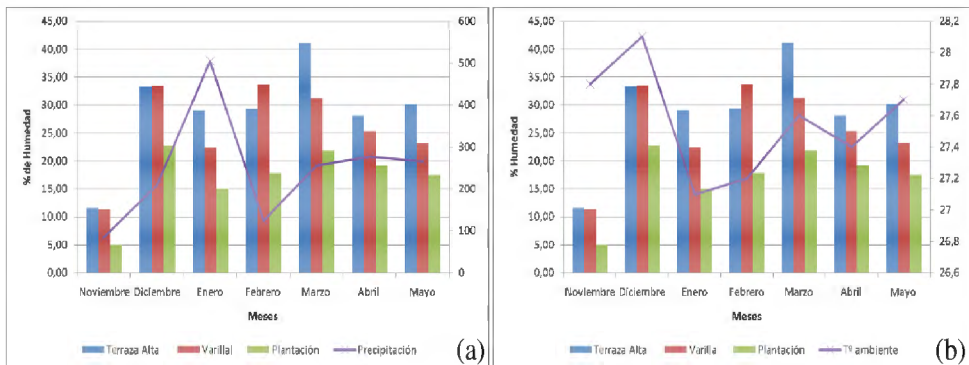
### 5.1.1 TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL SUELO

La temperatura del suelo es una de las características más importantes pues determina la distribución de plantas y regula las actividades químicas y biológicas; las cuales influyen en el flujo de  $\text{CO}_2$ . La humedad del suelo regula la absorción de nutrientes de las plantas y al igual que la temperatura del suelo influye en las actividades químicas y biológicas.

Respecto a la Temperatura del suelo (Cuadro 8), “Plantación” presenta la mayor temperatura promedio del suelo, “Terraza alta” y “Varillal” presentaron resultados muy similares, este comportamiento se debe a que los bosques naturales presentan dosel más denso que protege el suelo de la radiación, característica que no se presenta en “Plantación” principalmente a causa del distanciamiento entre árboles y el raleo realizado en años anteriores. En la Figura 17 y Figura 18 se muestra la variabilidad de la Temperatura y Humedad del suelo a lo largo del estudio en los tres tipos de bosque evaluados.



**Figura 17** Variación temporal de la temperatura del suelo y tendencia en relación a la (a) precipitación y (b) Temperatura del ambiente



**Figura 18** Variación temporal de la humedad del suelo y tendencia en relación a la (a) precipitación y (b) Temperatura del ambiente

En la Figura 17(a) se observa que no se presenta una tendencia definida entre la Temperatura del suelo y precipitación, mientras que en la Figura 17(b) la tendencia al aumento de la temperatura del ambiente es similar a la tendencia de la temperatura del suelo, específicamente entre los meses de Enero a Mayo. De manera contraria la Humedad del suelo presenta tendencia similar con la precipitación (Figura 18(a)) y no se observa una tendencia definida con la Temperatura del ambiente (Figura 18(b)).

La humedad del suelo presenta mayor variabilidad que la temperatura del suelo tal como se presenta en el Cuadro 7. “Terraza alta” presenta mayor humedad del suelo esto principalmente a la naturaleza franco-arcillosa de sus suelos, “Varillal” que dispone de la napa freática cerca a la superficie no presenta altos valores de humedad del suelo por que sus suelos arenosos no permiten la retención de agua en los primeros centímetros del suelo (Cuadro 7).

**Cuadro 8** Temperatura y Humedad mensual del suelo por tipo de bosque.

<i>Mes</i>	<i>Temperatura suelo</i>			<i>Humedad suelo</i>		
	<i>Terraza Alta</i>	<i>Varillal</i>	<i>Plantación</i>	<i>Terraza Alta</i>	<i>Varillal</i>	<i>Plantación</i>
Noviembre	26,29	26,67	27,12	11,60	11,40	5,10
Diciembre	25,02	25,16	25,74	33,24	33,44	22,70
Enero	25,43	25,50	26,21	29,05	22,40	15,15
Febrero	25,55	25,74	26,49	29,25	33,60	17,85
Marzo	25,71	25,65	26,74	40,95	31,15	21,85
Abril	25,61	26,26	26,72	28,05	25,30	19,20
Mayo	26,64	25,81	25,65	30,10	23,20	17,55
<b>Promedio</b>	<b>25,75</b>	<b>25,83</b>	<b>26,38</b>	<b>28,89</b>	<b>25,78</b>	<b>17,06</b>
<b>Desv. Estándar</b>	<b>0,54</b>	<b>0,50</b>	<b>0,54</b>	<b>8,81</b>	<b>7,89</b>	<b>5,87</b>
<b>Coef. de variabilidad</b>	<b>2,11</b>	<b>1,93</b>	<b>2,06</b>	<b>30,49</b>	<b>30,61</b>	<b>34,43</b>

Las mediciones de Temperatura y Humedad del suelo de los bosques del estudio presentan distribución normal. Existe evidencia estadística que permite demostrar que las medias de la Temperatura de los suelos de los tres tipos de bosque presentan diferencias significativas (Cuadro 9). (Anexo 11, Anexo 12 y Anexo 13). Respecto a la Humedad del suelo y como se aprecia en el Cuadro 10, las medias de Plantación y Terraza alta y Varillal y Plantación son diferentes mientras que la evidencia demuestra que las medias de la Terraza Alta y Varillal son semejantes. (Anexo 14, Anexo 15 y Anexo 16)

**Cuadro 9** Prueba de comparación de medias para muestras independientes.

<i>Poblaciones comparadas</i>		<i>Prueba de Levene</i>	<i>T-student</i>
<i>(Temperatura del Suelo)</i>		<i>Igualdad de Varianzas</i>	<i>Igualdad de medias</i>
Plantación	Terraza Alta	No	No
Terraza Alta	Varillal	No	No
Varillal	Plantación	No	No



**Cuadro 10** Prueba de comparación de medias para muestras independientes.

<i>Poblaciones comparadas</i> <i>(Humedad del Suelo)</i>		<i>Prueba de Levene</i>	<i>T-student</i>
		<i>Igualdad de Varianzas</i>	<i>Igualdad de medias</i>
Plantación	Terraza Alta	No	No
Terraza Alta	Varillal	No	Si
Varillal	Plantación	No	No

Considerando el total de datos obtenidos, el análisis de correlación (Pearson) permitió determinar un índice de relación lineal entre las variables de Flujo de CO<sub>2</sub> y Temperatura del suelo de 0,204, mientras que entre las variables Flujo de CO<sub>2</sub> y Humedad del suelo se determinó -0,244. En ambos casos la relación entre variables es poco significativa. (Anexo 17)

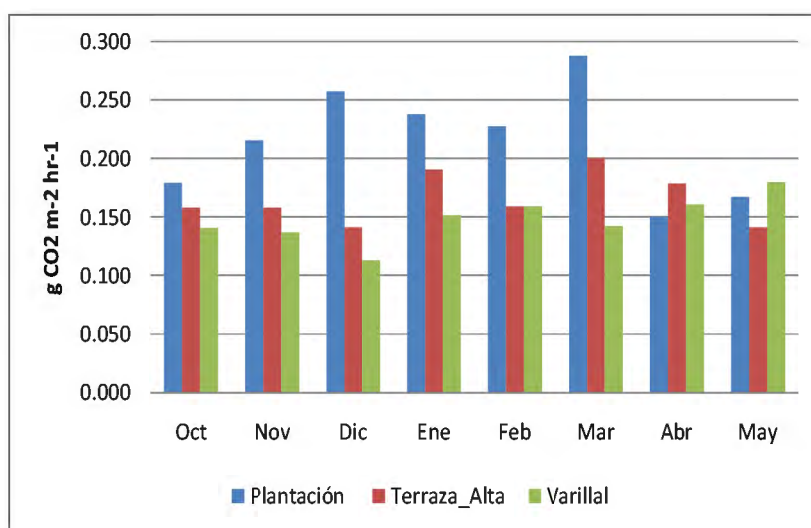
El comportamiento de las variables con el flujo de carbono donde se presenta relación directa con la Temperatura del suelo y relación inversa con la Humedad del suelo, es reforzado por otros estudios similares. Rutledge *et al.* (2008) determinaron similar comportamiento en un estudio realizado en bosques tropicales de Nueva Zelanda.

Mediante el coeficiente de Correlación se confirma lo determinado mediante el coeficiente de Pearson, la relación entre las variables de Flujo de CO<sub>2</sub> y Temperatura del suelo se presentó un  $r^2=0,041$  y entre las variables Flujo de CO<sub>2</sub> y Humedad del suelo se determinó un  $r^2=0,059$ . Lo que nos indica que sólo el 4,1% y 5,9% de los datos de respiración del suelo dependen de la Temperatura del suelo y de la Humedad del suelo, respectivamente.

Tanto la temperatura como el contenido de humedad del suelo no tuvieron correlación con la respiración del suelo (Flujo de CO<sub>2</sub>), este comportamiento es reafirmado por estudios similares, Borken *et al.* (2006) y Metcalfe *et al.* (2007). Sotta(2004, mencionado por Metcalfe(2007)) confirma que la Temperatura y contenido de humedad del suelo no pueden predecir el Flujo de CO<sub>2</sub> en ecosistemas tan heterogéneos como lo son los bosques tropicales.

### 5.1.2 VARIACIÓN TEMPORAL DEL FLUJO DE CARBONO

Como ya se refirió, predominantemente la “Plantación” emite mayor cantidad de CO<sub>2</sub>, seguido de “Terraza Alta” y “Varillal”. En los meses de Abril y Mayo el flujo de CO<sub>2</sub> presenta un comportamiento diferente a la tendencia presentada en los meses anteriores. El Flujo de CO<sub>2</sub> de “Plantación” y “Terraza Alta” decae por debajo del promedio alcanzado. El tipo de bosque “Varillal” presenta la menor variación del Flujo de Carbono en el tiempo del estudio, mostrando una tendencia constante. (Figura 19)



**Figura 19** Variación temporal del flujo de CO<sub>2</sub> de los bosques del estudio.

Mediante el análisis de correlación (Pearson), se determinó que el Flujo de CO<sub>2</sub> de “Plantación” presenta la mayor correlación con la Temperatura del Ambiente en los ocho meses del estudio; mientras que entre el Flujo de CO<sub>2</sub> y precipitación “Terraza Alta” presenta la mayor relación de variables.

Este comportamiento se confirma mediante el coeficiente de determinación ( $r^2$ ), donde se confirma que en “Plantación”, el 20,1% del Flujo de CO<sub>2</sub> depende de la temperatura ambiental y que en “Terraza Alta” el 17,0% del Flujo de CO<sub>2</sub> está explicada por la precipitación mensual. Como lo indica el Cuadro 11, estos resultados aunque muestran cierto grado de asociación no están fuertemente relacionados. Por tanto se determina que la temperatura del aire es el que da

el mejor estimado de la respiración del suelo, obteniendo similar resultado con Raich y Schlesinger (1992).

Según el Cuadro 11, el flujo de Carbono de “Plantación” y “Terraza Alta” presenta relación inversa con la temperatura del ambiente. Así mismo existe relación inversa entre el Flujo de CO<sub>2</sub> y precipitación en “Terraza Alta” y “Varillal”.

**Cuadro 11** Coeficiente de Correlación y Coeficiente de determinación

<i>Tipo de Bosque</i>	<i>Coeficiente de Correlación (r)</i>		<i>Coeficiente de determinación (r<sup>2</sup>)</i>	
	<i>Flujo de CO<sub>2</sub> - T° ambiente</i>	<i>Flujo de CO<sub>2</sub> - Precipitación</i>	<i>Flujo de CO<sub>2</sub> - T° ambiente</i>	<i>Flujo de CO<sub>2</sub> - Precipitación</i>
Plantación	-0,449	0,288	0,201	0,082
Terraza Alta	-0,074	-0,413	0,005	0,170
Varillal	0,122	-0,327	0,015	0,107

Considerando que la respiración del suelo se representa como la suma de la respiración autótrofa (raíces) y heterótrofa (microorganismos), la respiración del suelo puede ser entonces un indicador de la actividad biológica del suelo como lo determinó Varnero et al. (1987). Se observó, al igual que el estudio realizado por Moreira y Siqueira (2002, citado por Krebs, 2003), que la biomasa microbiana del suelo es uno de los principales agentes de las transformaciones bioquímicas y que este parámetro se ve influenciado por variaciones estacionales de temperatura y humedad.

En las Figura 20 y Figura 21 se muestra la variación temporal de las mediciones periódicas del Flujo de Carbono, la Temperatura del Ambiente y precipitación; cada valor representa el promedio de las mediciones mensuales de los 25 puntos de muestreo.

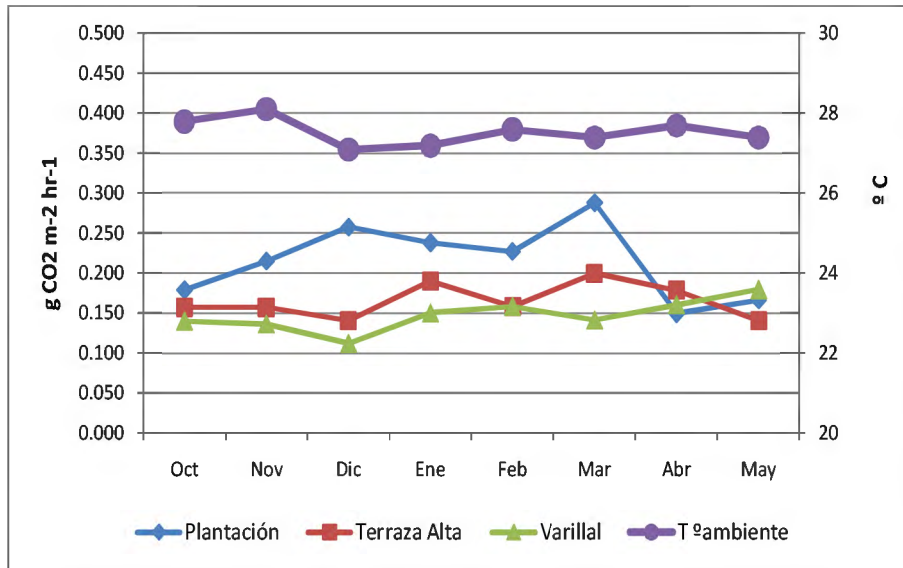


Figura 20 Variación Temporal del Flujo de CO<sub>2</sub> y Temperatura del Ambiente

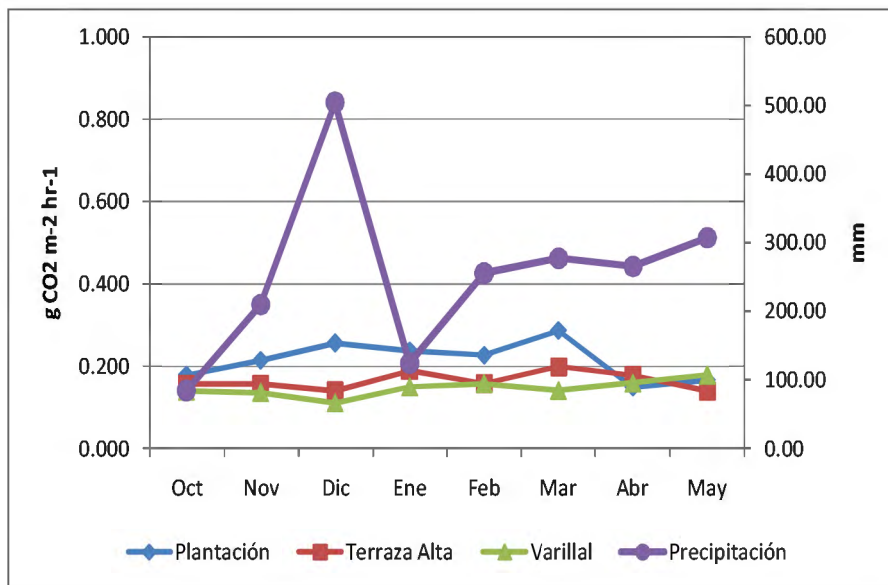


Figura 21 Variación Temporal del Flujo de CO<sub>2</sub> y Precipitación

## 5.2 STOCK DE CARBONO

El Stock de Carbono en los suelos a una profundidad de 1m alcanzó las 64,08 tC ha<sup>-1</sup>, 82,42 tC ha<sup>-1</sup> y 293,26 tC ha<sup>-1</sup> en “Plantación”, “Terraza Alta” y “Varillal”, respectivamente. Los resultados presentados guardan relación con lo determinado por Lal (2001), International Soil Reference and Information Centre (ISRIC) (1998) y el Centro Internacional de la Papa (CIP) y Empresa Brasileira de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA) (2009)

Los mayores valores de almacenamiento de carbono por niveles de profundidad se observa en “Varillal” siguiéndole en orden, “Terraza Alta” y por ultimo “Plantación”. En las profundidades evaluadas de (0-100 cm) se observa en los tres tipos de bosque que el 55,75%-70,42% del total de carbono se encuentra en los primeros 30 centímetros de profundidad y el restante 44,25-29,58 % se encuentra entre la profundidad de 30-100 cm, tal como se presenta en el Cuadro 12.

La tendencia de almacenamiento donde la variación de carbono almacenado en los suelo decrece al aumentar la profundidad es confirmada por Avilés et al. (2009). La mayor cantidad de carbono en las capas superficiales, hace que este sea susceptible a su emisión por medio de la respiración del suelo, por lo que los sistemas que contengan mayor cantidad de carbono en las capas más profundas disponen de carbono almacenado de manera más estable.

**Cuadro 12** Contenido de Carbono por tipo de bosque (tC ha<sup>-1</sup>)

<i>Profundidad (cm)</i>	<i>Plantación</i>			<i>Terraza Alta</i>			<i>Varillal</i>		
	<i>Media C</i>	<i>Acum.</i>	<i>%</i>	<i>Media C</i>	<i>Acum.</i>	<i>%</i>	<i>Media C</i>	<i>Acum.</i>	<i>%</i>
0-30	45,12	45,12	70,42	48,22	48,22	58,50	163,49	163,49	55,75
30-60	12,10	57,22	89,29	20,20	68,42	83,01	84,26	247,75	84,48
60-100	6,86	64,08	100,00	14,00	82,42	100,00	45,51	293,26	100,00

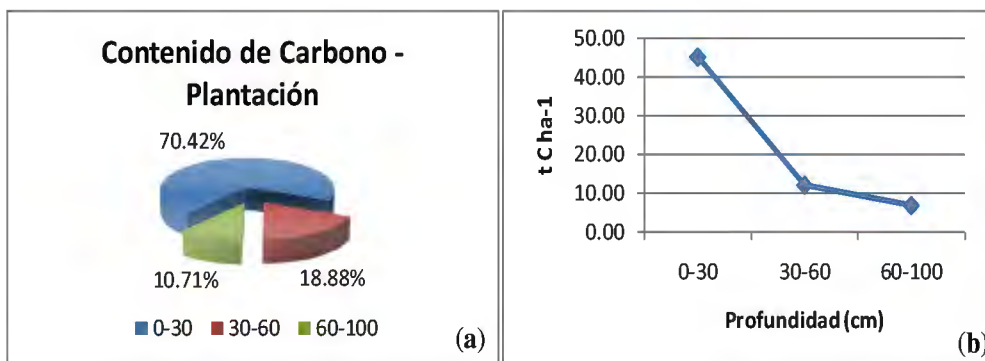
El alto porcentaje de carbono que presenta “Varillal” puede deberse a la baja descomposición de materia orgánica bajo condiciones de saturación hídrica. Adicionalmente esta respuesta puede corresponder a la presencia de raíces dentro de la muestra analizada, habiéndose

cuantificado parte de carbono inestable, lo que sobreestimaría el porcentaje de Carbono. En la Figura 22(a) se puede observar la condición de humedad que presenta los suelos de “Varillal”.

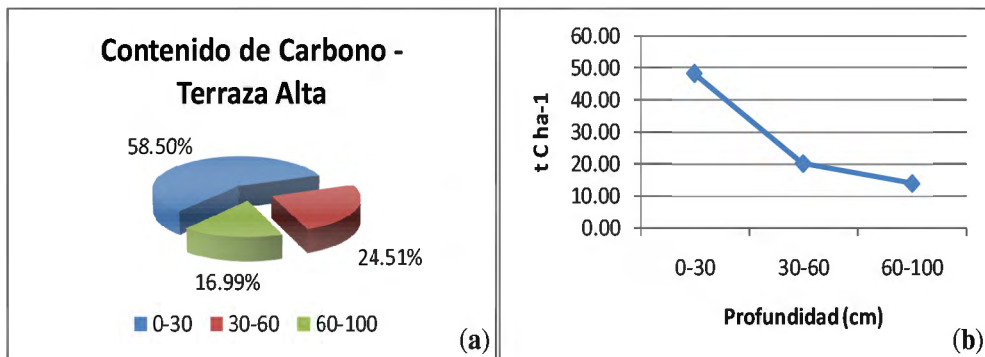


**Figura 22** Calicata de muestreo en “Varillal”

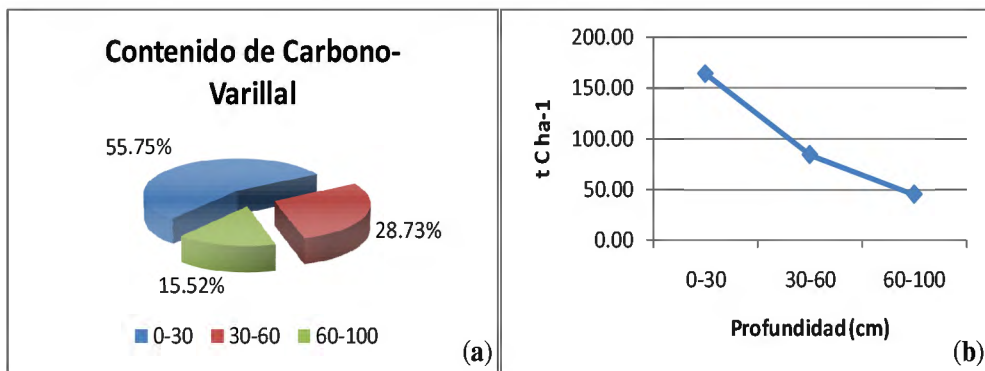
El efecto de secuestro de carbono en suelos es más estable debido a que la materia orgánica del suelo se acumula en los suelos forestales. En Plantación, el porcentaje de Carbono almacenado y el efecto como nutriente (el carbono es un macronutriente esencial para todas las plantas) puede verse reducido por el flujo de carbono que presenta. Como lo demuestran los resultados, este tipo de bosque posee el mayor porcentaje de carbono en la capa superior (Figura 23 (a)), no obstante fue el tipo de bosque que presentó menor cantidad de carbono en las diferentes profundidades evaluadas tal como se aprecia en la Figura 23(b).



**Figura 23** (a) Contenido de carbono y (b) Distribución vertical de carbono del suelo-Plantación

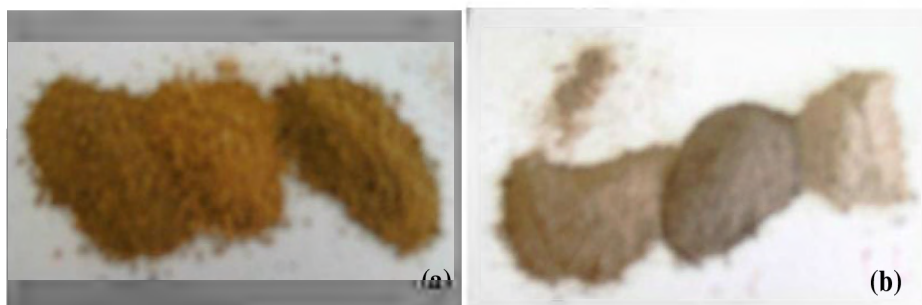


**Figura 24** (a) Contenido de carbono y (b) Distribución vertical de carbono del suelo – Terraza Alta



**Figura 25** (a) Contenido de carbono y (b) Distribución vertical de carbono del suelo - Varillal

Según la Figura 24 y Figura 25 se puede apreciar que ambos bosques, “Terraza Alta” y “Varillal”, presentan similar distribución de carbono en las diferentes profundidades pero el contenido de Carbono varía significativamente. Se percibe que la cantidad de carbono presente varía entre los tipos de bosque y en respuesta de los diferentes factores ambientales tal como lo comprobaron Raich (1998) y por Lal (2001, mencionado por Uriarte 2003).



**Figura 26** Muestras de suelo entre 30-60 cm de profundidad Terraza Alta (a) y Varillal (b)

Respecto al análisis de suelos (Anexo 19) es preciso referir que los resultados mostraron una alta variabilidad en el porcentaje de Carbono que puede deberse principalmente a la variabilidad espacial y micro topografía. En la Figura 26 (a) y Figura 26 (b) se observan tres muestras de suelo tomadas a una profundidad de 30-60 cm en Terraza alta y Varillal, respectivamente, donde se demuestra la alta variabilidad de los suelos si se considera el color como indicativo de la cantidad de materia orgánica. Esta tendencia se debe a las características del suelo, particularmente en textura, edad, origen, contenido de nutrientes y estado de meteorización, como lo determinó Álvarez y Soini (2000).

La variabilidad encontrada en los suelos es reafirmada por Jandl (2001), además la variabilidad puede deberse a las diferencias químicas entre el suelo inmediatamente cercano a los fustes y el suelo ubicado a mayor distancia de estos, variable que no se considero en el muestreo del suelo. Finalmente y de acuerdo al contenido de carbono que se determinó en los suelos de los bosques naturales evaluados, es importante recalcar que los suelos de “Varilla” muestra la mayor capacidad de almacenamiento de carbono, seguido de “Terraza Alta”.



## 6. CONCLUSIONES

En base a las mediciones realizadas durante los siete meses de estudio se estima que la Respiración del Suelo (Flujo de CO<sub>2</sub>) promedio en los bosques tropicales evaluados es de 19,26 t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, 14,62 t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y 13,04 t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en “Plantación”, “Terraza alta” y “Varillal”, respectivamente.

Los suelos de los bosques tropicales presentan diferentes emisiones de carbono (Flujo de CO<sub>2</sub>), los bosques disturbados y con alta dinámica de recuperación presentan mayor respiración de suelos o flujo de carbono que los bosques en estadios sucesionales avanzados.

El suelo de Varillal a un 1m de profundidad, presentó el mayor contenido de carbono con 320,26 tC ha<sup>-1</sup>. También se determinó 64,08 tC ha<sup>-1</sup> y 82,42 tC ha<sup>-1</sup> en “Plantación” y “Terraza Alta”, respectivamente.

Los suelos de los bosques evaluados presentaron la misma tendencia de almacenamiento de carbono, el mayor porcentaje en la capa superior y menor contenido de carbono a mayor profundidad.

El flujo de CO<sub>2</sub> presentó un bajo grado de correlación con la temperatura del suelo y la respiración del suelo. Contrariamente las variables ambientales (Temperatura del Ambiente y Precipitación) presentaron mayor correlación con el Flujo de CO<sub>2</sub>.

El carbono presente en los suelos de los bosques naturales demuestra la capacidad de almacenamiento de aquellas áreas degradadas por la agricultura y pastoreo, por tanto la

restitución del bosque permitirá el almacenamiento de carbono tanto en la biomasa como en el suelo.

Los bosques evaluados han demostrado que funcionan como sumideros de carbono; lo cual se ve reflejado principalmente en el carbono almacenado.

## **7. RECOMENDACIONES**

Con el objeto de incrementar el detalle del estudio se sugiere aumentar la intensidad del muestreo de suelos.

Se sugiere evaluar otros usos de tierra (Agrícola, pastos y áreas deforestadas), con el fin de determinar el flujo de carbono en estos sistemas y determinar el efecto del cambio de uso de suelos.

La mayor gradiente de la temperatura del ambiente se presenta a lo largo del día, por ello se sugiere realizar mediciones de Flujo de Carbono y Temperatura ambiental.

Evaluar otras variables que influyen en la respiración del suelo como tasa de descomposición de hojarasca, producción de raíces, especies, macro y micro fauna.

## *BIBLIOGRAFÍA*

**ALVAREZ, J.** 1999. Los Varillales y las Aves Asociadas en la Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana: estado del conocimiento y potencial. Loreto. IIAP. 10 p.

**ALVAREZ, J.** y Soini P. 2000. Importancia de la Zona de Reservada Allpahuayo-Mishana para la Conservación de la Biodiversidad de la Amazonia Peruana. Loreto. IIAP. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Consultado Junio 2010. Disponible en: <http://www.ibcperu.org/doc/isis/7382.pdf>

**ANDERSON, J.** 1982. Soil respiration, methods of soil analysis, chemical and microbiological properties. USA. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. V.2, 15 p.

**ARAGAO L.,** Malhi Y., Metcalfe D., *et al.* 2009. Above and below ground net primary productivity across ten Amazonian forests on contrasting soils. Biogeosciences Discuss. Consultado Junio - Julio 2010. Disponible en: <http://www.biogeosciences.net/6/2759/2009/bg-6-2759-2009.pdf>

**AVERSANO, N.** y Temperini, T. 2006. El Calentamiento Global: bonos de Carbono, una alternativa. Modelización y Simulación de Sistemas Económicos. Consultado en Junio. 2010. Disponible en: [www.ingenieriaquimica.org/system/files/bonos\\_carbono.pdf](http://www.ingenieriaquimica.org/system/files/bonos_carbono.pdf)

**AVILES V.,** Velazquez-Martínez A., Angeles-Pérez G., Etchevers-Barra J., De los Santos-Posadas H., Llanderal T. 2009. Variación en almacenes de carbono en suelos de una Toposecuencia. México. Colegio de Postgraduados. 9 p.

- BASHKIN, M.** y Binkley, D. 1998. Changes in soil carbon following afforestation in Hawaii. (En línea). USA, CO. Departamento de ciencias forestales y Programa de maestría en Ecología. Universidad del Estado de Colorado. Consultado 10 nov. 2010. Disponible en: [http://warnercnr.colostate.edu/~dan/papers/Ecology\\_79\\_1998.pdf](http://warnercnr.colostate.edu/~dan/papers/Ecology_79_1998.pdf)
- BAZAN, R.** 1996. Manual para análisis químico de suelos, aguas y plantas. Perú, LI. Universidad Nacional Agraria la Molina. 55 p.
- BENJAMIN, J.** 1999. Captura de carbono en un bosque templado: el caso de San Juan Nuevo, Michocán. México. INI- SEMARNAP. 74 p.
- BORKEN, W.;** Savage, K.; Davidson. E.; Trumbore, S. 2006. Effects of experimental drought on soil respiration and radiocarbon efflux from a temperate forest soil. EU, MA. Woods Hole Research Center. Department of Earth System Science. Global Change Biology 12 (1): 177-193 p.
- CARZOLA C.** 2008. Materia orgánica y fertilidad de suelos. (En línea). Argentina. Estación Experimental Agropecuaria “Marcos Juárez”. Área de suelos y producción vegetal. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/mjuarez/info/documentos/Suelos/mofert08.pdf>
- CIP (Centro Internacional de la Papa, PE)** y EMBRAPA (Empresa Brasileira de Investigación Agropecuaria, BR). 2009. Agricultura y carbono en el suelo: tema fundamental en mitigación del cambio climático. Perú. CIP.
- CLAUSSI A.,** Marmillod D. y Blaser J. 1992. Descripción silvicultural de las plantaciones forestales de Jenaro Herrera. Perú, LO. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. 334p.

**FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FR).**

2002. Informe sobre recursos mundiales de suelos: captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Francia, PR. Instituto nacional de investigación agronómica. 83 p.

**FREITAS, L.** 1996. Caracterización florística y Estructural de cuatro comunidades boscosas de terraza baja en la zona de Jenaro Herrera, Amazonia Peruana Perú. Documento Técnico N° 26. 77p.

**FRERS, C.** 2006. El dióxido de carbono y su impacto en el cambio climático (En líneas). Puerto Rico, PR. Escuela en Gestión y comunicación social. Disponible en: [www.internatura.org/estudios/informes/El dioxido de carbono.pdf](http://www.internatura.org/estudios/informes/El_dioxido_de_carbono.pdf)

**FOLEY, J.** 2005. Global consequences of land use. Woods Hole Research Center. Massachusetts USA. Disponible en: [www.sciencemag.org/content/309/5734/570.full.pdf](http://www.sciencemag.org/content/309/5734/570.full.pdf)

**GOFC-GOLD (Global Observation of Forest and Land Cover Dynamics).** 2009. Reducing greenhouse gas emissions from deforestation and degradation in developing countries: a sourcebook of methods and procedures for monitoring, measuring and reporting.

**HONORIO, E.** y Baker, T. 2009. Memoria del Taller de análisis estadístico para apoyar el diseño de inventario de carbono. Peru, IQ. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - Universidad de Leeds. 12 p.

- HONORIO, E.** y Baker, T. 2010. Manual para el monitoreo del ciclo del carbono en bosques amazónicos. Perú, IQ. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - Universidad de Leeds. 55 P.
- HONORIO, E.,** Pennington, T., Freitas, L. 2008. Análisis de la composición florística de los bosques de Jenaro Herrera, Loreto. Perú. Revista de biología. Facultad de Ciencias Biológicas. UNMSM. 15(1):53-60
- INE-SEMARNAT (Instituto Nacional de Ecología).** 2007. La conservación de suelos, un asunto de interés público. Gaceta Ecológica N° 83. México. 5-71p.
- INGA, H.** y López, J. 2001. Diversidad de yuca en Jenaro Herrera. Perú. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Folia Amazónica Vol. 12 (1-2)
- JANDL, R.** 2001. Medición de tendencias en el tiempo del almacenamiento de carbono del suelo. Australia, Vi. Centro de Investigación forestal. 12 p.
- KREBS, L.** 2003. Respiración del suelo como herramienta para evaluar calidad de fondos en acuicultura. Desarrollo de un protocolo estándar para medir dióxido de carbono. Tesis Mag. Sc en Ciencias. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador. 103 p.
- LAL, R.** 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. Science Vol. 304 N° 5677. Pag. 1623-1627.
- LLERENA, C.** 2005. Conceptos sobre cuencas hidrográficas e hidrología forestal relacionados a servicios ambientales y producción de agua. IPROGA, UNALM. Perú. 25 p.

- LOPEZ PARODI, J.** y **FREITAS, A.D.** 1986. Mapa de Usos de tierras de Jenaro Herrera. Jenaro Herrera, Loreto (Perú): Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – Centro de Investigaciones Jenaro Herrera. Perú.
- MARMILLOD, D.** 1982. Metodología y resultados de los estudios sobre Composición y estructura de un bosque de terraza en la Amazonia Peruana. Tesis Dr. forestal. Alemania. Universidad de Göttingen, 198p.
- METCALFE, D.;** Meir P.; Aragao L.; Malhi Y.; Da Costa A.; Braga A.; Gonzales P., De Athaydes J., Almeida S., Williams M. 2007. Factors controlling spatio-temporal variation in carbon dioxide efflux from surface litter, roots, and soil organic matter at four rain forest sites in the Eastern Amazon. Brazil. Journal of Geophysical. Vol. 112.
- METCALFE, D.,** Phillips, O., Baker, T., Brienen, R., Kuo- Jung C., Silva J. 2009. Measuring tropical forest carbon allocation and cycling. RAINFOR Field Manual. 30p.
- MONTOYA G.,** Soto L., Jong B., Nelson K., Farias P., Yakactic P. y Taylor J. (1995). Desarrollo forestal sustentable: Captura de carbono en las zonas Tzeltal y Tojolab' del estado de Chiapas. México. Universidad de Edimburgo - The Edimburgh Centre for Tropical Forests. 50 p.
- OMM (Organización Meteorológica Mundial)** y **PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente).** 2005. La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono. Resumen técnico. 150 p.
- ODUM, E.** 1986. Fundamentos de Ecología. USA. Universidad de Georgia. Cap. 4, 130 p.



- OVIEDO, L.** 2007. Medición de la respiración del suelo en ecosistemas mediterráneos con sistemas de cámaras y analizadores tipo IRGA. Tesis: Mag. Sc. Geofísica y meteorología. Universidad de Granada. España. 32 p.
- PP SYSTEMS** 2003. EGM-4, Environmental Gas Monitor for CO<sub>2</sub>. Operator's Manual, Version 4.11. United Kingdom. Disponible en: [www.ppsystems.com/co2\\_gas\\_analyzers.htm](http://www.ppsystems.com/co2_gas_analyzers.htm)
- QUEMADA, M.** y Menacho, E. 1999. Emisión de CO<sub>2</sub> y mineralización de nitrógeno en un suelo previamente tratado con lodo de depuradora. España. Departamento de Producción Agraria. Universidad Pública de Navarra. 30p.
- RAICH, J., SCHLESINGER W.** 1992. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. Tellus. USA . 44B. 81-99 p.
- RAICH, J.** 1998. Aboveground productivity and soil respiration in three Hawaiian rainforests. Forest Ecology Management. 107(1):309-318.
- RIVA R.** 1992. Comparativo de rendimiento de grano de cinco variedades de sorgo granífero (*Sorghum vulgare* Pers) en terreno de altura de la zona de Iquitos. Perú. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana Folia Amazónica Vol. 4(2) - 1992
- RUTLEDGE S.;** Campbell Di.; Schipper La. 2008. Effect of soil temperature and moisture on soil respiration rates. Nueva Zelanda. Department of Earth and Ocean Sciences, University of Waikato. 43 p.

**SA, J.,** Dos Santos, J., Vázquez, F., Cardoso, E., Junior, D., Massinham A., Ferreira, C., Pavei, M., Carli R. 2007. Compartimentos de la materia orgánica y balance de carbono en experimentos sobre sistemas de manejo de suelos de larga duración. México. XVII Congreso Latinoamericano de la ciencia del suelo. 30 p.

**SCHLEGEL B.,** Gayoso J., y Guerra J. 2001. Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales. Chile. FONDEF y Universidad Austral de Chile. 17 p.

**SEGOVIA, G.** 2009. Calentamiento global y CO<sub>2</sub> (En Línea). Boletín Electrónico Ciencia. Disponible en: <http://www.segovia-hernandez.com/publicaciones/id=122627.pdf>

**SILVA, M.** 2004. Materia orgánica: su utilización en la evaluación de la calidad del suelo en distintos ambientes del sur de Santa Fe (En línea). Argentina. Disponible en: [http://www.eagronomico.com.ar/tus\\_imagenes/2015.pdf](http://www.eagronomico.com.ar/tus_imagenes/2015.pdf)

**URIARTE, A.** 2003. Historia del Clima de la Tierra. España. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. 1ra edición. 306p.

**VARNERO, M.;** Santibañez, F. y Espinosa, M. 1987. Efecto de la humedad y la temperatura en la descomposición de la materia orgánica del suelo en condiciones de laboratorio. (En línea). Colombia. Consultado 1 nov. Disponible en: <http://www.inia.cl/medios/biblioteca/agritec/NR05569.pdf>

# ANEXOS

## TABLAS Y GRAFICOS

### ANEXO 1. Estadísticos Descriptivos

Descriptivos			
		Estadístico	Error típ.
<b>Plantación</b>	Media	,21529	,005616
	Mediana	,21220	
	Varianza	,005	
	Desv. típ.	,071042	
	Mínimo	,056	
	Máximo	,391	
	Rango	,335	
	Asimetría	,290	
	Curtosis	-,161	
<b>Terraza Alta</b>	Media	,16574	,005353
	Mediana	,15368	
	Varianza	,006	
	Desv. típ.	,075701	
	Mínimo	,033	
	Máximo	,524	
	Rango	,491	
	Asimetría	1,390	
	Curtosis	3,677	
<b>Varillal</b>	Media	,14784	,003959
	Mediana	,15020	
	Varianza	,003	
	Desv. típ.	,055992	
	Mínimo	,028	
	Máximo	,313	
	Rango	,285	
	Asimetría	,076	
	Curtosis	-,142	

## ANEXO 2. Pruebas De Normalidad

Pruebas de normalidad						
Tipo de Bosque	Kolmogorov-Smirnova <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Plantacion	,045	160	,200*	,988	160	,182
Terraza Alta	,102	200	,000	,916	200	,000
Varillal	,040	200	,200*	,990	200	,190

<sup>a</sup>Corrección de la significación de Lilliefors

\*Este es un límite inferior de la significación verdadera

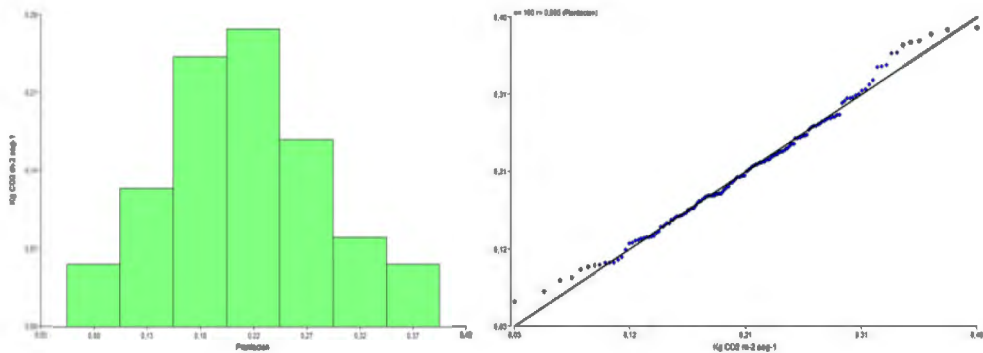
## ANEXO 3. Prueba De Normalidad-Terraza Alta transformado

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Terraza Alta	,057	200	,200*	,987	200	,068

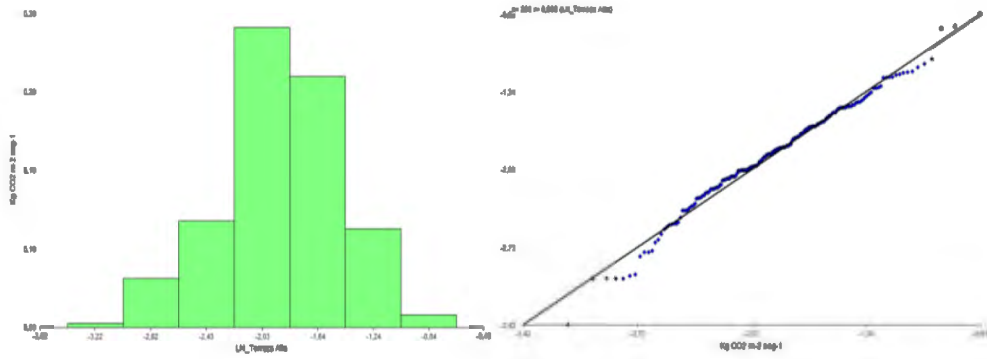
<sup>a</sup>Corrección de la significación de Lilliefors

\*Este es un límite inferior de la significación verdadera

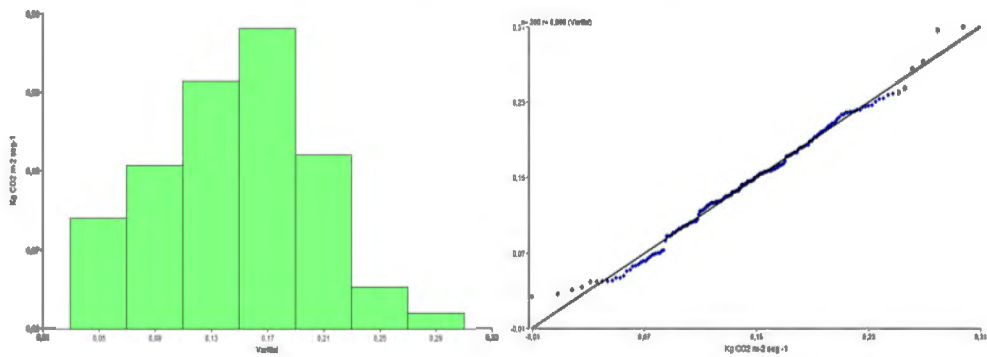
## ANEXO 4. Graficas De Normalidad- Plantación



### ANEXO 5. Graficas De Normalidad- Terraza Alta



### ANEXO 6. Graficas De Normalidad- Varillal



### ANEXO 7. Estimación Por Intervalo De Confianza

	g CO <sub>2</sub> .m <sup>-2</sup> . Hr <sup>-1</sup>		
	Plantación	Terraza alta	Varillal
<b>PROMEDIO</b>	0,2153	0,1657	0,1478
<b>DESV</b>	0,0710	0,0757	0,0560
<b>N</b>	160	200	200
<b>IC_max</b>	0,226	0,176	0,156
<b>IC_min</b>	0,204	0,155	0,140
<b>E</b>	0,0110	0,0105	0,0078

**ANEXO 8. t-Student para Muestras Independientes ( Plantación – Terraza Alta)**

Estadísticos de grupo					
	Cód.	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Flujo de CO <sub>2</sub>	Plantación	160	,215294	,0710423	,0056164
	Terraza Alta	200	,165744	,0757011	,0053529

Prueba de muestras independientes						
Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias				
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia
,000	,983	6,341	358	,000	,0495502	,0078137

**ANEXO 9. t-Student para Muestras Independientes (Terraza Alta-Varillal)**

	Cód.	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Flujo de CO <sub>2</sub>	Terraza Alta	200	,165744	,0757011	,0053529
	Varillal	200	,147840	,0559920	,0039592

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias				
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia
8,179	,004	2,689	366,581	,007	,0179037	,0066580

### ANEXO 10. t-Student para Muestras Independientes (Varillal-Plantación)

Estadísticos de grupo					
	Cód.	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Flujo de CO <sub>2</sub>	Plantación	160	,215294	,0710423	,0056164
	Varillal	200	,147840	,0559920	,0039592

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias				
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia
8,986	,003	9,816	297,577	,000	,0674539	,0068716

### ANEXO 11. t-Student para Muestras Independientes (Plantación – Terraza Alta)

Estadísticos de grupo					
	Cód.	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Temperatura del Suelo	Plantación	140	26,519	,7289	,0616
	Terraza Alta	175	25,669	,4531	,0342

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias				
F	Sig,	t	gl	Sig, (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ, de la diferencia
4,247	,040	12,069	221,308	,000	,8507	,0705

### ANEXO 12. t-Student para Muestras Independientes (Terraza Alta- Varillal)

Estadísticos de grupo					
	Cód.	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Temperatura del suelo	Terraza Alta	175	25,669	,4531	,0342
	Varillal	175	26,056	,7837	,0592

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias				
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia
43,536	,000	-5,662	278,619	,000	-,3874	,0684

### ANEXO 13. t-Student para Muestras Independientes (Varillal – Plantación)

Estadísticos de grupo				
	C�d.	N	Media	Desviación típ.
Temperatura del suelo	Plantación	140	26,519	,7289
	Varillal	175	26,056	,7837

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias				
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia
8,669	,003	5,420	305,943	,000	,4633	,0855

### ANEXO 14. t-Student para Muestras Independientes (Plantación – Terraza Alta)

Estadísticos de grupo				
	C�d.	N	Media	Desviación típ.
Humedad del suelo	Plantación	140	17,06	6,852
	Terraza Alta	175	27,63	10,699

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias				
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia
12,372	,001	-10,633	299,573	,000	-10,577	,995



**ANEXO 15. t-Student para Muestras Independientes (Terraza Alta- Varillal)**

Humedad del suelo	Cód.	N	Media	Desviación típ.
	Terraza Alta	175	27,63	10,699
	Varillal	175	25,76	13,337

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias				
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia
5,288	,022	1,451	332,364	,148	1,876	1,293

**ANEXO 16. t-Student para Muestras Independientes (Varillal – Plantación)**

Estadísticos de grupo				
Humedad del suelo	Cód.	N	Media	Desviación típ.
	Plantación	140	17,06	6,852
	Varillal	175	25,76	13,337

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias				
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia
29,071	,000	-7,484	270,841	,000	-8,701	1,163

**ANEXO 17. Correlación De Variables (Flujo De Carbono, Temperatura Del Suelo, Humedad Del Suelo)**

		Flux	Ts	Hs
Flux	Correlación de Pearson	1	,204	-,244
	N	490	490	490

## BASE DE DATOS

Fecha: Octubre -2009					Parcela : Plantación		Lugar: Jenaro Herrera-Requena-Iquitos		
SubPlop	CO <sub>2</sub> Ref	Input E	ATMP	T° ambiente	Profundidad (m)	Var.CO <sub>2</sub>	Volumen Cámara	Área Cámara	Flux.(gCO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> .hr <sup>-1</sup> )
1	428	86	994	26,8	0,049	0,653	0,002	0,008	0,256
2	429	96	995	26,4	0,050	0,476	0,002	0,008	0,187
3	422	76	995	27,9	0,043	0,597	0,002	0,008	0,227
4	421	62	995	26,9	0,044	0,646	0,002	0,008	0,248
5	435	96	995	26,2	0,042	0,549	0,002	0,008	0,209
6	429	120	995	26,1	0,044	0,415	0,002	0,008	0,160
7	473	124	995	25,7	0,043	0,436	0,002	0,008	0,168
8	435	120	995	24,5	0,046	0,443	0,002	0,008	0,173
9	416	96	995	24,4	0,047	0,476	0,002	0,008	0,186
10	450	96	995	24,4	0,051	0,463	0,002	0,008	0,185
11	430	124	995	24,5	0,056	0,373	0,002	0,008	0,152
12	442	96	995	24,4	0,048	0,524	0,002	0,008	0,207
13	507	110	995	24,3	0,044	0,521	0,002	0,008	0,201
14	433	124	995	24,3	0,040	0,345	0,002	0,008	0,131
15	431	96	995	24,6	0,030	0,512	0,002	0,008	0,185
16	523	110	995	24,3	0,039	0,490	0,002	0,008	0,185
17	445	120	995	24,3	0,038	0,283	0,002	0,008	0,107
18	445	124	996	26,2	0,050	0,336	0,002	0,008	0,133
19	443	124	996	26,2	0,050	0,400	0,002	0,008	0,158
20	424	124	996	26,2	0,052	0,318	0,002	0,008	0,127

Fecha: Noviembre -2009					Parcela : Plantación		Lugar: Jenaro Herrera-Requena-Iquitos		
SubPlop	CO <sub>2</sub> Ref	Input E	ATMP	T° ambiente	Profundidad (m)	Var. CO <sub>2</sub>	Volumen Cámara	Área Cámara	Flux.(gCO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> ·hr <sup>-1</sup> )
1	489	52	996	33,4	0,042	0,816	0,002	0,008	0,304
2	481	120	997	29,6	0,046	0,406	0,002	0,008	0,156
3	492	48	997	28,4	0,035	0,853	0,002	0,008	0,313
4	476	96	997	29,9	0,038	0,500	0,002	0,008	0,185
5	487	67	997	28,4	0,05	0,566	0,002	0,008	0,222
6	482	52	997	29,3	0,044	0,737	0,002	0,008	0,281
7	478	91	997	30,2	0,048	0,506	0,002	0,008	0,196
8	479	86	997	29,7	0,042	0,556	0,002	0,008	0,210
9	471	86	997	31,6	0,041	0,611	0,002	0,008	0,228
10	499	86	997	31	0,045	0,653	0,002	0,008	0,249
11	477	62	997	30	0,047	0,563	0,002	0,008	0,217
12	525	52	997	31,3	0,043	0,789	0,002	0,008	0,298
13	472	96	997	30,9	0,037	0,524	0,002	0,008	0,193
14	460	91	997	30	0,039	0,481	0,002	0,008	0,179
15	472	100	997	30,4	0,035	0,558	0,002	0,008	0,203
16	448	67	997	30,8	0,039	0,736	0,002	0,008	0,273
17	445	120	997	30,3	0,04	0,358	0,002	0,008	0,134
18	465	110	997	29,9	0,037	0,458	0,002	0,008	0,169
19	494	124	997	32	0,04	0,382	0,002	0,008	0,142
20	436	115	997	31,5	0,042	0,416	0,002	0,008	0,156

Fecha: Diciembre-2009	Parcela : Plantación	Lugar: Jenaro Herrera-Requena-Iquitos
-----------------------	----------------------	---------------------------------------

SubPlop	CO <sub>2</sub> Ref	Input E	ATMP	T° ambiente	Profundidad (m)	Var. CO <sub>2</sub>	Volumen Cámara	Área Cámara	Flux.(gCO <sub>2</sub> mi <sup>2</sup> .hr <sup>-1</sup> )
1	426	91	997	27,3	0,045	0,558	0,002	0,008	0,215
2	571	76	997	27	0,043	0,839	0,002	0,008	0,321
3	441	91	997	27,6	0,055	0,584	0,002	0,008	0,235
4	441	67	997	27,5	0,053	0,642	0,002	0,008	0,256
5	424	91	997	26,6	0,047	0,571	0,002	0,008	0,223
6	424	86	997	26,5	0,052	0,583	0,002	0,008	0,233
7	496	86	996	26,4	0,05	0,681	0,002	0,008	0,269
8	444	96	996	26,6	0,044	0,585	0,002	0,008	0,225
9	434	72	996	26,7	0,04	0,741	0,002	0,008	0,280
10	471	67	996	26,9	0,07	0,868	0,002	0,008	0,373
11	440	76	996	26,1	0,042	0,677	0,002	0,008	0,258
12	431	91	996	26,1	0,036	0,597	0,002	0,008	0,222
13	458	86	996	26,3	0,044	0,458	0,002	0,008	0,176
14	560	81	996	26,4	0,043	0,672	0,002	0,008	0,257
15	484	72	996	25,9	0,04	0,948	0,002	0,008	0,359
16	423	72	996	26,6	0,043	0,632	0,002	0,008	0,242
17	423	72	996	27,2	0,05	0,656	0,002	0,008	0,258
18	423	72	996	26,4	0,05	0,601	0,002	0,008	0,238
19	424	72	996	26,2	0,05	0,612	0,002	0,008	0,242
20	425	72	996	26,5	0,05	0,678	0,002	0,008	0,268

Fecha: Enero-2010	Parcela : Plantación	Lugar: Jenaro Herrera-Requena-Iquitos
-------------------	----------------------	---------------------------------------

SubPlop	CO <sub>2</sub> Ref	Input E	ATMP	T° ambiente	Profundidad (m)	Var. CO <sub>2</sub>	Volumen Cámara	Área Cámara	Flux.(gCO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> .hr <sup>-1</sup> )
1	452	86	999	28,7	0,05	0,528	0,002	0,008	0,208
2	471	124	999	28,2	0,048	0,282	0,002	0,008	0,110
3	438	62	999	27,7	0,046	0,813	0,002	0,008	0,315
4	459	62	999	26,6	0,05	0,625	0,002	0,008	0,248
5	441	81	999	27,7	0,05	0,582	0,002	0,008	0,230
6	465	62	999	27,5	0,044	0,708	0,002	0,008	0,272
7	438	86	999	27,4	0,05	0,528	0,002	0,008	0,208
8	458	76	999	26,8	0,05	0,645	0,002	0,008	0,255
9	445	72	999	27,6	0,043	0,741	0,002	0,008	0,284
10	476	72	999	27,4	0,041	0,948	0,002	0,008	0,360
11	429	67	999	27,5	0,053	0,698	0,002	0,008	0,279
12	457	91	999	27,5	0,04	0,584	0,002	0,008	0,220
13	452	62	999	27,3	0,043	0,667	0,002	0,008	0,255
14	501	67	999	27,6	0,05	0,491	0,002	0,008	0,194
15	430	62	999	28,3	0,041	0,813	0,002	0,008	0,307
16	425	57	999	28	0,043	1,023	0,002	0,008	0,391
17	476	124	999	27,6	0,05	0,373	0,002	0,008	0,147
18	456	124	999	28,1	0,05	0,255	0,002	0,008	0,100
19	505	105	998	27,9	0,05	0,495	0,002	0,008	0,195
20	429	105	998	30	0,05	0,473	0,002	0,008	0,185

<b>Fecha: Febrero-2010</b>	<b>Parcela : Plantación</b>	<b>Lugar: Jenaro Herrera-Requena-Iquitos</b>
----------------------------	-----------------------------	--

SubPlop	CO <sub>2</sub> Ref	Input E	ATMP	T° ambiente	Profundidad (m)	Var. CO <sub>2</sub>	Volumen Cámara	Área Cámara	Flux. (gCO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> .hr <sup>-1</sup> )
1	442	52	998	28	0,044	1,000	0,002	0,008	0,383
2	420	124	998	27,9	0,05	0,345	0,002	0,008	0,136
3	420	62	998	27,6	0,045	0,729	0,002	0,008	0,281
4	482	91	997	27,8	0,045	0,610	0,002	0,008	0,235
5	428	76	997	27,4	0,05	0,532	0,002	0,008	0,210
6	426	81	997	27,4	0,049	0,567	0,002	0,008	0,223
7	420	81	997	27,1	0,05	0,552	0,002	0,008	0,218
8	444	62	997	27,2	0,053	0,688	0,002	0,008	0,275
9	470	72	997	27,5	0,043	0,897	0,002	0,008	0,342
10	418	62	997	27,8	0,042	0,813	0,002	0,008	0,308
11	416	81	997	27,7	0,05	0,582	0,002	0,008	0,229
12	423	76	996	27,8	0,054	0,597	0,002	0,008	0,239
13	414	86	996	27	0,04	0,569	0,002	0,008	0,215
14	441	110	996	27,3	0,05	0,385	0,002	0,008	0,152
15	426	67	996	27,9	0,04	0,547	0,002	0,008	0,206
16	459	72	996	29,3	0,05	0,776	0,002	0,008	0,304
17	447	120	996	28	0,046	0,462	0,002	0,008	0,178
18	411	124	996	27,7	0,05	0,264	0,002	0,008	0,104
19	488	115	996	28,3	0,043	0,426	0,002	0,008	0,162
20	449	124	996	29,8	0,042	0,391	0,002	0,008	0,147

Fecha: Marzo-2010	Parcela : Plantación	Lugar: Jenaro Herrera-Requena-Iquitos
-------------------	----------------------	---------------------------------------

SubPlop	CO <sub>2</sub> Ref	Input E	ATMP	T° ambiente	Profundidad (m)	Var. CO <sub>2</sub>	Volumen Cámara	Área Cámara	Flux.(gCO <sub>2</sub> m <sup>2</sup> .hr <sup>-1</sup> )
1	429	48	994	31,5	0,044	1,026	0,002	0,008	0,388
2	422	100	994	30,4	0,047	0,442	0,002	0,008	0,170
3	631	100	994	30,4	0,044	0,733	0,002	0,008	0,278
4	430	57	994	30,2	0,046	0,721	0,002	0,008	0,276
5	561	76	994	33,1	0,053	0,677	0,002	0,008	0,265
6	479	67	993	31,1	0,044	0,717	0,002	0,008	0,270
7	485	86	993	30,1	0,052	0,625	0,002	0,008	0,245
8	466	43	993	31,1	0,055	0,862	0,002	0,008	0,342
9	446	76	993	30,1	0,041	0,694	0,002	0,008	0,259
10	440	38	993	30,1	0,042	0,917	0,002	0,008	0,344
11	567	91	993	30,3	0,055	0,714	0,002	0,008	0,284
12	448	14	993	30,3	0,046	0,797	0,002	0,008	0,304
13	458	48	993	30,1	0,042	1,000	0,002	0,008	0,375
14	416	19	993	30,1	0,042	0,800	0,002	0,008	0,300
15	526	14	993	31	0,042	0,643	0,002	0,008	0,240
16	464	28	993	30,7	0,039	1,000	0,002	0,008	0,369
17	526	14	993	31	0,043	0,600	0,002	0,008	0,226
18	498	14	993	30,7	0,047	0,848	0,002	0,008	0,325
19	434	67	993	29,9	0,048	0,698	0,002	0,008	0,270
20	470	76	993	30,7	0,072	0,532	0,002	0,008	0,227

Fecha: Abril-2010					Parcela : Plantación		Lugar: Jenaro Herrera-Requena-Iquitos		
SubPlop	CO <sub>2</sub> Ref	Input E	ATMP	T° ambiente	Profundidad (m)	Var.CO <sub>2</sub>	Volumen Cámara	Área Cámara	Flux.(gCO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> hr <sup>-1</sup> )
1	467	124	1002	28,4	0,045	0,309	0,002	0,008	0,119
2	470	120	1002	28,3	0,045	0,415	0,002	0,008	0,160
3	465	96	1001	27,8	0,044	0,488	0,002	0,008	0,188
4	767	105	1001	27,4	0,045	0,484	0,002	0,008	0,187
5	464	86	1001	27,6	0,047	0,611	0,002	0,008	0,238
6	472	124	1001	27,6	0,043	0,264	0,002	0,008	0,101
7	519	124	1001	27,4	0,048	0,345	0,002	0,008	0,136
8	474	124	1002	27,6	0,049	0,173	0,002	0,008	0,068
9	454	124	1002	27,6	0,037	0,264	0,002	0,008	0,098
10	467	124	1002	27,6	0,039	0,345	0,002	0,008	0,130
11	466	124	1002	27,7	0,054	0,236	0,002	0,008	0,095
12	456	115	1002	27,4	0,043	0,436	0,002	0,008	0,167
13	444	100	1001	27,2	0,038	0,500	0,002	0,008	0,187
14	442	110	1001	27,3	0,046	0,438	0,002	0,008	0,170
15	492	76	1001	27,6	0,036	0,645	0,002	0,008	0,239
16	495	124	1001	27,8	0,039	0,436	0,002	0,008	0,164
17	462	110	1001	27,5	0,044	0,479	0,002	0,008	0,185
18	446	124	1001	28,3	0,041	0,355	0,002	0,008	0,134
19	466	124	1001	29,5	0,049	0,264	0,002	0,008	0,103
20	463	124	1001	29,1	0,048	0,327	0,002	0,008	0,128



Fecha: Mayo-2010					Parcela : Plantación		Lugar: Jenaro Herrera-Requena-Iquitos		
SubPlop	CO <sub>2</sub> Ref	Input E	ATMP	T° ambiente	Profundidad (m)	Var.CO <sub>2</sub>	Volumen Cámara	Área Cámara	Flux.(gCO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> .hr <sup>-1</sup> )
1	451	110	995	26,7	0,044	0,469	0,002	0,008	0,180
2	438	86	995	26,4	0,049	0,583	0,002	0,008	0,229
3	546	124	994	26,1	0,044	0,364	0,002	0,008	0,140
4	529	91	995	26,4	0,042	0,610	0,002	0,008	0,232
5	445	96	995	25,7	0,043	0,524	0,002	0,008	0,201
6	462	76	995	25,7	0,043	0,613	0,002	0,008	0,235
7	509	124	994	25,6	0,047	0,218	0,002	0,008	0,085
8	466	124	994	25,7	0,053	0,455	0,002	0,008	0,182
9	437	105	995	25,7	0,039	0,505	0,002	0,008	0,190
10	487	110	995	25,7	0,043	0,479	0,002	0,008	0,184
11	451	115	995	25,5	0,06	0,386	0,002	0,008	0,160
12	453	120	995	25,5	0,049	0,415	0,002	0,008	0,164
13	534	124	995	25,8	0,033	0,409	0,002	0,008	0,150
14	477	81	995	25,7	0,04	0,597	0,002	0,008	0,226
15	451	72	995	25,9	0,032	0,552	0,002	0,008	0,201
16	584	100	996	25,9	0,041	0,547	0,002	0,008	0,208
17	535	124	996	25,5	0,048	0,264	0,002	0,008	0,104
18	613	124	996	25,5	0,042	0,145	0,002	0,008	0,056
19	522	124	996	25,8	0,046	0,209	0,002	0,008	0,081
20	453	124	996	25,8	0,047	0,345	0,002	0,008	0,135

Fecha: Octubre-2009					Parcela : Terraza Alta		Lugar: Jenaro Herrera-Requena-Iquitos		
SubPlop	CO <sub>2</sub> Ref	Input E	ATMP	T° ambiente	Profundidad (m)	Var.CO <sub>2</sub>	Volumen Cámara	Área Cámara	Flux.(gCO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> .hr <sup>-1</sup> )
1	459	124	999	29,9	0,05	0,382	0,002	0,008	0,150
2	500	91	999	29,5	0,042	0,597	0,002	0,008	0,226
3	460	91	999	28,8	0,035	0,545	0,002	0,008	0,200
4	486	124	999	28,6	0,046	0,318	0,002	0,008	0,123
5	496	124	999	29,2	0,052	0,391	0,002	0,008	0,155
6	461	124	999	29	0,045	0,309	0,002	0,008	0,119
7	439	124	999	28,9	0,045	0,236	0,002	0,008	0,091
8	447	124	999	29,7	0,05	0,291	0,002	0,008	0,114
9	466	124	999	29,4	0,044	0,164	0,002	0,008	0,062
10	459	124	999	29,3	0,042	0,291	0,002	0,008	0,110
11	471	124	999	29,4	0,049	0,127	0,002	0,008	0,050
12	446	115	999	29,5	0,042	0,416	0,002	0,008	0,157
13	504	124	999	24,9	0,05	0,309	0,002	0,008	0,123
14	427	100	999	24,4	0,052	0,465	0,002	0,008	0,187
15	478	91	999	25,4	0,055	0,558	0,002	0,008	0,227
16	433	67	999	24,3	0,04	0,623	0,002	0,008	0,237
17	479	124	999	24,3	0,045	0,309	0,002	0,008	0,121
18	446	120	999	24,3	0,05	0,396	0,002	0,008	0,158
19	480	115	999	24,2	0,048	0,455	0,002	0,008	0,180
20	443	57	999	24,1	0,055	0,721	0,002	0,008	0,294
21	454	124	999	24,1	0,049	0,400	0,002	0,008	0,159
22	437	124	999	23,9	0,048	0,327	0,002	0,008	0,130
23	477	124	999	24	0,048	0,327	0,002	0,008	0,130
24	567	115	999	24,2	0,053	0,360	0,002	0,008	0,146
25	487	76	999	23,8	0,045	0,758	0,002	0,008	0,296

Fecha: Noviembre -2009					Parcela : Terraza Alta		Lugar: Jenaro Herrera-Requena-Iquitos		
SubPlop	CO <sub>2</sub> Ref	Input E	ATMP	T° ambiente	Profundidad (m)	Var.CO <sub>2</sub>	Volumen Cámara	Área Cámara	Flux.(gCO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> .hr <sup>-1</sup> )
1	457	91	999	25,9	0,05	0,380	0,002	0,008	0,170
2	498	124	999	26	0,04	0,595	0,002	0,008	0,206
3	458	120	999	26,1	0,038	0,543	0,002	0,008	0,180
4	484	124	999	26,7	0,05	0,316	0,002	0,008	0,143
5	494	124	999	26,5	0,05	0,389	0,002	0,008	0,175
6	459	91	999	26,3	0,045	0,307	0,002	0,008	0,099
7	437	124	999	25,5	0,05	0,234	0,002	0,008	0,091
8	445	76	999	26,5	0,05	0,289	0,002	0,008	0,134
9	464	120	999	26,4	0,04	0,162	0,002	0,008	0,062
10	457	124	999	26	0,045	0,289	0,002	0,008	0,130
11	469	124	999	26	0,05	0,125	0,002	0,008	0,050
12	444	115	999	26	0,04	0,414	0,002	0,008	0,157
13	502	124	999	26,9	0,05	0,307	0,002	0,008	0,103
14	425	100	999	26,2	0,055	0,463	0,002	0,008	0,187
15	476	91	999	26,1	0,06	0,556	0,002	0,008	0,227
16	431	67	999	26,7	0,04	0,621	0,002	0,008	0,237
17	477	124	999	26,1	0,05	0,307	0,002	0,008	0,121
18	444	120	999	26,1	0,052	0,394	0,002	0,008	0,158
19	478	115	999	26,2	0,05	0,453	0,002	0,008	0,160
20	441	57	999	26,7	0,06	0,719	0,002	0,008	0,314
21	452	124	999	26,8	0,045	0,398	0,002	0,008	0,159
22	435	120	999	26,7	0,05	0,325	0,002	0,008	0,110
23	475	124	999	26	0,05	0,325	0,002	0,008	0,150
24	565	115	999	26,5	0,05	0,358	0,002	0,008	0,166
25	485	91	999	26,3	0,05	0,756	0,002	0,008	0,276

Fecha: Diciembre-2009					Parcela : Terraza Alta		Lugar: Jenaro Herrera-Requena-Iquitos		
SubPlop	CO <sub>2</sub> Ref	Input E	ATMP	T° ambiente	Profundidad (m)	Var.CO <sub>2</sub>	Volumen Cámara	Área Cámara	Flux.(gCO <sub>2</sub> m <sup>2</sup> .hr <sup>-1</sup> )
1	529	124	998	26,6	0,043	0,200	0,002	0,008	0,077
2	545	81	998	26,7	0,025	0,627	0,002	0,008	0,220
3	518	86	998	26,6	0,058	0,514	0,002	0,008	0,211
4	550	124	998	26,8	0,036	0,364	0,002	0,008	0,135
5	476	100	998	26,7	0,038	0,523	0,002	0,008	0,196
6	517	124	998	26,6	0,055	0,200	0,002	0,008	0,081
7	479	91	998	26,7	0,046	0,442	0,002	0,008	0,172
8	490	124	998	26,9	0,053	0,082	0,002	0,008	0,033
9	477	124	998	26,9	0,058	0,155	0,002	0,008	0,063
10	485	124	998	26,9	0,045	0,127	0,002	0,008	0,049
11	481	124	998	26,5	0,043	0,336	0,002	0,008	0,129
12	495	110	998	26,7	0,042	0,385	0,002	0,008	0,147
13	451	100	998	26,6	0,048	0,384	0,002	0,008	0,150
14	453	72	998	26,1	0,043	0,707	0,002	0,008	0,271
15	456	110	998	26,1	0,041	0,458	0,002	0,008	0,174
16	480	58	998	26,7	0,049	0,362	0,002	0,008	0,143
17	478	108	998	26,5	0,049	0,281	0,002	0,008	0,111
18	478	86	998	26,9	0,032	0,442	0,002	0,008	0,161
19	419	124	998	26,7	0,031	0,236	0,002	0,008	0,086
20	416	124	998	26,6	0,044	0,245	0,002	0,008	0,095
21	424	124	998	26,2	0,049	0,282	0,002	0,008	0,111
22	444	115	998	26,6	0,058	0,465	0,002	0,008	0,191
23	438	72	998	26,6	0,062	0,776	0,002	0,008	0,323
24	423	124	998	26,5	0,043	0,245	0,002	0,008	0,094
25	428	124	998	26,5	0,04	0,273	0,002	0,008	0,103

Fecha: Enero-2010					Parcela : Terraza Alta		Lugar: Jenaro Herrera-Requena-Iquitos		
SubPlop	CO <sub>2</sub> Ref	Input E	ATMP	T° ambiente	Profundidad (m)	Var.CO <sub>2</sub>	Volumen Cámara	Área Cámara	Flux.(gCO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> .hr <sup>-1</sup> )
1	459	124	997	26,7	0,045	0,264	0,002	0,008	0,102
2	452	86	997	26,7	0,030	0,542	0,002	0,008	0,195
3	544	124	997	26,7	0,042	0,391	0,002	0,008	0,149
4	460	96	997	26,7	0,030	0,512	0,002	0,008	0,184
5	485	86	997	27,4	0,037	0,583	0,002	0,008	0,217
6	453	124	997	27,3	0,052	0,282	0,002	0,008	0,112
7	476	67	997	26,6	0,042	0,566	0,002	0,008	0,216
8	445	124	997	26,6	0,055	0,127	0,002	0,008	0,051
9	463	124	997	27,1	0,055	0,273	0,002	0,008	0,110
10	442	124	997	27,1	0,030	0,373	0,002	0,008	0,134
11	448	124	997	26,7	0,042	0,209	0,002	0,008	0,080
12	449	105	997	26,7	0,040	0,440	0,002	0,008	0,166
13	433	72	997	26,6	0,042	0,517	0,002	0,008	0,197
14	431	124	997	26,7	0,033	0,345	0,002	0,008	0,126
15	429	62	997	26,8	0,033	0,708	0,002	0,008	0,259
16	449	81	997	26,7	0,050	0,537	0,002	0,008	0,212
17	445	76	997	26,8	0,050	0,484	0,002	0,008	0,191
18	458	72	997	26,7	0,030	0,655	0,002	0,008	0,236
19	437	124	997	26,5	0,028	0,364	0,002	0,008	0,130
20	468	62	998	26,7	0,035	0,729	0,002	0,008	0,269
21	482	48	998	26,9	0,043	1,206	0,002	0,008	0,462
22	538	96	997	27	0,052	0,476	0,002	0,008	0,189
23	485	100	997	26,9	0,053	0,384	0,002	0,008	0,154
24	487	57	997	27,2	0,032	0,860	0,002	0,008	0,312
25	505	72	997	27,1	0,030	0,862	0,002	0,008	0,310

Fecha: Febrero-2010					Parcela : Terraza Alta		Lugar: Jenaro Herrera-Requena-Iquitos		
SubPlot	CO <sub>2</sub> Ref	Input E	ATMP	T° ambiente	Profundidad (m)	Var.CO <sub>2</sub>	Volumen Cámara	Área Cámara	Flux.(gCO <sub>2</sub> m <sup>2</sup> .hr <sup>-1</sup> )
1	580	124	1000	25,7	0,047	0,245	0,002	0,008	0,096
2	522	120	1000	26,4	0,021	0,406	0,002	0,008	0,140
3	492	124	1000	27,7	0,032	0,355	0,002	0,008	0,129
4	508	38	1000	27,8	0,016	0,629	0,002	0,008	0,211
5	486	62	1000	28,5	0,024	0,64	0,002	0,008	0,225
6	500	124	1000	29,1	0,051	0,264	0,002	0,008	0,104
7	481	86	1000	29,6	0,04	0,542	0,002	0,008	0,203
8	508	124	1000	29,1	0,054	0,127	0,002	0,008	0,051
9	548	120	1000	29,4	0,053	0,340	0,002	0,008	0,135
10	615	124	1000	28,8	0,029	0,282	0,002	0,008	0,101
11	478	124	1001	29,4	0,04	0,182	0,002	0,008	0,068
12	454	115	1000	29,1	0,042	0,396	0,002	0,008	0,150
13	470	91	1000	29,4	0,043	0,506	0,002	0,008	0,193
14	476	124	1000	29,1	0,037	0,364	0,002	0,008	0,135
15	724	124	1000	29,1	0,034	0,464	0,002	0,008	0,169
16	473	81	1000	28,5	0,056	0,537	0,002	0,008	0,217
17	545	124	1000	28,5	0,051	0,382	0,002	0,008	0,151
18	552	91	1000	27,7	0,03	0,688	0,002	0,008	0,248
19	486	124	1000	28,5	0,031	0,300	0,002	0,008	0,108
20	473	76	1000	29,1	0,034	0,629	0,002	0,008	0,230
21	560	76	1000	30,2	0,042	0,645	0,002	0,008	0,244
22	553	110	1000	29,7	0,062	0,438	0,002	0,008	0,181
23	447	124	1000	29,6	0,057	0,345	0,002	0,008	0,140
24	632	124	1000	29,1	0,034	0,355	0,002	0,008	0,129
25	495	86	1000	29,7	0,033	0,569	0,002	0,008	0,207

Fecha: Marzo-2010					Parcela : Terraza Alta		Lugar: Jenaro Herrera-Requena-Iquitos		
SubPlop	CO <sub>2</sub> Ref	Input E	ATMP	T° ambiente	Profundidad (m)	Var.CO <sub>2</sub>	Volumen Cámara	Área Cámara	Flux.(gCO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> .hr <sup>-1</sup> )
1	494	124	999	25,6	0,023	0,291	0,002	0,008	0,102
2	570	124	999	25,8	0,029	0,427	0,002	0,008	0,154
3	525	115	998	25,7	0,051	0,396	0,002	0,008	0,158
4	549	81	998	25,8	0,026	0,582	0,002	0,008	0,206
5	500	57	998	25,8	0,037	0,721	0,002	0,008	0,269
6	520	124	998	25,8	0,058	0,300	0,002	0,008	0,123
7	477	62	998	25,6	0,05	0,563	0,002	0,008	0,223
8	473	124	998	25,7	0,057	0,200	0,002	0,008	0,082
9	523	120	998	25,7	0,059	0,396	0,002	0,008	0,164
10	504	124	999	25,7	0,035	0,300	0,002	0,008	0,111
11	505	124	999	25,6	0,044	0,209	0,002	0,008	0,081
12	477	100	999	25,5	0,039	0,465	0,002	0,008	0,176
13	449	91	998	25,7	0,04	0,506	0,002	0,008	0,192
14	421	91	998	25,8	0,029	0,532	0,002	0,008	0,191
15	535	86	998	26	0,036	0,625	0,002	0,008	0,232
16	491	124	998	25,8	0,053	0,473	0,002	0,008	0,190
17	465	81	998	25,7	0,052	0,567	0,002	0,008	0,227
18	418	52	998	25,7	0,03	0,711	0,002	0,008	0,257
19	437	124	998	25,4	0,033	0,364	0,002	0,008	0,134
20	447	28	998	25,8	0,035	0,941	0,002	0,008	0,348
21	501	43	998	26,5	0,041	1,379	0,002	0,008	0,524
22	459	124	998	25,7	0,062	0,318	0,002	0,008	0,133
23	451	124	998	25,6	0,062	0,336	0,002	0,008	0,141
24	468	76	998	26,1	0,036	0,677	0,002	0,008	0,252
25	416	52	998	25,9	0,031	0,921	0,002	0,008	0,334

Fecha: Abril-2010					Parcela : Terraza Alta		Lugar: Jenaro Herrera-Requena-Iquitos		
SubPlop	CO <sub>2</sub> Ref	Input E	ATMP	T° ambiente	Profundidad (m)	Var.CO <sub>2</sub>	Volumen Cámara	Área Cámara	Flux.(gCO <sub>2</sub> mi <sup>2</sup> .hr <sup>-1</sup> )
1	467	124	1002	25,5	0,048	0,309	0,002	0,008	0,122
2	470	120	1002	25,1	0,027	0,415	0,002	0,008	0,149
3	465	96	1001	24,9	0,047	0,488	0,002	0,008	0,192
4	767	105	1001	25,5	0,026	0,484	0,002	0,008	0,172
5	464	86	1001	25,3	0,039	0,611	0,002	0,008	0,232
6	472	124	1001	26,1	0,053	0,264	0,002	0,008	0,106
7	519	124	1001	26,7	0,049	0,345	0,002	0,008	0,136
8	474	124	1002	26,6	0,054	0,173	0,002	0,008	0,070
9	454	124	1002	26,2	0,053	0,264	0,002	0,008	0,106
10	467	124	1002	26,7	0,042	0,345	0,002	0,008	0,132
11	466	124	1002	26,1	0,043	0,236	0,002	0,008	0,091
12	456	115	1002	26,5	0,034	0,436	0,002	0,008	0,161
13	444	100	1001	28	0,037	0,500	0,002	0,008	0,186
14	442	110	1001	26,7	0,033	0,438	0,002	0,008	0,160
15	492	76	1001	26,7	0,037	0,645	0,002	0,008	0,241
16	495	124	1001	27	0,049	0,436	0,002	0,008	0,172
17	451	81	1001	26,3	0,049	0,493	0,002	0,008	0,195
18	462	110	1001	29,5	0,032	0,479	0,002	0,008	0,173
19	446	124	1001	28,5	0,033	0,355	0,002	0,008	0,129
20	492	57	1001	29,1	0,037	0,814	0,002	0,008	0,302
21	462	24	1002	30,2	0,043	1,237	0,002	0,008	0,470
22	466	124	1001	29,7	0,056	0,264	0,002	0,008	0,106
23	463	124	1001	29,6	0,055	0,327	0,002	0,008	0,131
24	530	62	1001	29,1	0,036	0,833	0,002	0,008	0,308
25	510	67	1001	29,7	0,036	0,623	0,002	0,008	0,229



Fecha: Mayo-2010					Parcela : Terraza Alta		Lugar: Jenaro Herrera-Requena-Iquitos		
SubPlop	CO <sub>2</sub> Ref	Input E	ATMP	T° ambiente	Profundidad (m)	Var.CO <sub>2</sub>	Volumen Cámara	Área Cámara	Flux.(gCO <sub>2</sub> mi <sup>2</sup> .hr <sup>-1</sup> )
1	454	124	1003	26,5	0,047	0,236	0,002	0,008	0,093
2	504	124	1002	26	0,024	0,382	0,002	0,008	0,134
3	499	120	1002	26	0,047	0,415	0,002	0,008	0,163
4	474	124	1002	26,3	0,028	0,436	0,002	0,008	0,157
5	479	115	1002	26,4	0,037	0,46	0,002	0,008	0,174
6	466	124	1002	26,5	0,056	0,327	0,002	0,008	0,134
7	431	124	1002	26,1	0,055	0,355	0,002	0,008	0,144
8	415	124	1002	26,3	0,062	0,118	0,002	0,008	0,050
9	433	124	1002	26,5	0,059	0,245	0,002	0,008	0,101
10	434	124	1002	25,6	0,045	0,155	0,002	0,008	0,060
11	426	124	1002	26,7	0,042	0,209	0,002	0,008	0,080
12	439	124	1002	26,4	0,023	0,373	0,002	0,008	0,130
13	465	105	1002	26,5	0,043	0,516	0,002	0,008	0,199
14	516	124	1002	26,5	0,032	0,327	0,002	0,008	0,120
15	443	76	1002	26,4	0,034	0,742	0,002	0,008	0,274
16	510	124	1002	26,7	0,055	0,182	0,002	0,008	0,074
17	453	120	1002	26,7	0,049	0,453	0,002	0,008	0,179
18	447	124	1002	26,7	0,036	0,427	0,002	0,008	0,159
19	474	124	1002	26,5	0,03	0,327	0,002	0,008	0,118
20	478	86	1002	26,7	0,042	0,597	0,002	0,008	0,229
21	443	72	1002	26,7	0,042	0,793	0,002	0,008	0,304
22	449	124	1002	26,7	0,058	0,191	0,002	0,008	0,079
23	503	124	1002	26,8	0,061	0,218	0,002	0,008	0,091
24	634	124	1002	26,9	0,034	0,327	0,002	0,008	0,121
25	524	124	1002	26,8	0,035	0,436	0,002	0,008	0,162

Fecha: Octubre-2009					Parcela : Varillal		Lugar: Jenaro Herrera-Requena-Iquitos		
SubPlop	CO <sub>2</sub> Ref	Input E	ATMP	T° ambiente	Profundidad (m)	Var.CO <sub>2</sub>	Volumen Cámara	Área Cámara	Flux.(gCO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> ·hr <sup>-1</sup> )
1	456	124	995	29,9	0,051	0,236	0,002	0,008	0,093
2	459	124	995	29,5	0,042	0,318	0,002	0,008	0,120
3	514	120	995	28,8	0,0353	0,434	0,002	0,008	0,159
4	527	124	995	28,6	0,047	0,409	0,002	0,008	0,158
5	477	105	995	29,2	0,05	0,462	0,002	0,008	0,181
6	470	120	995	29,2	0,042	0,372	0,002	0,008	0,140
7	464	120	994	29	0,0433	0,387	0,002	0,008	0,147
8	502	124	994	28,9	0,0463	0,327	0,002	0,008	0,126
9	579	110	994	29,7	0,047	0,594	0,002	0,008	0,229
10	460	124	994	29,4	0,046	0,427	0,002	0,008	0,164
11	474	124	994	29,3	0,0427	0,318	0,002	0,008	0,120
12	461	124	994	29,4	0,0537	0,382	0,002	0,008	0,152
13	462	105	994	29,5	0,045	0,396	0,002	0,008	0,151
14	477	124	996	24,9	0,0433	0,336	0,002	0,008	0,130
15	442	120	995	24,4	0,05	0,406	0,002	0,008	0,161
16	499	124	995	25,4	0,0517	0,327	0,002	0,008	0,131
17	416	124	995	24,3	0,0483	0,264	0,002	0,008	0,104
18	451	124	995	24,3	0,0417	0,118	0,002	0,008	0,045
19	449	124	995	24,3	0,0467	0,282	0,002	0,008	0,110
20	469	124	995	24,2	0,0467	0,155	0,002	0,008	0,061
21	444	105	995	24,1	0,0467	0,473	0,002	0,008	0,185
22	413	124	995	23,9	0,0533	0,318	0,002	0,008	0,129
23	438	124	995	24	0,048	0,427	0,002	0,008	0,169
24	440	81	995	24,2	0,0527	0,567	0,002	0,008	0,228
25	442	124	995	23,8	0,045	0,327	0,002	0,008	0,127

Fecha: Noviembre-2009					Parcela : Varillal		Lugar: Jenaro Herrera-Requena-Iquitos		
SubPlop	CO <sub>2</sub> Ref	Input E	ATMP	T° ambiente	Profundidad (m)	Var.CO <sub>2</sub>	Volumen Cámara	Área Cámara	Flux.(gCO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> .hr <sup>-1</sup> )
1	528	124	996	31,9	0,048	0,282	0,002	0,008	0,108
2	449	124	997	30,1	0,047	0,191	0,002	0,008	0,074
3	486	120	996	30,5	0,033	0,396	0,002	0,008	0,143
4	498	120	996	30,2	0,042	0,425	0,002	0,008	0,160
5	490	100	997	30	0,05	0,430	0,002	0,008	0,168
6	459	124	996	30,4	0,042	0,391	0,002	0,008	0,147
7	442	124	996	30,5	0,043	0,255	0,002	0,008	0,096
8	527	96	996	30,5	0,047	0,573	0,002	0,008	0,220
9	473	115	996	30,4	0,05	0,406	0,002	0,008	0,158
10	425	124	996	31	0,043	0,245	0,002	0,008	0,093
11	526	115	996	31	0,045	0,416	0,002	0,008	0,158
12	490	124	996	30,3	0,047	0,391	0,002	0,008	0,150
13	455	124	996	31	0,047	0,282	0,002	0,008	0,108
14	509	124	996	30,6	0,045	0,327	0,002	0,008	0,125
15	461	110	996	30,6	0,043	0,406	0,002	0,008	0,153
16	464	115	996	30,3	0,045	0,386	0,002	0,008	0,147
17	523	124	996	29,9	0,045	0,127	0,002	0,008	0,049
18	441	105	996	30,2	0,042	0,429	0,002	0,008	0,161
19	443	124	996	30,5	0,048	0,127	0,002	0,008	0,049
20	605	124	996	30,7	0,045	0,336	0,002	0,008	0,128
21	443	115	996	30,4	0,052	0,396	0,002	0,008	0,156
22	469	120	996	30,7	0,047	0,425	0,002	0,008	0,163
23	475	62	996	30,2	0,047	0,542	0,002	0,008	0,209
24	450	110	996	30,9	0,04	0,396	0,002	0,008	0,147
25	456	120,000	996	30,4	0,046	0,406	0,002	0,008	0,156

Fecha: Diciembre-2009					Parcela : Varillal		Lugar: Jenaro Herrera-Requena-Iquitos		
SubPlop	CO <sub>2</sub> Ref	Input E	ATMP	T° ambiente	Profundidad (m)	Var.CO <sub>2</sub>	Volumen Cámara	Área Cámara	Flux.(gCO <sub>2</sub> m <sup>2</sup> .hr <sup>-1</sup> )
1	437	124	999	26,1	0,048	0,264	0,002	0,008	0,104
2	454	124	999	26,1	0,042	0,118	0,002	0,008	0,045
3	476	124	999	25,9	0,037	0,336	0,002	0,008	0,126
4	517	124	999	26	0,045	0,264	0,002	0,008	0,102
5	454	124	999	26,2	0,057	0,300	0,002	0,008	0,123
6	471	124	999	26	0,043	0,382	0,002	0,008	0,147
7	447	124	999	26,6	0,043	0,191	0,002	0,008	0,073
8	488	124	999	26,3	0,06	0,336	0,002	0,008	0,139
9	462	124	999	26,1	0,043	0,309	0,002	0,008	0,119
10	457	124	999	26,1	0,043	0,082	0,002	0,008	0,031
11	458	105	999	26,1	0,049	0,473	0,002	0,008	0,187
12	448	105	999	25,9	0,048	0,473	0,002	0,008	0,186
13	457	124	999	26	0,049	0,355	0,002	0,008	0,140
14	469	124	999	25,7	0,051	0,264	0,002	0,008	0,105
15	438	124	999	26,2	0,043	0,073	0,002	0,008	0,028
16	453	105	999	25,9	0,043	0,418	0,002	0,008	0,161
17	461	124	999	25,9	0,044	0,091	0,002	0,008	0,035
18	449	124	999	25,9	0,048	0,382	0,002	0,008	0,150
19	436	124	999	27,2	0,062	0,091	0,002	0,008	0,038
20	444	124	998	26,2	0,047	0,327	0,002	0,008	0,128
21	509	86	998	25,9	0,055	0,597	0,002	0,008	0,242
22	453	124	998	25,9	0,049	0,255	0,002	0,008	0,101
23	448	120	998	26,2	0,047	0,260	0,002	0,008	0,102
24	451	124	998	26	0,051	0,245	0,002	0,008	0,098
25	454	124	998	26,2	0,043	0,280	0,002	0,008	0,108

Fecha: Enero-2010					Parcela : Varillal		Lugar: Jenaro Herrera-Requena-Iquitos			
SubPlop	CO <sub>2</sub> Ref	Input E	ATMP	T° ambiente	Profundidad (m)	Var.CO <sub>2</sub>	Volumen Cámara	Área Cámara	Flux.(gCO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> .hr <sup>-1</sup> ))	
1	547	124	997	25,3	0,048	0,336	0,002	0,008	0,132	
2	717	124	997	26,7	0,04	0,164	0,002	0,008	0,062	
3	807	124	997	28,7	0,037	0,436	0,002	0,008	0,161	
4	618	62	997	26,9	0,052	0,604	0,002	0,008	0,241	
5	518	105	997	25,8	0,065	0,495	0,002	0,008	0,209	
6	511	91	997	26,9	0,048	0,571	0,002	0,008	0,224	
7	472	124	997	26,7	0,045	0,345	0,002	0,008	0,133	
8	505	62	997	27,1	0,062	0,542	0,002	0,008	0,225	
9	466	76	997	27,1	0,048	0,597	0,002	0,008	0,233	
10	513	124	997	28,5	0,048	0,191	0,002	0,008	0,074	
11	521	96	997	27,3	0,052	0,500	0,002	0,008	0,199	
12	540	76	997	27,3	0,045	0,613	0,002	0,008	0,236	
13	522	115	997	27,5	0,048	0,426	0,002	0,008	0,166	
14	554	124	997	27,3	0,055	0,336	0,002	0,008	0,136	
15	533	124	997	27,5	0,045	0,300	0,002	0,008	0,116	
16	543	124	997	27,3	0,053	0,109	0,002	0,008	0,044	
17	465	124	997	27,7	0,05	0,191	0,002	0,008	0,075	
18	500	100	997	27,5	0,055	0,442	0,002	0,008	0,178	
19	432	124	997	27,4	0,052	0,164	0,002	0,008	0,065	
20	479	76	997	27,5	0,052	0,597	0,002	0,008	0,237	
21	502	124	997	27,6	0,07	0,291	0,002	0,008	0,125	
22	470	124	997	29,7	0,062	0,436	0,002	0,008	0,180	
23	518	95	997	29,6	0,057	0,234	0,002	0,008	0,094	
24	511	70	997	29,1	0,034	0,293	0,002	0,008	0,107	
25	460	124	997	29,7	0,033	0,337	0,002	0,008	0,122	

Fecha: Febrero-2010					Parcela : Varillal		Lugar: Jenaro Herrera-Requena-Iquitos		
SubPlop	CO <sub>2</sub> Ref	Input E	ATMP	T° ambiente	Profundidad (m)	Var.CO <sub>2</sub>	Volumen Cámara	Área Cámara	Flux.(gCO <sub>2</sub> m <sup>2</sup> .hr <sup>-1</sup> )
1	580	124	1000	25,7	0,047	0,245	0,002	0,008	0,096
2	522	120	1000	26,4	0,021	0,406	0,002	0,008	0,140
3	492	124	1000	27,7	0,032	0,355	0,002	0,008	0,129
4	508	38	1000	27,8	0,016	0,62	0,002	0,008	0,211
5	486	62	1000	28,5	0,024	0,646	0,002	0,008	0,225
6	500	124	1000	29,1	0,051	0,264	0,002	0,008	0,104
7	481	86	1000	29,6	0,04	0,542	0,002	0,008	0,203
8	508	124	1000	29,1	0,054	0,127	0,002	0,008	0,051
9	548	120	1000	29,4	0,053	0,340	0,002	0,008	0,135
10	615	124	1000	28,8	0,029	0,282	0,002	0,008	0,101
11	478	124	1001	29,4	0,04	0,182	0,002	0,008	0,068
12	454	115	1000	29,1	0,042	0,396	0,002	0,008	0,150
13	470	91	1000	29,4	0,043	0,506	0,002	0,008	0,193
14	476	124	1000	29,1	0,037	0,364	0,002	0,008	0,135
15	724	124	1000	29,1	0,034	0,464	0,002	0,008	0,169
16	473	81	1000	28,5	0,056	0,537	0,002	0,008	0,217
17	545	124	1000	28,5	0,051	0,382	0,002	0,008	0,151
18	552	91	1000	27,7	0,03	0,688	0,002	0,008	0,248
19	486	124	1000	28,5	0,031	0,300	0,002	0,008	0,108
20	473	76	1000	29,1	0,034	0,629	0,002	0,008	0,230
21	560	76	1000	30,2	0,042	0,645	0,002	0,008	0,244
22	553	110	1000	29,7	0,062	0,438	0,002	0,008	0,181
23	447	124	1000	29,6	0,057	0,345	0,002	0,008	0,140
24	632	124	1000	29,1	0,034	0,355	0,002	0,008	0,129
25	495	86	1000	29,7	0,033	0,569	0,002	0,008	0,207

Fecha: Marzo-2010					Parcela : Varillal		Lugar: Jenaro Herrera-Requena-Iquitos		
SubPlop	CO <sub>2</sub> Ref	Input E	ATMP	T° ambiente	Profundidad (m)	Var.CO <sub>2</sub>	Volumen Cámara	Área Cámara	Flux.(gCO <sub>2</sub> mi <sup>2</sup> .hr <sup>-1</sup> )
1	501	91	1000	28,3	0,053	0,442	0,002	0,008	0,176
2	481	124	1000	27,9	0,038	0,200	0,002	0,008	0,075
3	507	110	1000	26,6	0,038	0,427	0,002	0,008	0,160
4	509	100	1000	28,3	0,042	0,40	0,002	0,008	0,155
5	513	81	1000	27,6	0,059	0,433	0,002	0,008	0,178
6	466	76	1000	28,3	0,044	0,468	0,002	0,008	0,179
7	508	124	1000	27,6	0,047	0,345	0,002	0,008	0,135
8	500	124	1000	27,8	0,056	0,164	0,002	0,008	0,066
9	461	72	1000	27,8	0,043	0,534	0,002	0,008	0,204
10	456	100	1000	27,8	0,049	0,477	0,002	0,008	0,187
11	442	124	1000	27,7	0,057	0,227	0,002	0,008	0,093
12	495	124	1000	27,1	0,048	0,273	0,002	0,008	0,107
13	458	86	1000	27,6	0,043	0,514	0,002	0,008	0,197
14	485	86	1000	27,8	0,053	0,528	0,002	0,008	0,211
15	483	105	1000	27,7	0,038	0,429	0,002	0,008	0,160
16	496	105	1000	27,7	0,048	0,451	0,002	0,008	0,176
17	494	124	1000	28	0,07	0,155	0,002	0,008	0,066
18	492	124	1000	28	0,041	0,336	0,002	0,008	0,127
19	480	124	1000	28,4	0,043	0,364	0,002	0,008	0,139
20	437	124	1000	25,6	0,057	0,136	0,002	0,008	0,056
21	487	91	1000	28,5	0,064	0,532	0,002	0,008	0,223
22	464	124	1000	28,5	0,047	0,118	0,002	0,008	0,046
23	522	120	1000	27,9	0,043	0,415	0,002	0,008	0,159
24	480	24	1000	28,8	0	0,389	0,001	0,008	0,119
25	474	96	1000	28,4	0,043	0,402	0,002	0,008	0,154

Fecha: Abril-2010					Parcela : Varillal		Lugar: Jenaro Herrera-Requena-Iquitos		
SubPlop	CO <sub>2</sub> Ref	Input E	ATMP	T° ambiente	Profundidad (m)	Var.CO <sub>2</sub>	Volumen Cámara	Área Cámara	Flux.(gCO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> ·hr <sup>-1</sup> )
1	605	96	1000	26,3	0,047	0,500	0,002	0,008	0,196
2	537	124	1000	26,1	0,044	0,164	0,002	0,008	0,063
3	542	105	1000	26,3	0,035	0,451	0,002	0,008	0,167
4	550	124	1001	26,2	0,046	0,418	0,002	0,008	0,163
5	495	91	1001	26,3	0,055	0,455	0,002	0,008	0,185
6	491	115	1001	26,1	0,052	0,406	0,002	0,008	0,163
7	583	91	1001	25,7	0,045	0,571	0,002	0,008	0,222
8	532	124	1001	25,9	0,045	0,182	0,002	0,008	0,071
9	632	91	1001	25,9	0,044	0,558	0,002	0,008	0,216
10	470	81	1001	26,1	0,045	0,478	0,002	0,008	0,186
11	448	124	1001	26	0,046	0,200	0,002	0,008	0,078
12	469	124	1001	26,7	0,053	0,327	0,002	0,008	0,132
13	551	100	1001	26,1	0,042	0,430	0,002	0,008	0,165
14	526	81	1001	26,1	0,045	0,567	0,002	0,008	0,220
15	578	110	1001	25,9	0,053	0,552	0,002	0,008	0,223
16	605	81	1001	26,3	0,027	0,597	0,002	0,008	0,213
17	639	124	1002	25,9	0,051	0,109	0,002	0,008	0,044
18	539	100	1001	26,6	0,048	0,372	0,002	0,008	0,146
19	491	72	1001	25,9	0,044	0,431	0,002	0,008	0,167
20	493	124	1001	26,1	0,049	0,145	0,002	0,008	0,058
21	484	62	1001	25,9	0,048	0,500	0,002	0,008	0,197
22	447	124	1001	26	0,064	0,182	0,002	0,008	0,077
23	485	100	1001	26,1	0,043	0,488	0,002	0,008	0,188
24	655	124	1001	26	0,043	0,445	0,002	0,008	0,172
25	548	67	1002	26,1	0,043	0,811	0,002	0,008	0,313



Fecha: Mayo-2010					Parcela : Varillal		Lugar: Jenaro Herrera-Requena-Iquitos		
SubPlop	CO <sub>2</sub> Ref	Input E	ATMP	T° ambiente	Profundidad (m)	Var.CO <sub>2</sub>	Volumen Cámara	Área Cámara	Flux.(gCO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> .hr <sup>-1</sup> )
1	590	110	1000	24,4	0,05	0,458	0,002	0,008	0,183
2	565	124	1000	24,3	0,041	0,355	0,002	0,008	0,136
3	587	96	1000	23,9	0,037	0,537	0,002	0,008	0,202
4	553	105	1000	23,9	0,046	0,451	0,002	0,008	0,177
5	549	105	1000	24,3	0,066	0,41	0,002	0,008	0,193
6	586	120	1000	24,7	0,055	0,396	0,002	0,008	0,162
7	549	120	1000	24,7	0,044	0,425	0,002	0,008	0,165
8	556	115	1000	24,7	0,045	0,356	0,002	0,008	0,139
9	566	72	1000	24,5	0,05	0,672	0,002	0,008	0,268
10	614	110	1000	25,2	0,042	0,490	0,002	0,008	0,188
11	601	124	1000	25,2	0,051	0,336	0,002	0,008	0,135
12	547	124	1000	25,6	0,059	0,345	0,002	0,008	0,143
13	604	124	1000	26,1	0,048	0,382	0,002	0,008	0,150
14	590	81	1000	24,9	0,048	0,582	0,002	0,008	0,230
15	708	124	1000	25,9	0,054	0,318	0,002	0,008	0,129
16	625	86	1000	25,3	0,028	0,556	0,002	0,008	0,200
17	541	100	1000	25,8	0,05	0,453	0,002	0,008	0,180
18	558	124	1000	26	0,062	0,209	0,002	0,008	0,088
19	529	124	1000	25,7	0,046	0,255	0,002	0,008	0,099
20	478	124	1000	25,9	0,058	0,309	0,002	0,008	0,127
21	457	100	1000	26	0,053	0,477	0,002	0,008	0,192
22	473	96	1000	25,6	0,065	0,476	0,002	0,008	0,202
23	486	67	1000	26,1	0,043	0,717	0,002	0,008	0,276
24	491	62	1000	26,7	0,047	0,792	0,002	0,008	0,310
25	577	86	1000	26,5	0,042	0,583	0,002	0,008	0,223

# ANÁLISIS DE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



## INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : MIRJANA PORLLES ARTEAGA  
PROCEDENCIA : LORETO/REQUENA/JENARO HERRERA  
REFERENCIA : H.R. 26416  
BOLETA : 6737  
FECHA : 05-05-10

Lab	Número Muestra		C %
	Claves		
0729	PA - 1		0.36
0730	PA - 2		0.40
0731	PA - 3		0.32
0732	PC - 1		0.13
0733	PC - 2		0.16
0734	PC - 3		0.20
0735	PO - 1		1.35
0736	PO - 2		1.31
0737	PO - 3		1.23
0738	TA - 1		0.44
0739	TA - 2		0.83
0740	TA - 3		0.55
0741	TC - 1		0.32
0742	TC - 2		0.28
0743	TC - 3		0.40
0744	TO - 1		1.43
0745	TO - 2		0.99
0746	TO - 3		1.50



Ing. Braulio La Torre Martínez  
Jefe del Laboratorio

/ndf




UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



## INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : MIRJANA PORLLES ARTEAGA  
PROCEDENCIA : LORETO/REQUENA/JENARO HERRERA  
REFERENCIA : H R 26416  
BOLETA : 6737  
FECHA : 05-05-10

Lab	Número Muestra	C %
	Claves	
0747	VA - 1	3.04
0748	VA - 2	1.89
0749	VA - 3	2.73
0750	VC - 1	1.91
0751	VC - 2	0.44
0752	VC - 3	0.84
0753	VO - 1	3.35
0754	VO - 2	3.85
0755	VO - 3	4.91

  
Ing. Braulio La Torre Martínez  
Jefe del Laboratorio  
7

/ndf



**OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA**



ESTACION : GENARO HERRERA / 000284 / DRE-08  
PARAMETRO : TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)

LAT. 4 ° 34' 5" DPTO. LORETO  
LONG. 73° 38' 4" PROV. REQUENA  
ALT. 120 msnm DIST. SAQUENA

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2009	25.9	25.7	25.6	25.8	27.0	28.0	28.9	26.9	27.3	27.8	28.1	27.3
2010	27.2	27.6	27.4	27.7	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D

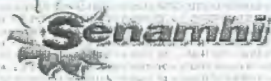


**PROHIBIDA SU REPRODUCCION  
PARCIAL O TOTAL**

Senamhi Sin Datos  
T-1132

INFORMACION PREPARADA PARA : PORLLES ARTEAGA MIRJANA ALICE  
LIMA, 22 DE JULIO DEL 2010

DATOS METEOROLOGICOS



OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA

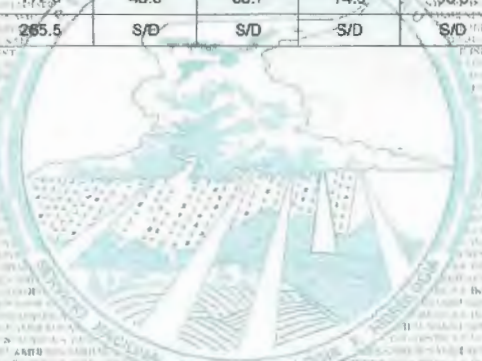


ESTACION: JOENARO HERRERA # 000281 Y DRE-08  
PARAMETRO: PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)

LONG: 73° 38' W  
ALT: 123 msnm

DPTS: LORETO  
PROV: REQUENA  
DIST: SAQUENA

ANO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DEC.
2009	119.0	222.0	193.0	177.6	43.6	68.7	74.0	90.0	207.8	85.4	210.0	504.0
2010	126.2	255.8	277.5	265.5	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D



PROHIBIDA SU REPRODUCCION  
PARCIAL O TOTAL

SIC - Sin Datos