



**Universidad del Azuay**

**Facultad de Ciencia y Tecnología**

**Escuela de Biología del Medio Ambiente**

*Influencia de la adición de nutrientes, temperatura y gradiente altitudinal en la emisión de CH<sub>4</sub> (por poblaciones de metanógenos archea) y en el crecimiento de individuos de la familia Bromeliacea*

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de  
Bióloga**

**Autor**

**Silvia Patricia Parra Suárez**

**Director**

**Danilo Minga Ochoa**

**Cuenca, Ecuador**

**2011**

**Dedicado a mi hijo Matías,  
por soportar mi ausencia; a mi madre Monserrath  
por el apoyo, comprensión y ejemplo, y a mi padre José,  
quien me enseñó el esfuerzo y la dedicación.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Florian A. Werner, por la contribución de sus conocimientos a la realización de este proyecto, su disposición a enseñar y compartir grandes experiencias, por el apoyo y comprensión.

A Jörg Zeillinger y Felix Matt, coordinadores de la Estación Científica San Francisco que de una u otra manera han contribuido para la exitosa finalización de este trabajo

Un especial agradecimiento a Ruth Arias y Stefany Vega quienes han sido compañía y han compartido grandes momentos en esta gran experiencia dentro de la Estación.

## INDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice de Contenidos.....	iv
Índice de Anexos.....	vi
Índice de Gráficos .....	vii
Índice de Tablas.....	ix
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO 1: MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
1.1 Descripción del sitio de Estudio.....	11
1.2 Trabajo de Campo.....	14
1.2.1 Selección de Individuo.....	14
1.2.2 Colecta de individuos.....	14
1.2.3 Toma de Datos preliminares.....	15
1.2.4 Preparación de mesas de Trabajo.....	16
1.2.5 Data Loggers.....	18
1.3 Fase de laboratorio.....	18
1.4 Toma de datos Finales.....	21
<b>CAPITULO 2: RESULTADOS</b>	
2.1 Flujo de emisiones de Metano.....	22
2.1.1 Flujo 1.....	26
2.1.2 Flujo 2.....	28
2.1.3 Flujo 3.....	30
2.1.4 Flujo 4.....	32
2.1.5 Flujo 5.....	34

2.1.6 Flujo 6.....	36
2.1.7 Flujo 7.....	38
2.1.8 Flujo 8.....	40
2.2 Crecimiento.....	42
2.3 Relación Tamaño del Tanque emisión de CH <sub>4</sub> .....	43
2.4 Data logger.....	44
2.4.1 Copalinga.....	44
2.4.2 Cajanuma.....	45
2.4.3 ECSF.....	48
<b>CAPITULO 3 DISCUSIÓN.....</b>	<b>53</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>55</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>57</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>61</b>

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: <i>Tillandsia complanata</i> .....	61
Anexo 2: Mesas de trabajo.....	61
Anexo 3: Mesas de trabajo Tratamiento 2.....	61
Anexo 4: Cromatógrafo de Gases.....	62
Anexo 5: Datos Flujo 1.....	63
Anexo 6: Datos Flujo2.....	64
Anexo 7: Datos Flujo 3.....	65
Anexo 8: Datos Flujo 4.....	66
Anexo 9: Datos Flujo 5.....	67
Anexo 10: Datos Flujo 6.....	68
Anexo 11: Datos Flujo 7.....	70
Anexo 12: Datos Flujo 8.....	71
Anexo 13: Datos de diámetro entre plantas al inicio y al final del experimento.....	72
Anexo 14: Tabla relación Tamaño – Emisión.....	73
Anexo 15: Tabla Temperatura y humedad el 3 de febrero del 2011- Logger Copalinga.....	75
Anexo 16: Tabla Temperatura y humedad el 2 de febrero del 2011- Logger Cajanuma.....	76
Anexo 17: Temperatura y humedad 1 de febrero del 2011 Data logger ECSF.....	78
Anexo 18: Tabla de Temperaturas y Humedades del 17 de febrero del 2011 Cajanuma.....	80
Anexo 19: Tabla Temperatura y humedad 18/02Ç/11 ECSF.....	83
Anexo 20.- Temperatura y humedad el 17 de febrero 2011 Bombuscaro.....	84

## INDICE DE GRAFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Fuentes y sumideros de gas metano.....	2
<b>Gráfico2:</b> Niveles de metano en la atmosfera.....	3
<b>Gráfico 3:</b> Emisión de metano sobre China y la India.....	3
<b>Gráfico 4.-</b> Bromelia adaptada al ámbito epífita.....	6
<b>Gráfico 5.-</b> Tricomas epidérmicos de Tillandsia.....	7
<b>Gráfico 6.-</b> Mecanismo de emisión de CH <sub>4</sub> por parte de plantas acuáticas.....	8
<b>Gráfico 7.-</b> Mapa topográfico del Sur del Ecuador y ubicación de la ECSF.....	11
<b>Gráfico 8.-</b> Ubicación de los plots permanentes de estudio ECSF.....	12
<b>Gráfico 9.-</b> Ecosistema Cajanuma.....	13
<b>Gráfico 10.-</b> Ecosistema Bombuscaro.....	14
<b>Gráfico 11.-</b> Baldes para el traslado de las plantas.....	15
<b>Gráfico 12.-</b> Sistemas de fijación.....	16
<b>Gráfico 13.-</b> Sistema de toma de muestras.....	19
<b>Gráfico 14.-</b> Inyección manual de la muestra.....	19
<b>Gráfico 15.-</b> Toma de muestra de tejido.....	20
<b>Gráfico 16.-</b> Toma de la muestra de agua.....	20
<b>Gráfico 17.-</b> Flujo de Metano antes del traslado.....	26
<b>Gráfico 18.-</b> Flujo 1 antes del traslado- Grupos según lugares.....	27
<b>Gráfico 19.-</b> Flujo 1: Comparación tratamientos y lugares.....	28
<b>Gráfico 20.-</b> Flujo 2: Luego del Traslado.....	29
<b>Gráfico 21.-</b> Flujo 2: Tratamientos.....	29
<b>Gráfico 22.-</b> Comparación Tratamiento- Lugar.....	30
<b>Gráfico 23.-</b> Flujo 3 Tratamientos.....	31
<b>Gráfico 24.-</b> Flujo 3: Lugar.....	31
<b>Gráfico 25.-</b> Flujo 3 Tratamientos y lugar.....	32
<b>Gráfico 26.-</b> Flujo 4 Lugar.....	33
<b>Gráfico 27.-</b> Flujo4 tratamientos.....	33
<b>Gráfico 28.-</b> Flujo 4 Tratamiento - Lugar.....	34
<b>Gráfico 29.-</b> Flujo 5 Tratamientos.....	35
<b>Gráfico 30.-</b> Flujo 5 Lugar.....	35
<b>Gráfico 31.-</b> Flujo 5 Tratamientos y lugares.....	36
<b>Gráfico 32.-</b> Flujo 6 Tratamiento.....	37
<b>Gráfico 33.-</b> Flujo 6 Lugares.....	37
<b>Gráfico 34.-</b> Flujo 6 Tratamientos y Lugares.....	38

<b>Gráfico 35.-</b> Flujo 7 Nuevo Tratamiento.....	39
<b>Gráfico 36.-</b> Flujo 7 Lugares.....	40
<b>Gráfico 37.-</b> Flujo 7.....	40
<b>Gráfico 38.-</b> Flujo 8.....	41
<b>Gráfico 39.-</b> Flujo 8.....	42
<b>Gráfico 40.-</b> Flujo 8 Tratamientos y lugares.....	42
<b>Gráfico 41.-</b> Comparación de Diámetros iniciales y finales.....	43
<b>Gráfico 42.-</b> Prueba de Correlación Person.....	44
<b>Gráfico 43.-</b> Temperatura y Humedad durante 4 meses. Data Logger Copalinga – Bombuscaro.....	46
<b>Gráfico 44.-</b> Temperatura y Humedad durante 4 meses. Data Logger Cajanuma..	47
<b>Gráfico 45.-</b> Temperaturas y humedades- Data logger ECSF.....	50

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.-</b> Entrada de Nutrientes NUMEX.....	17
<b>Tabla 2.-</b> Entrada de nutrientes por planta y por mes.....	18
<b>Tabla3.-</b> Cantidad de fertilizante.....	18
<b>Tabla4.-</b> Flujo de metano $\mu\text{g}/\text{taq}/\text{h}$ en 84 plantas.....	22
<b>Tabla 5.-</b> Prueba de normalidad Tratamiento 1.....	25
<b>Tabla 6.-</b> Prueba de normalidad Tratamiento 2.....	25
<b>Tabla 7.-</b> ANOVA Factorial Flujo 1.....	26
<b>Tabla 8.-</b> ANOVA Flujo 2 Luego del traslado de las plantas.....	28
<b>Tabla 9.-</b> Flujo 3: dos semanas después de la fertilización.....	30
<b>Tabla 10.-</b> Flujo 4.....	32
<b>Tabla 11.-</b> Flujo 5.....	34
<b>Tabla 12.-</b> Flujo 6.....	36
<b>Tabla 13.-</b> Flujo 7 Nuevo tratamiento.....	38
<b>Tabla 14.-</b> Flujo 8.....	41
<b>Tabla 15.-</b> Análisis de correlación.....	44
<b>Tabla 16.-</b> Datos Promedios Data Logger Copalinga.....	45
<b>Tabla 17.-</b> Promedios de temperatura y humedad Data Loggers Cajanuma.....	45
<b>Tabla 18.-</b> Promedios Temperatura Humedad Data Logger ECSF.....	48
<b>Tabla 19.-</b> Promedios Temperatura el 3 de febrero del 2011.....	48
<b>Tabla 20.-</b> Promedios Temperatura el 2 de Febrero 2011- Cajanuma.....	49
<b>Tabla 21.-</b> Promedios de Temperatura el 1 de febrero del 2011 Data Logger ECSF.....	51
<b>Tabla 22.-</b> Promedios de la Temperatura el 17/2/2011- Data logger Cajanuma.....	51
<b>Tabla 23.-</b> Promedios de la Temperatura el 18/2/11- Data logger ECSF.....	52
<b>Tabla 24.-</b> Promedios de la Temperatura el 17/2/11- Data logger Copalinga.....	52

*Influencia de la adición de nutrientes, temperatura y gradiente altitudinal  
en la emisión de CH<sub>4</sub> (por poblaciones de metanògenos archea) y en el  
crecimiento de individuos de la familia Bromeliacea*

**RESUMEN**

Las bromelias proveen un hábitat con condiciones ideales para el crecimiento de comunidades de metanògenos, responsables de una significativa cantidad de metano que se pueden medir en estas plantas. En este estudio vemos como estas emisiones responden a la adición de nutriente a lo largo de un gradiente altitudinal. Los resultados nos muestran como estos factores influyen de manera significativa en la concentración de las emisiones de metano. Las emisiones en tierras bajas fueron mayores que en tierras altas. La fertilización con nitrógeno incrementa rápidamente las emisiones de metano; esto indica que las plantas están limitadas por nitrógeno en su hábitat.

**Director**



**Danilo Minga O.**

**Estudiante:**



**Silvia Parra S.**

**Revisor:**



**Gustavo Chacón V.**

  
13/12/11

*Influence of nutrient addition, temperature and elevation gradient on  
methane emissions (by methanogens communities) and growing of  
Bromeliacea family*

**ABSTRAC**

Tank bromeliads provide habitat and conditions for the growth of methanogens communities responsible for the significant amount of methane that can be measured from these plants. This study looked at how emissions from bromeliads responded to nutrient addition, along an elevation gradient. Results showed that these factors make a significant difference in the concentration of methane emissions. Emissions in the lowlands were higher than in the highlands. Nitrogen fertilization rapidly increased methane emissions. This indicates that the plants are limited by nitrogen in their habitat. The increase of phosphorus was low and the plants are not limited by this element.

**Director**



**Danilo Minga O.**

**Estudiante:**

  
**Silvia Parra S.**

**Revisor:**

  
**Gustavo Chacón V.**

Silvia Patricia Parra Suárez  
Trabajo de Graduación  
Danilo Alejandro Minga Ochoa.  
Diciembre 2011

**Influencia de la adición de nutrientes, temperatura y gradiente altitudinal en la emisión de CH<sub>4</sub> (por poblaciones de metanógenos archea) y en el crecimiento de individuos de la familia Bromeliacea**

**INTRODUCCION**

**1.1 Antecedentes**

El metano es un gas de importancia con efecto invernadero y, después del nitrógeno es el de mayor significancia. Su concentración atmosférica global es más del doble desde los tiempos preindustriales (Conrad 2007); 1774 ppb en el 2005 (Forster et al., 2007).

El metano juega un papel importante en la oxidación atmosférica, en la química de la troposfera y tiene considerables efectos en el ozono estratosférico así como también en los niveles de vapor de agua (Keppler et al 2006).

Las fuentes de metano son variadas y en su conjunto emiten entre 500 y 600 Tg. (Butenhoff and Aslam 2007).

Más del 50 % de las emisiones globales diarias son de actividades antropogénicas; los grandes contribuidores son la producción de combustibles fósiles, los rumiantes, el cultivo de arroz y el manejo de desechos. (Frankenberg et al 2005)

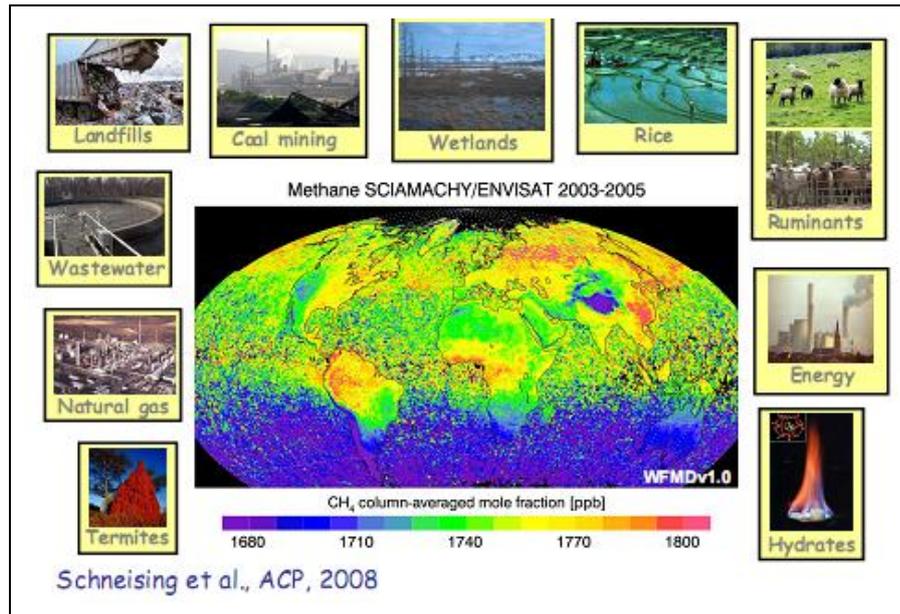
La mayoría de fuentes naturales de metano en la atmósfera terrestre son originados por procesos biológicos en ambientes anóxicos. La mayor fuente natural de CH<sub>4</sub> son los humedales; esto se considera tomando en cuenta que la emisión de este gas por parte de esta fuente depende del tiempo y el espacio. (Keppler et al 2006).

Las fuentes y sumideros de metano que podemos observar en gráfico 1, son muy inciertas y altamente variables, además los sumideros de metano existentes se encuentran en muy poca cantidad.

<b>Fuentes de metano identificadas</b>	<b>Estimaciones</b>	<b>Rangos de Estimaciones</b>
Total humedales	145	92-237
Agricultura del Arroz	60	40-100
Rumiantes	93	80-115
Termitas	20	20-20
Biomasa Quemada	52	23-55
Generación de energía	95	75-110
Rellenos Sanitarios	50	35-73
Océanos	10	10-15
Hidratos Marinos y Terrestres	5	5-10
<b>Total de Fuentes identificadas</b>	<b>530</b>	<b>500-600</b>
<b>Sumideros de Metano identificados</b>	<b>Estimados</b>	<b>Rangos Estimados</b>
Oxidación Troposférica	507	450-510
Perdida Estratosférica	40	40-46
Suelos	30	10-44
<b>Total de sumideros identificados</b>	<b>577</b>	<b>460-580</b>
<b>Total de Fuentes y Sumideros</b>	<b>-47</b>	<b>--80+140</b>

**Gráfico 1.-** Fuentes y sumideros de gas metano (Fuente: Burrows et al 2006)

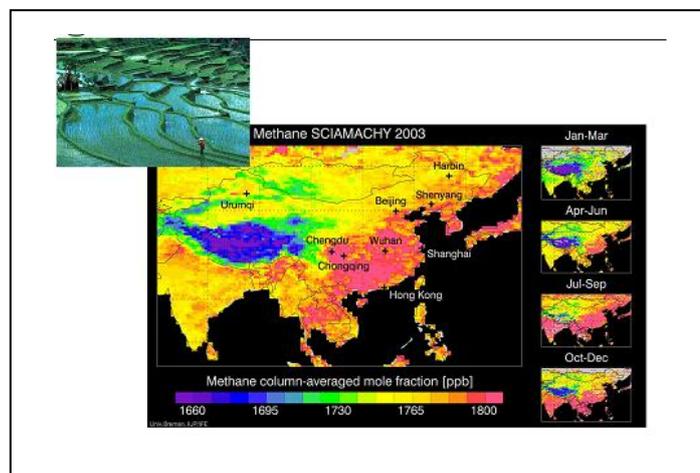
Si bien las fuentes de metano son abundantes y se comportan de manera incierta, los estudios realizados recientemente muestran que los niveles de metano en la atmósfera son altos y se distribuyen a lo largo de la esta, como se lo muestra el gráfico 2.



**Grafico2.-** Niveles de metano en la atmosfera (Fuente: Schneising et al 2008)

Del total de metano emitido a la atmosfera, el 70% aproximadamente viene de un grupo especial de bacterias que emiten metano como producto de su metabolismo en ambientes anaeróbicos, incluidos los suelos húmedos, pantanos, humedales y del tracto digestivo de algunos animales. Los humedales por si solos contribuyen con 100 a 200 Tg. a los niveles anuales de metano. (Butenhoff y Aslam 2007).

Los cultivos de arroz, si bien no se los considera fuente natural, tienen este grupo de bacterias que generan CH<sub>4</sub> como parte de su metabolismo; es por eso que en la zona de China y la India se registra mayor cantidad de emisión de este gas; los mayores productores de arroz son estos dos países asiáticos, (Grafico 3).



**Grafico 3.-** Emisión de metano sobre China y la India (Fuente: Burrows et al 2006)

Estas mediciones de metano realizadas en la atmosfera por el SCIAMACHY en el 2003 sobre la superficie terrestre son indispensables para un mejor conocimiento de la distribución y emisión de metano; Lo cual nos permite una correcta apreciación de este gas en el cambio global. (Frankenberg et al 2005); nos permiten también la detección global de las variaciones espaciales y temporales en las concentraciones del metano atmosférico así como también la identificación de fuentes conocidas y nuevas, particularmente en regiones que han sido poco estudiadas por estas redes de medición en la superficie terrestre. (Frankenberg et al 2005).

El más reciente estudio realizado en la atmósfera por el satélite SCIAMACHY, y más importante, por sus resultados expuestos, fue realizado en el 2005 por un grupo de científicos alemanes que usando un espectroscopio espacial de absorción cercano a lo infrarrojo, lograron obtener la distribución del metano global. Además detectaron una larga escala de patrones de emisiones de metano antropogénico y natural; a esto se suman las inesperadas y elevadas concentraciones de metano sobre los bosques húmedos tropicales. (Frankenberg et al 2005).

En el gradiente latitudinal por el cual se distribuye el metano en la atmosfera es homogéneo, pero la emisión más fuerte fue encontrada en la zona de convergencia intertropical; aparte de esta fuerte emisión, se observaron mejoras en la concentración de metano lo largo del globo. (Frankenberg et al 2005).

La mayor abundancia fue encontrada en las llanuras de Gangetic en la India, sureste de Asia y partes de china (gráficos 2 y 3). En esta zona, según los inventarios de fuentes de metano, la alta presencia de este gas se lo atribuye a los sembríos de arroz en este periodo y en menor medida a rumiantes. (Frankenberg et al 2005).

Probablemente los humedales causaron las altas emisiones en África Central y Manchuria en China. La producción de combustibles fósiles puede ser asociada con la emisión de  $\text{CH}_4$  sobre la industrializada cuenca del rio Amarillo en China y en el este de los Estados Unidos, y por supuesto el tratamiento de aguas residuales en las áreas populares (Frankenberg et al 2005).

Todos los resultados arrojados por el espectroscopio fueron comparados con un modelo de transporte químico global que toma en cuenta los inventarios de emisiones actuales. En principio, el modelo permite la discriminación de las emisiones y el transporte, por ejemplo, evidente en noviembre de 2003, con África fuertemente influenciada por el metano transportado desde el sur de Asia; de esta manera se pudo comparar lo leído en el satélite y lo que predice el modelo.

EL espectroscopio espacial indica que sobre los trópicos existe un 4 % más (70 ppb) que lo que calcula el modelo de predicción. La predicción del modelo esta subestimada debido a una discrepancia en las fuentes de metano sobre los bosques tropicales. Las fuentes más comunes en esta zona son los humedales, la quema de biomasa, o una fuente adicional no conocida que debe estar directamente relacionada con los bosques siempre verdes. (Frankenberg et al 2005).

La fuente que justifica el incremento de metano en la zona de los bosques neotropicales, está relacionada con los bosques siempre verdes, debido a que cuando se realizó el experimento, era época seca en la mayoría de los trópicos, estación cuando los humedales bajan sus emisiones; por otro lado si hubiera un incremento en la quema de biomasa se pudiera percibir por medio del espectroscopio. (Frankenberg et al 2005).

Los autores de este estudio sugieren que se debe identificar esta nueva fuente de metano en las zonas de Sud América, África e Indonesia.

Considerando que las emisiones de metano existen sin tener fuentes certeras de este gas, los investigadores a inicios del 2006 reportan mediciones de emisiones de metano por parte de plantas C3 y C4 bajo condiciones aeróbicas (Buterhoff y Aslam 2007).

Klepper en 2006 demuestra, usando isotopos de carbono estables, que se emite metano por plantas terrestre bajo condiciones aeróbicas mediante un proceso no conocido. El sugiere esta emisión de metano para explicar las altas concentraciones de metano observadas por el satélite sobre los trópicos.

Recientes reportes sobre las emisiones de metano en los bosques Brasileños (4-38 Tg. yr<sup>-1</sup> Carmo Et al 2006) y de la sabana, y bosque en Venezuela (30-70 Tg. yr<sup>-1</sup> Crutzen et al 2006) dicen que estas emisiones tal vez si son producidas por plantas, pero también incluyen una contribución de una fuente de metano anóxico.

Como se mencionó anteriormente, el metano es el producto final de la degradación de la materia orgánica bajo condiciones anoxicas cuando oxidantes orgánicos como el nitrógeno, hierro o sulfatos se agotan. El metano es producido por una compleja comunidad de organismos hidrolícos, fermentativos, acetógenos y metanógenos. (Conrad, 1989).

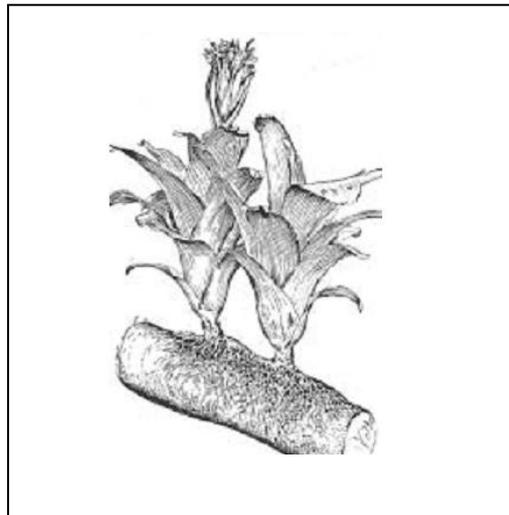
Siendo así, las plantas que cuentan con el ambiente propicio para el desarrollo de comunidades de metanógenos, y que pueden ser la fuente de metano anóxico desconocida en los bosques neotropicales son las Bromelias

Martinson (2010), sugiere que pequeños humedales pueden ser encontrados en las bromelias, que son plantas que crecen en las ramas de árboles en los bosques tropicales montañosos y son muy abundantes en estos lugares (Kress 1986, Benzing 1990, Izasa et al 2004).

Los humedales son ambientes con suelo y saturados de agua, por lo tanto son un excelente hábitat para microorganismos anaeróbicos porque son lugares ricos en materia orgánica, y tan húmedos que resulta difícil la difusión del oxígeno desde la atmósfera al suelo. Algo parecido sucede en las bromelias que son consideradas como pequeños humedales; (Yavitt 2010)

Lo que sucede en las bromelias es que estas plantas contienen agua en una especie de tanque en la base de sus hojas y en su interior se descompone la materia orgánica lo que genera las típicas características de los humedales que promueven el desarrollo de estas comunidades activas de metanógenos. (Yavitt 2010). Además no hay evidencia de la entrada de O<sub>2</sub> al agua del tanque (Benzing et al 1971).

Las estructuras de las hojas de las bromelias le dan la característica de tanque, ya que están dispuestas a manera de rosetas y en un número abundante, lo que le permite almacenar agua y conserva la materia orgánica que en su interior cae. (Grafico 4).

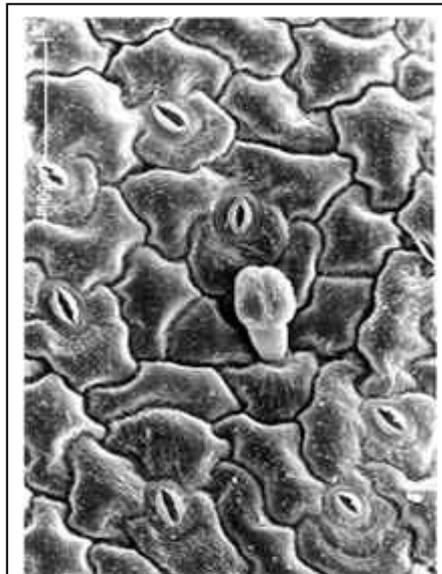


**Grafico 4.-** Bromelia adaptada al ámbito epífita (Fuente: Granados et al 2003)

Las epifitas despliegan mecanismos muy variados y novedosos para sobrellevar no sólo la sequía, sino también, la adquisición de nutrimentos del ambiente, sin tomarlos del forofito u hospedero.

Las epifitas dependen en su mayoría del agua de lluvia para obtener nutrientes, es por eso que las bromelias tienen sistemas de almacenamiento (tanques) para una mejor acumulación de agua y nutrientes (Benzin y Renfrow 1971). De igual manera las bromelias son como cestos que colectan hojarasca, y en donde forman humus (su propio suelo) que ayuda a mantener el agua y cierta cantidad de minerales. A su vez los animales que viven ahí o los que cae por accidente y mueren, proporcionan a la planta mayor cantidad de nutrientes. (Benzing 1970).

Las hojas de las bromelias tienen escamas (tricomas epidérmicos, se encuentran más densamente en la base de las hojas dentro del depósito, donde interviene la absorción de agua y nutriente, gráfico 5), que les sirve para nutrirse de la atmósfera (partículas, restos orgánicos y agua), es por esto que sus raíces son meros órganos de fijación. Las epifitas pueden dar un uso importante del nitrógeno atmosférico (por fijación biológica del N<sub>2</sub>) (Stewart et al 1995).



**Gráfico 5.-** Tricomas epidérmicos de *Tillandsia* (Fuente: Granados et al 2003)

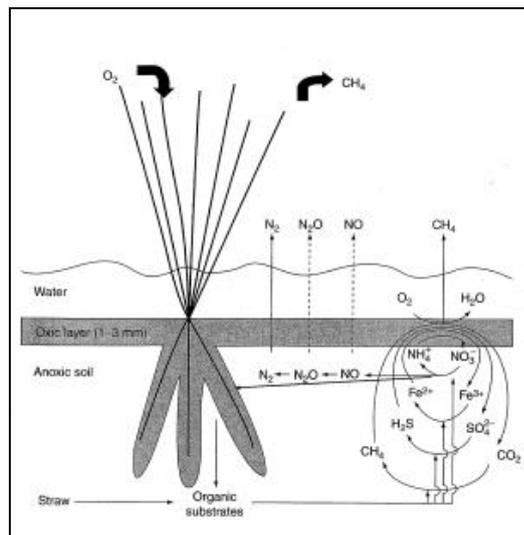
La presencia de bromelias, es la característica más relevante de los bosques húmedos tropicales. Las bromelias acumulan grandes cantidades de biomasa (Veneklaas et al. 1990), y junto con otras epifitas, juegan un papel muy importante en procesos ecosistémicos de bosques tropicales, por su influencia en la heterogeneidad espacial del agua, nutrientes y flujos de carbono (Coxson & Nadkarni 1995; Hölscher et al. 2004).

En el 2010 Martinson et al midió los flujos de metanos desde los tanque de bromelias de tres tipos funcionales de estas plantas; estos tipos funcionales dependían del tamaño de la planta, es decir, el tipo funcional I eran las plantas más pequeñas y el tipo funcional III eran plantas más grandes. Cada tipo funcional de bromelia mostró una relación exponencial entre los rangos de emisión de CH<sub>4</sub>.

Las bromelias de tipo I mostraron un rango de emisión menor a las bromelias de tipo II y entre los tipos II y III no hubo diferencia significativa. La comunidad metanogénica fue analizada en el contenido de agua de 53 bromelias mediante un análisis del ARN ribosomal, mostrando patrones que son característicos de esta comunidad diversa de metanògenos archea. (Martinson et al 2010).

Los análisis sobre el ARN ribosomal mostraron que los tanque de bromelias tiene varios grupos del phylo Metanogena incluidos los Hydrogenotróficos (metanomicrobios, metanobacterias) y acetotróficos (Metanosaeataceae); metanògenos que completan la degradación de la materia orgánica a  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$ . (Martinson et al 2010).

La concentración de  $\text{CH}_4$  disuelto en las muestras de agua de los tanques de bromelias va desde 2,9 a 37,3  $\mu\text{g CH}_4^{-1}$ . Este metano disuelto es emitido a través de las hojas de la bromelia; este hábito se encuentra normalmente en plantas acuáticas las mismas que usan diferentes mecanismos para facilitar el transporte entre la atmosfera y sus raíces. 2010). (Grafico 6).



**Grafico 6.-** Mecanismo de emisión de  $\text{CH}_4$  por parte de plantas acuáticas (Conrad 2007)

De todas maneras, el modo en como las bromelias emiten el metano por sus hojas no está claro aún; pero, una posible forma es desde el tanque hasta los tejidos de las hojas por trasportación activa de agua, la misma que es absorbida por los tricomas y posteriormente emitida a la atmósfera. (Martinson et al 2010).

En el presente estudio se trabajó con *Tillandsia complanata* que es uno de los pocos miembros de la familia bromeliácea que no tiene un solo fuste, sus varios fustes salen

de las axilas de las hojas; es una bromelia muy fácil de identificar por esta característica. (Gilmartin 1972). Su inflorescencia es en forma de racimo, son múltiples y nacen de las axilas de las hojas. Sus Flores son bisexuales, y tiene un color que va del violeta al lavanda, rosada o roja dependiendo de la subespecie.

La distribución de *Tillandsia complanata* va desde Mesoamérica hasta Sudamérica extendiéndose hasta el sur de Estados Unidos y las Antillas. (Benzing 2000)

A diferencia de las otras bromelias, *Tillandsia complanata* florece cada tres meses y luego de generar vástagos no muere lo que nos permite hacer un experimento continuo y prolongado. Estas características la hacen una especie propicia para la medición de los flujos de metano.

Como mencionamos anteriormente las bromelias se nutren por la degradación de la materia orgánica disuelta en el agua de sus tanques y de las fuentes atmosféricas obtienen gran parte de su nutrición (Bermudez y Benzing 1991).

Las bromelias deben también tomar sus nutrientes de los árboles hospederos ya sea directamente por la lixiviación de nutrientes de hojas y cortezas (Tukey 1970; Gaussla 1985, 1995; Goward y Arsenault 2000; Hauck y Runge 2002) o indirectamente tomados de la descomposición de las hojas de los árboles hospederos en los tanques de las bromelias (Steward et al 1995; Hietz et al 2002; Wania et al 2002).

Por otro lado las bromelias epífitas en el dosel tiene un contenido bajo de N y P porque en el suelo hay mas disponibilidad de N y P que en la atmósfera (Cardelús y Mack 2009).

Además la química de las epífitas y en los árboles hospedero varía con la elevación; el N del suelo se incrementa y la disponibilidad de P decrece cuando la elevación incrementa. (Cardelús y Mack 2009).

Benner y Vitousek en 2007 determinaron que la fertilización con P en un bosque estuvo asociada a un dramático incremento de las especies de epífitas, particularmente en la parte alta del dosel. En contraste, la fertilización con N en el suelo del bosque no afecta a la comunidad epífita porque el nitrógeno no es un limitante o porque la fertilización no fue substancial en el incremento del N en los tejidos de los árboles.

La hipótesis de este trabajo es que los flujos de emisiones de metano en *Tillandsia complanata* depende de la disponibilidad de nutriente y de la elevación.

Aprovechamos la oportunidad para evaluar si dicha fertilización influye en el crecimiento de las bromelias.

## **1.2.- Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Estimar el flujo de emisiones de metano por parte de los tanques de bromelias, bajo diferentes condiciones de nutrientes, elevación, temperatura y humedad, para conocer cómo se comportan las poblaciones de metanógenos, responsables de las emisiones de metano, en un bosque húmedo tropical que cumpla con ciertas características de disponibilidad de nutrientes.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

Medir el flujo de las emisiones de metano en bromelias, bajo condiciones controladas de adición de nutrientes, y altitud, mediante la toma de muestras de gases que fueron analizadas en el cromatógrafo de gases en la ECSF, para saber cómo se comporta esta emisión en diferentes condiciones.

Hacer una relación entre la emisión de metano y los tratamientos de adición de nutrientes a los que fueron sometidas las bromelias, la altitud, la humedad y la temperatura

Establecer una relación entre el crecimiento de la planta y la disponibilidad de nutrientes, la diferencia altitudinal y la temperatura.

## CAPITULO 1

### MATERIALES Y MÉTODOS

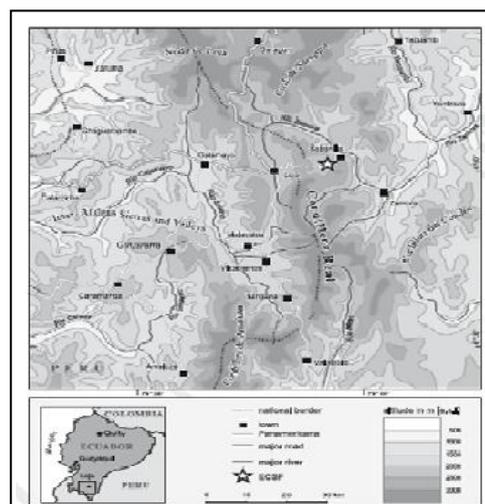
#### 1.1 Descripción de los sitios de estudio

##### Estación Científica San Francisco

La reserva biológica San Francisco está localizada en la Cordillera Real, entre las provincias de Loja y Zamora Chinchipe, en el valle del mismo nombre; comprende 1000 ha en la parte norte del Cerro Consuelo formando parte del segmento oriental de los andes del sur del Ecuador ( $3^{\circ} 58' 30''$  S y  $79^{\circ} 4' 25''$  W); tiene un clima influenciado por el Amazonas húmedo y la región seca interandina. A pesar de estar dominada por valle y cuencas, la cordillera real, forma parte de la cuenca entre el pacífico y el océano atlántico. (Beck et al 2007).

El clima en la zona principalmente es influenciado por los vientos del este, pero la presencia de los vientos del oeste ocurre en el verano austral. Los factores que gobiernan la temperatura del aire en el Ecuador son la topografía, la altitud del terreno y las temperaturas de la costa (Beck et al 2008). La ECSF tiene la presencia de tierras templadas que se extienden hasta tierras frías en donde el régimen de la zona oriental difiere significativamente del área oeste de la cordillera oriental causando una distribución asimétrica de las tierras. (Richter 2008). (Gráfico 7.)

La formación de lluvias es facilitada en las laderas orientales de los Andes donde los vientos del este son levantados por convección forzada lo que lleva a una condensación intensa.

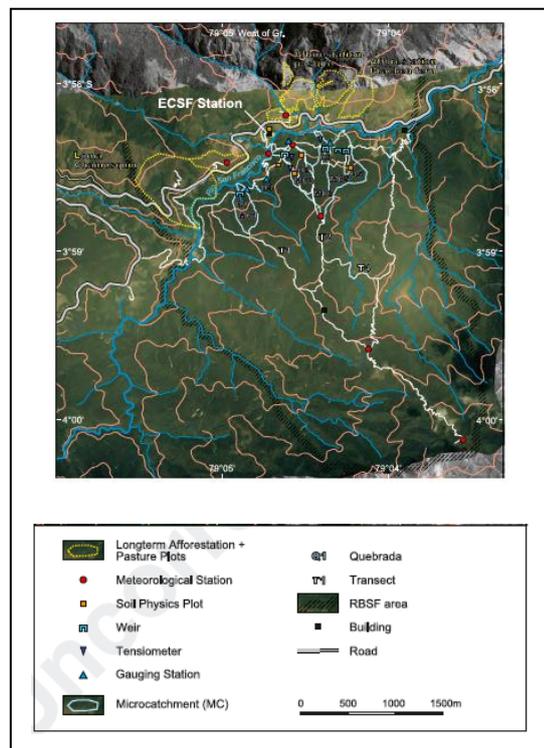


**Gráfico 7.-** Mapa topográfico del Sur del Ecuador y ubicación de la ECSF (Beck et al 2008)

La zona intensa de precipitación coincide con una línea de alta nubosidad. La estructura a pequeña escala de las precipitaciones y nubosidad pueden dar lugar a marcados gradientes climáticos de corta distancia, lo cual es especialmente cierto para el sur del Ecuador, en las aproximaciones de la ECSF. La distancia entre los puntos más secos y más húmedos es de apenas 30 km (388mm /año vs 6000mm/ año) de Catamayo a la cordillera oriental. (Beck et al 2007)

La reserva se extiende desde los 1800 m snm y los 3600 m snm, dentro de los límites del Parque nacional Podocarpus, constituyendo así parte de su zona de amortiguamiento. La ECSF y el Parque Nacional Podocarpus protegen juntos bosque que van desde los 900 a los 3400 m snm y páramos sobre los 3700 m snm.

La reserva tiene varios tipos de ecosistemas: bosque húmedo tropical montano, un bosque menormente disturbado, ecosistemas influenciados en el lado opuesto de dicho valle en donde los bosques han sido cortados o quemados. También pastos que están siendo utilizados o que han sido abandonados. Presenta pendientes que van desde los 40- 60° llegando en algunos casos hasta los 90°. El bosque tiene varias caminos de acceso entre los cuales se puede destacar los transectos 1 ,2 ,4 y camino “Antenas”.



**Gráfico 8.-** Ubicación de los plots permanentes sobre los cuales se preparan los proyectos de investigación en la ECSF (Beck et al 2008)

### Cajanuma - Parque Nacional Podocarpus

Cajanuma, está ubicado dentro del Parque Nacional Podocarpus a una altura que va entre los 2400 y 3100 m snm. (Provincias de Loja y Zamora Chinchipe). Cajanuma presenta ecosistemas de bosque nublado, páramo y zonas de transición con formaciones vegetales achaparradas. En sus bosques montanos se han registrado 70 especies de árboles y en sus páramos 135 plantas vasculares. Es un sitio de concentración de especies endémicas, con 40 especies de flora exclusivas de esta zona (Cisneros et al. 2004).

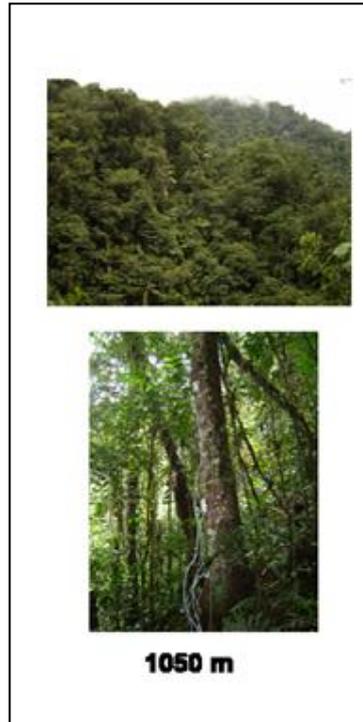
El ecosistema del bosque nublado en Cajanuma está compuesto por árboles cargados de musgo. Las epífitas (orquídeas, helechos y bromelias) son muy numerosas y, probablemente, es el sitio donde se concentra la más alta diversidad (Sierra 1999). El bosque montano es similar al bosque de neblina montano en la cantidad de musgos y plantas epífitas; sin embargo, se diferencian por poseer un suelo cubierto por una densa capa de musgo y árboles que crecen irregularmente (Sierra 1999). El ecosistema páramo está compuesto por varios tipos de hierbas, plantas en roseta y almohadilla. Se pueden encontrar árboles de los géneros *Polylepis* y *Escallonia* (Sierra, 1999).



**Gráfico 9.** Ecosistema Cajanuma (Zach 2008)

### Bombuscaro – Parque Nacional Podocarpus

Bombuscaro es un bosque húmedo tropical que esta a una altura de 950 m snm, se encuentra dentro del parque en la parte de la provincia de Zamora Chinchipe; en esta zona se encuentra el río Bombuscaro, es una zona biogeográfica baja con presencia de bosque premontano dominado por tres especies de las familias *Myrtaceae*, *Sapotaceae* (*pouteria*), *Annonaceae* (*Guatteria*), *Moraceae* (*Ficus*) y *Mimosaceae* (*Inga*).



**Gráfico 10.-** Ecosistema Bombuscaro (Zach 2008)

## **1.2 Trabajo de Campo**

### **1.2.1 Selección de Individuos**

La especie colectada fue *Tillandsia complanata*; esta epífita se caracteriza por tener una vida larga con florecimientos cada tres meses aproximadamente. En cada periodo de reproducción la planta no muere como normalmente pasa con bromelias monocárpicas. Comúnmente este tipo de epifitas, luego de producir, la semilla originan un pequeño retoño y la planta adulta muere; *Tillandsia complanata* nos permitió tener un espacio de tiempo considerable para el estudio de los flujos de metano.

Otra de las razones por las que se eligió esta especie, es porque tiene una estructura mucho más apropiada para mantener el agua y por ende el micro hábitat propicio para la producción de metanògenos.

### **1.2.2 Colecta de Individuos *Tillandsia complanata***

La fase de campo consistió en la recolección de 84 individuos de *Tillandsia complanata* del Bosque húmedo montano de la ECSF en el sector de T1 (Transecto 1- NUMEX).

El traslado de las plantas se lo realizó con cuidado para evitar el daño de las mismas, sobre todo del área del tanque, en donde la planta es capaz de recolectar agua y nutrientes para crear el microhábitat necesario para el desarrollo de metanògenos. (Anexo 1)

Las plantas fueron trasladadas en baldes debidamente acolchados, con dos compartimentos cada uno, en los cuales se transportó dos plantas; cada individuo fue identificado/nombrado en el momento de la colecta. Los baldes fueron de vital importancia para evitar los golpes y el impacto del movimiento en los individuos. (Gráfico 11).



**Gráfico 11.-** Baldes para el traslado de las plantas

Los individuos colectados fueron en promedio medianos y pequeños en tamaño, (entre 30 y 60 cm de diámetro), debido a que estos individuos muestran un mayor crecimiento en respuesta a cambios medio ambientales, en comparación con individuos grandes (Zotz 2000).

### **1.2.3 Toma de datos Preliminares**

Una vez que las plantas estuvieron en la estación, antes del traslado a los sitios de estudio, las plantas fueron acomodadas en unos sistemas fijos para su crecimiento de manera vertical (Gráfico 12), evitando así que se caigan o se muevan por el viento y que puedan conservar de mejor manera el agua, creando un ambiente estable para las poblaciones de metanógenos. Las plantas fueron de un solo sitio para evitar cualquier clase de ruido en los datos analizados; además este factor fue de vital importancia para observar más claramente cómo cambian las emisiones con la diferencia altitudinal en el momento del traslado a sus respectivos sitios.



**Gráfico 12.-** Sistemas de fijación

Al momento de la colecta se tomaron los siguientes datos: Punto de colecta (distancia en el sendero, el camino está marcado cada 50 m), Altura (m snm) de la colecta, fecha, altura en el árbol, distancia aproximada del dosel, cantidad de luz (se dio un valor entre 1 y 4), cantidad de inflorescencias en la planta (es porque durante el traslado la planta puede perder alguna), en este último dato es necesario especificar el estado de la inflorescencia (joven o vieja).

Estos datos nos fueron útiles para determinar la procedencia del individuo, la cantidad de luz recibida y su estado reproductivo.

Una vez que las plantas estuvieron en la ECSF, fueron etiquetadas; cada planta llevó un nombre (David, Pablo, etc.). El nombre final para cada planta consistía del nombre más el lugar y más el tratamiento, (ejem: DavidSFTe) Se midió: el número de hojas maduras, el número de hojas jóvenes (son las hojas con menos del  $\frac{1}{3}$  de la hoja más larga; la última hoja más joven deberá ser marcada con alambre), tamaño de la hoja más larga (tratando de medir desde lo más cerca posible de la base de la hoja; se medirán 3 o 4 hojas grandes y se elige la más larga), ancho de la hoja más larga, diámetro total entre punta y punta, diámetro efectivo (es diámetro que es capaz de recibir y retener el agua.).

Para las medidas de diámetro se tomarán dos de cada una para sacar un promedio, esto debido a que no todas las plantas forman un círculo perfecto.

Estos datos nos permitieron calcular el crecimiento de las plantas al final del experimento, luego de la adición de nutrientes y también establecer una relación entre la emisión de metano y el tamaño de la planta.

#### **1.2.4 Preparación de las Mesas de trabajo**

Se prepararon mesas de trabajo en los tres sitios de estudio, los mismos que tuvieron una estructura básica, con malla de sombra (para simular la entrada de luz que hay en el bosque) sin plástico para facilitar el riego de las plantas con la lluvia durante la primera fase de toma de datos, (Anexo 2). Las plantas fueron divididas al azar según el tratamiento y el

sitio. Luego de la primera toma de muestra de gas se traslado a las plantas a sus respectivos sitios y se comenzó la adición de nutrientes (hojarasca) y la toma de muestras de gases.

El primer tratamiento consistió en fertilizar con dos tipos de hojarasca, hojarasca con mas nutrientes (hojarasca de quebrada) y hojarasca con menos nutriente (hojarasca de ladera). Se tuvo 28 plantas en cada sitio de las cuales 14 eran testigos y 14 fertilizadas; de estas últimas 7 con Hojarasca + y 7 con hojarasca -.

En la segunda fase de toma de muestras se colocó un plástico de invernadero sobre las mesas debido a que en esta etapa se colocaron nutrientes N P y micronutrientes, por lo que era muy importante evitar la lluvia y conservar el nutriente en la planta por algunos días.(Anexo 3).

En esta fase el nuevo tratamiento estaba distribuido en 5 grupos por sitio (28 plantas en cada sitio).cuatro grupos de 6 y un grupo de 4. Los grupos de 6 tenían el siguiente tratamiento: Te (testigo), N (Nitrogeno), P (Fósforo), NP (Nitrógeno Fósforo) y el último grupo de 4 plantas micronutrientes (Mix).

Para calcular la cantidad de fertilizante a colocar en cada planta tomamos en cuenta y calculamos la cantidad de entrada de estos elementos en el bosque luego de un año del experimento NUMEX en la ECSF. (Tabla 1)

Cantidad de nutrientes luego de un año de NUMEX (valores anuales)									
		lixiviado de hojarasca		P (hojarasca)					
	Hojarasca	ca	N total		P (lixiviado)	P total	Parte del lixiviado	Parte del lixiviado	
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	N	P	
control	41,7	10,1	51,8	1,49	0,15	1,64	0,194980695	0,091463415	
N (50kg/ha)	53	11,5	64,5				0,178294574		
P (10kg/ha)				1,8	0,21	2,01		0,104477612	

**Tabla 1.-** Entrada de Nutrientes NUMEX

En la siguiente tabla mostramos como se calculó los nutrientes para cada planta; Se utiliza la entrada total de los nutrientes en el experimento NUMEX y se calcula para el tamaño de la planta, mg por planta por año. (Tabla 2).

		Total [mg/m <sup>2</sup> a- 1]	Diferenci a (mg/m <sup>2</sup> a-1; Fertilizad o -vs. - nofertiliz ado)	Tanque (m <sup>2</sup> )	Factor de efectivida d	Total (mg por planta por año)	Diferencia (mg por planta por año; fertilizado - vs. - nofertilizado )	Total Mensual (mg/plant/mo)	Diferencia Mensual (mg por planta por mes; fertilizado vs.no Fertilizado)	Diferenci a en medio mes
28										
29	N (N+ treatment)	6450	1270	0,049	1,0	316,61	62,34	26,38	5,195	2,598
30	P (P+ treatment)	200	37			9,82	1,82	0,82	0,151	0,076
31										
32										
33										

**Tabla 2.-** Entrada de nutrientes por planta y por mes

En la tabla 3 calculamos cuanto del fertilizante debemos utilizar para obtener lo que deseamos en cada planta.

Dosage Urea y Fosfato:					
	cantidad deseada (mg/planta)	contenido del elemento de fertilizacion (N o P) en fertilizante (Urea ó fosfato, respectivamente)	factor de contenido del elemento en Urea/fosfato (%/100)	Cantidad de fertilizante (osea, urea y ó fosfato de sodio) requerido para obtener la cantidad deseada de los elementos puros (en mg de la sustancia cruda /planta)	
N	25,98	46,66	0,4666	55,7	mg Urea
P	5,20	19,86	0,1986	26,2	mg fosfato

**Tabla3.-** Cantidad de fertilizante

### 1.2.5 Data Loggers

Se colocaron dos colectores de datos en cada sitio; estos instrumentos nos facilitaron datos de temperatura y humedad durante todo el experimento. Los Data loggers fueron programados para tomar estos datos cada 15 minutos durante cuatro meses.

### 1.3 Fase de laboratorio

Para la toma de muestras de gases, se utilizó baldes con cerrado hermético a los cuales se les adaptaron unos sistemas para la toma de la muestra (Gráfico 11), y para la entrada de cantidades muy pequeñas de aire que nos permite una ventilación dentro del balde; en su interior se colocara la planta.

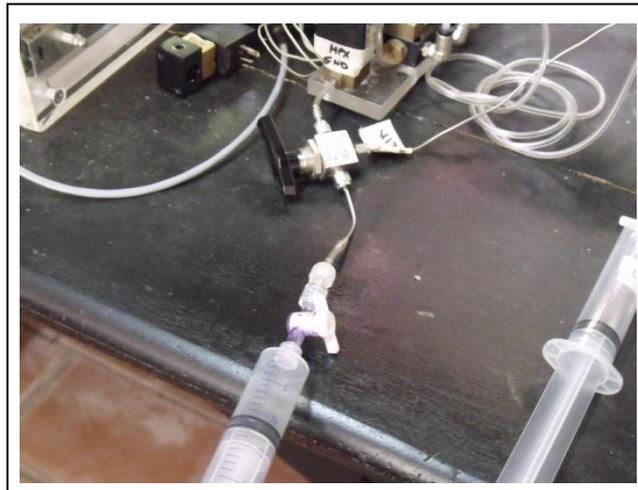
La toma de la muestra pudo ser posible con una jeringuilla y aguja para absorber el aire por uno de estos sistemas, luego el aire se inyectó en unos tubos que deberán ser vaciados con anterioridad por una bomba creando un vacío dentro del tubo

La toma de las muestras de gases, luego de la fertilización, se hace cada 15 minutos, se empieza con la primera muestra a los 0 minutos, la segunda a los 15, la tercera a los 30 y la cuarta a los 45 minutos; se realiza lo mismo en cada planta

Las muestras de flujo de metano fueron analizadas por el cromatógrafo de gases de la ECSF (Anexo 4) mediante la inyección manual del gas (Gráfico 12). La maquina compara la muestra con curvas de calibración.



**Gráfico 13.-** Sistema de toma de muestras



**Gráfico 14.-** Inyección manual de la muestra

Al ser esta tesis la base para otras investigaciones paralelas, se debió tomar algunas muestras extra que servirán para obtener datos, que en el futuro puedan apoyar de mejor manera, descartar y/ o explicar los resultados de esta investigación.

Las muestras de tejido de *Tillandsia complanata* fueron colectadas al inicio y al final del experimento, para esto se utilizó una cuchilla especial, la misma que realiza unos cortes circulares, (Gráfico 13). La primera muestra (antes de la fertilización) se tomó en las hojas más grandes de entre las jóvenes, y la última (al final de experimento) de la misma manera, solo que en este caso fueron nuevas hojas que crecieron y llegaron a ser las más grandes de entre las jóvenes. Estas muestras serán sometidas a un análisis de nutrientes en Carl von Ossietzky Universität Oldenburg (Universidad de Oldenburg, en la ciudad de Oldenburg – Alemania).



**Gráfico 15.-** Toma de muestra de tejido

También se tomaron muestras de agua del interior de las plantas (agua del tanque). El agua fue tomada de las hojas 5 ò 6 que se encuentran entre el centro de la planta y la parte externa de la misma, que es el lugar en donde la planta tiene bastante materia orgánica pero aún mantiene bien el nivel de agua, y la mantendrá por algún tiempo más.

La toma de la muestra se la realizo con una jeringuilla a la cual se le adaptó un tubo para permitir el paso de pequeñas partículas de materia orgánica, (Gráfico 14) y se la tomó de manera superficial, limpiando bien la jeringuilla en cada toma.



**Gráfico 16.-** Toma de la muestra de agua

Cada muestra fue etiquetada con el nombre de la planta y el tratamiento, y guardada en formol al 4%. Al final del experimento se volvió a tomar las muestras de agua. Estas muestras serán analizadas por el Prof. Dr. Ralf Conrad en el Max Planck Institute for Terrestrial Microbiology, Marburg- Alemania, y determinará los grupos de microorganismos responsables de los procesos bioquímicos en estas plantas.

Estas mismas muestras serán analizadas por la Dr. Regine Janh en la Universidad Freie Universität Berlin en Berlin – Alemania, para determinar algas en las muestras.

De la misma manera las muestras de agua serán analizadas para determinar poblaciones de nematodos por el Prof. Dr. Walter Traunspurger de la Universidad de Bielefeld.

#### **1.4 Toma de datos finales**

Al final del experimento, se volvió a tomar las medidas de las plantas como: el número de hojas maduras, el número de hojas jóvenes (son las hojas con menos del  $1/3$  de la hoja más larga; la última hoja más joven deberá ser marcada con alambre), tamaño de la hoja más larga (tratando de medir desde lo más cerca posible de la base de la hoja; se medirán 3 o 4 hojas grandes y se elige la más larga), ancho de la hoja más larga, diámetro total entre punta y punta, diámetro efectivo (es diámetro que es capaz de recibir y retener el agua.), capacidad de retención de agua en el tanque (este dato es uno solo porque solo se pudo tomar a final del experimento, mediante el llenado del tanque). Estos datos, juntos con los tomados inicialmente nos permiten saber si hubo un crecimiento en los individuos en el periodo que duró el experimento.

Luego de tomar los datos se colectaron las plantas para secarlas y poder medir el peso seco de cada individuo. De cada individuo se separó las hojas, el tallo, las raíces, las inflorescencias, la hojarasca acumulada (fina y gruesa), la baba (suelo); esta última se dividió en dos, la una con mayor cantidad para secar y la otra 0,7ml para congelar (en esta última se analizará la presencia de metanógenos).

## CAPITULO 2

### RESULTADOS

#### 2.1 Flujo de emisiones de metano

El cromatógrafo de gases nos da el flujo de metano en ppm por lo que utilizamos un calculador de flujo de gas que convierte el dato de ppm a  $\mu\text{g}/\text{taq}/\text{h}$ , para cada planta.

Los resultados de las muestras de metano las dividimos en dos partes; el primer grupo de datos corresponden al primer tratamiento de fertilización con hojarasca y el segundo al grupo de datos que corresponden al segundo tratamiento con N, P y micronutrientes. (Tabla 5).

Nombre	Tratamiento 1						Tratamiento 2	
	Flujo 1 $\mu\text{g}/\text{taq}/\text{h}$	Flujo 2 $\mu\text{g}/\text{taq}/\text{h}$	Flujo 3 $\mu\text{g}/\text{taq}/\text{h}$	Flujo 4 $\mu\text{g}/\text{taq}/\text{h}$	Flujo 5 $\mu\text{g}/\text{taq}/\text{h}$	Flujo 6 $\mu\text{g}/\text{taq}/\text{h}$	Flujo 7 $\mu\text{g}/\text{taq}/\text{h}$	Flujo 8 $\mu\text{g}/\text{taq}/\text{h}$
Anja Caj Te	25,01	2,23	0,00	14,96	6,44	6,30	4,92	10,95
Benito Bom Te	36,06	14,20	4,91	12,60	4,82	3,27	14,35	13,12
Cara SF HC+	7,72	0,00	16,26	4,64	5,17	4,45	9,64	11,06
Danilo Caj HC -	9,57	6,28	7,67	8,11	4,76	3,44	9,99	15,65
Evita Caj Te	7,64	6,13	8,14	5,62	3,56	3,79	1,59	5,31
Florian Bom HC -	0,00	4,30	18,95	10,16	11,97	6,07	15,73	19,88
Hugo Bom HC -	41,18	5,00	1,54	12,65	28,34	16,76	25,66	36,40
Ilka SF Te	0,00	0,00	3,19	3,35	4,56	2,93	2,29	5,42
Jay Caj HC +	0,00	2,85	0,00	2,90	5,43	4,01	4,81	4,45
Kaja Bom Te	7,76	7,22	6,27	2,72	2,46	2,40	3,69	4,92
Lukas Caj HC -	0,00	5,88	0,00	8,47	5,97	5,98	6,60	5,50
Noah Caj HC +	0,00	2,12	0,00	4,51	3,94	3,97	5,85	6,91
Oliver Caj Te	10,32	2,65	7,87	5,13	5,56	7,99	0,00	5,94
Pia Bom HC +	0,00	6,93	5,91	7,43	11,03	5,44	17,19	14,51
Quint SF HC -	8,44	0,00	0,40	7,67	4,74	2,08	3,34	8,95
Samuel Caj Te	8,77	3,61	0,00	5,28	5,48	2,72	5,05	6,07
Uwe Bom HC -	16,17	6,48	2,90	6,28	4,11	2,45	5,12	12,80

Vera Caj HC +	13,62	2,17	6,80	2,58	5,45	7,04	8,17	6,76
Wof SF HC +	35,72	9,96	18,54	49,08	26,09	20,30	46,88	21,56
Xenia Bom HC -	33,71	17,84	3,03	31,10	7,49	25,12	41,50	79,54
Yanic Caj HC+	15,97	3,14	0,00	6,89	2,85	5,35	5,61	5,95
Zoe Caj Te	14,19	8,19	19,93	5,17	6,68	7,04	8,94	13,90
Abraham Bom Te	0,00	11,31	7,32	6,03	8,52	3,40	8,31	4,62
Britta SF HC +	23,00	0,00	10,61	22,92	12,53	7,75	34,45	31,56
Conan Caj Te	0,00	9,62	7,37	5,33	4,37	10,76	5,38	15,37
Julia SF Te	20,20	15,54	4,67	4,91	3,00	3,36	5,34	18,00
Emilio Bom HC -	24,75	25,24	1,85	20,78	37,61	8,04	24,61	27,84
Fiona SF HC -	14,23	6,77	1,51	2,63	6,80	1,52	14,71	18,34
Gaston Caj Te	41,35	21,11	8,91	9,74	6,24	5,05	9,40	6,96
Holly Bom HC +	89,22	30,58	14,30	35,44	84,26	20,48	41,19	65,15
Isacc Caj Te	30,12	25,69	0,00	17,10	19,23	16,63	15,80	14,88
Laura SF HC +	0,00	4,31	0,00	10,70	9,97	0,00	6,62	13,16
Matias SF HC -	5,48	3,72	7,25	4,64	5,62	7,44	5,33	0,00
Naomi SF HC -	0,00	8,02	8,68	6,29	5,10	4,08	4,62	12,60
Pablo Bom Te	8,85	10,68	5,08	4,09	6,72	5,82	9,25	4,69
Qudama Bom HC +	33,02	8,71	4,54	14,10	31,97	14,53	21,63	40,96
Renato SF Te	9,07	5,20	9,35	5,63	4,77	2,53	4,43	5,87
Tobbias Bom HC -	9,34	2,70	9,90	3,97	20,02	7,69	23,22	31,73
Ulli Caj HC +	0,00	6,53	8,78	4,92	4,39	7,26	5,47	15,10
Vasco Bom HC -	19,49	12,77	27,99	10,00	22,71	15,01	28,48	36,52
Xavier Caj HC -	0,00	3,86	7,36	7,31	6,46	5,51	4,97	9,02
Zeus Caj HC -	0,00	7,51	6,87	6,80	3,50	7,23	6,23	4,22
Antonia SF HC +	0,00	5,42	10,42	3,78	3,16	6,68	1,75	0,00
Beto Caj Te	0,00	1,22	4,16	0,00	5,12	4,72	5,68	6,84
Chloe Caj HC +	12,93	2,26	2,95	2,80	4,70	4,18	3,83	3,66
David SF Te	21,02	16,43	15,04	13,74	7,22	0,00	9,75	0,00
Felipe Bom Te	42,79	22,47	11,79	9,33	16,20	11,75	8,63	16,87
Gabi Caj Te	37,84	9,52	29,17	14,34	17,41	18,01	18,90	15,16
Homero Bom HC +	17,58	21,31	20,75	39,22	41,85	37,13	64,02	73,22
Joao SF HC -	0,00	6,85	25,35	12,34	15,98	0,00	16,76	14,12
Krissy Caj Te	0,00	0,00	36,04	3,06	5,02	5,96	0,00	4,94
Mia Caj HC -	44,29	25,43	14,88	13,26	20,84	16,22	20,49	18,39

Napo SF HC -	9,39	11,24	18,75	9,12	10,21	3,42	8,34	8,39
Pedro SF Te	17,24	18,70	16,04	15,86	11,05	9,44	17,82	15,75
Ruth Bom Te	40,55	12,82	31,89	13,82	33,93	23,04	21,83	37,14
Sebastian Caj Te	26,73	7,98	19,53	8,89	5,82	7,41	12,59	12,28
Tamara Bom Te	11,64	8,97	5,12	3,58	11,02	5,25	14,74	13,78
Ute Bom Te	22,30	32,86	7,87	35,35	23,79	24,23	27,53	23,59
Vito Caj HC +	0,00	6,70	0,00	13,49	7,48	8,51	16,21	9,02
Woody Caj Te	21,35	3,92	0,00	4,46	6,91	6,56	7,72	9,11
Xylona Bom Te	9,73	10,42	7,47	10,26	15,17	7,20	15,65	23,20
York Bom HC +	20,59	5,87	12,75	15,10	37,56	23,54	24,95	31,36
Bea SF HC +	23,40	2,96	15,00	6,50	6,98	0,00	7,71	16,42
Dolores Bom HC +	16,44	19,93	1,25	27,74	33,39	34,09	35,65	67,12
Elias Bom Te	10,40	6,96	11,70	5,74	5,28	7,31	9,85	9,86
Flora Bom HC +	17,46	23,33	5,09	35,85	86,00	41,42	60,07	82,49
Gino SF Te	0,00	3,76	0,00	4,24	8,98	4,53	4,45	0,00
Helen SF HC -	9,77	0,00	1,21	5,14	6,51	3,67	7,28	5,90
Karin Bom Te	0,00	4,97	9,91	5,57	2,05	3,72	3,34	6,39
Mario SF Te	18,16	12,23	19,14	19,89	8,74	12,28	18,49	14,81
Octavio SF TE	7,50	0,00	8,49	4,43	4,57	3,38	1,99	8,43
Quentin SF Te	14,46	0,00	8,63	7,75	4,07	3,37	5,17	6,34
Tya SF Te	25,82	8,28	0,00	8,02	8,60	9,00	14,92	13,27
Jacinta Bom Te	15,51	8,34	6,66	7,46	7,86	3,95	5,66	4,11
Ismael SF Te	14,92	8,41	12,91	6,99	7,44	7,73	10,92	13,22
Juanita Caj HC -	12,91	7,61	0,00	8,73	4,46	12,44	12,98	14,94
Cristina SF Te	0,00	9,97	3,85	7,74	4,90	3,66	15,27	13,17
Andres SF HC +	0,00	2,49	0,00	3,62	6,97	0,00	0,85	0,00
Diego SF Te	0,00	1,98	4,44	2,78	4,29	0,00	6,18	7,11
Diana SF Te	0,00	7,86	0,00	4,11	4,78	0,00	4,41	8,32
Luis Caj Te	16,49	2,78	0,00	11,44	6,35	11,52	4,59	13,73
Thomas Bom Te	0,00	8,29	3,64	3,63	7,04	3,73	10,66	11,89
Stefany Bom Te	0,00	2,91	6,98	3,27	9,37	4,26	0,00	0,00
Simon Caj HC-	27,15	14,27	0,00	16,64	20,44	12,43	13,12	13,02

**Tabla4.-** Flujo de metano  $\mu\text{g}/\text{taq}/\text{h}$  en 84 plantas

Para determinar si hay diferencias significativas entre los tratamientos y los lugares (es decir la altitud) y el flujo de metano, aplicamos un ANOVA Factorial.

Debido a que no hay normalidad en los datos (análisis Shapiro- Wilk, realizado con XLSTAT Tabla 5) en ninguno de los dos tratamientos (Tabla 6) se realizó una transformación de datos Box Cox.

XLSTAT 2008.7.03 - Pruebas de normalidad - el 22/09/2011 a 17:39:25							
Estadísticas descriptivas:							
Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
250.074.702.559.357	83	0	83	-2,772	8,139	2,017	3,405
223.388.854.857.858	83	0	83	-1,994	8,175	2,948	2,400
0,01	83	0	83	-2,285	7,168	2,157	2,652
14.964.627.694.214	83	0	83	-2,642	6,872	2,816	1,463
644.104.887.827.006	83	0	83	0,604	1,772	1,257	0,246
62.971.747.976.393	83	0	83	-2,141	8,379	2,678	2,227
				Interpretación de la prueba:			
Prueba de Shapiro-Wilk (25,0074702559357):				H0: La muestra sigue una ley Normal.			
				Ha: La muestra no sigue una ley Normal.			
W	0,807						
p-valor	<0,0001						
alfa	0,05						
Como el p-valor computado es menor que el nivel de significación alfa=0,05, se debe rechazar la hipótesis nula H0, y aceptar la hipótesis alternativa Ha.							
El riesgo de rechazar la hipótesis nula H0 cuando es verdadera es menor que 0,01%.							

**Tabla 5.-** Prueba de normalidad Tratamiento 1

XLSTAT 2008.7.03 - Pruebas de normalidad - el 20/09/2011 a 19:46:57							
Estadísticas descriptivas:							
Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
999.119.679.248.129	83	0	83	0,000	64,023	13,098	12,613
15.647.929.940.884	83	0	83	0,000	82,487	16,191	17,225
Prueba de Shapiro-Wilk (9,99119679248129):				Interpretación de la prueba:			
				H0: La muestra sigue una ley Normal.			
				Ha: La muestra no sigue una ley Normal.			
W	0,789						
p-valor	< 0,0001						
alfa	0,05						
Como el p-valor computado es menor que el nivel de significación alfa=0,05, se debe rechazar la hipótesis nula H0, y aceptar la hipótesis alternativa Ha.							
El riesgo de rechazar la hipótesis nula H0 cuando es verdadera es menor que 0,01%.							

**Tabla 6.-** Prueba de normalidad Tratamiento 2

Una vez transformados los datos aplicamos ANOVA Factorial para cada flujo de gas.

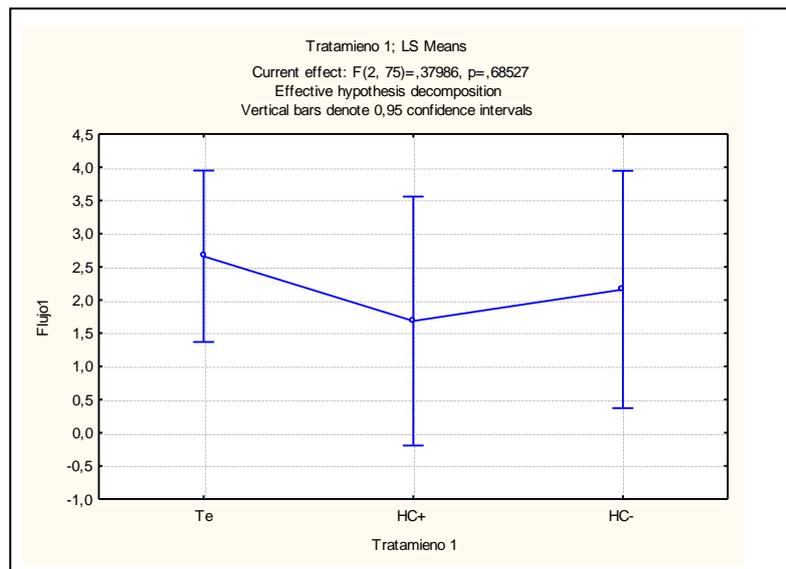
### 2.1.1.- Flujo 1

El primer flujo que se midió fue antes del traslado de las plantas en la ECSF (Anexo 5.- Tabla de flujos). El resultado del análisis (Tabla 7), nos dice que no hay diferencias significativas entre las variables independientes y el flujo; esto es lógico ya que no se aplicó ningún tratamiento hasta entonces y las plantas se encontraron en el mismo lugar.

Effect	Univariate Tests of Significance for Flujo 1 Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition			
	SS	Degr. of Freedom	MS	F
Intercept	352,740	1	352,740	19,9814
Tratamiento 1	13,412	2	6,7058	0,37986
Lugar	44,702	2	22,3511	1,26615
Tratamiento 1*Lugar	99,547	4	24,8868	1,40974
Error	1324,00	75	17,6533	

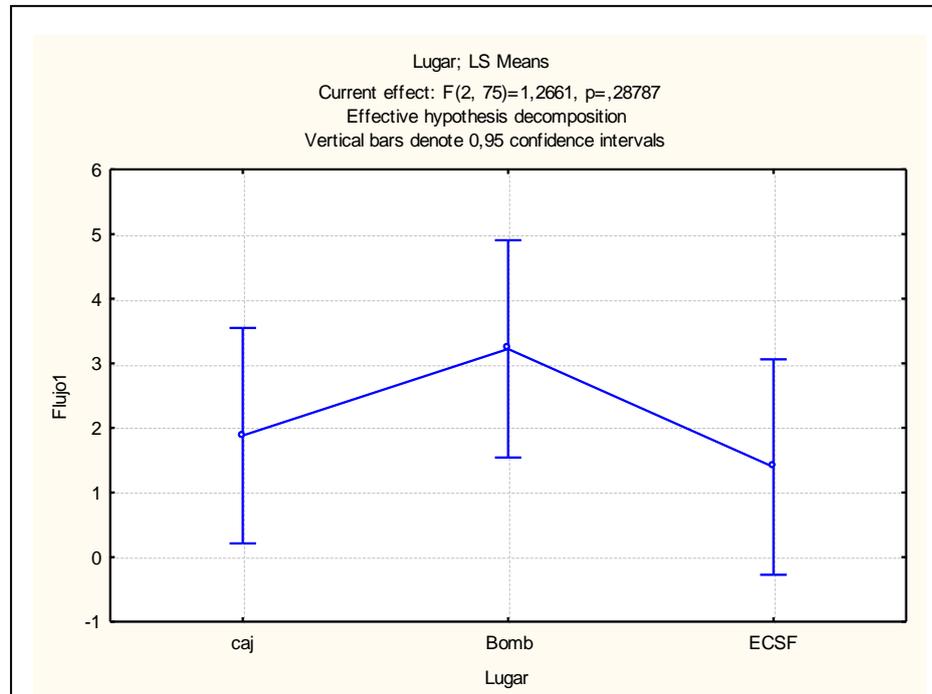
**Tabla 7.- ANOVA Factorial Flujo 1**

A pesar que no hay diferencias significativas, podemos darnos cuenta que el grupo de plantas con mayor flujo de metano es el Testigo seguido de HC- y por último HC+. (Gráfico 17)



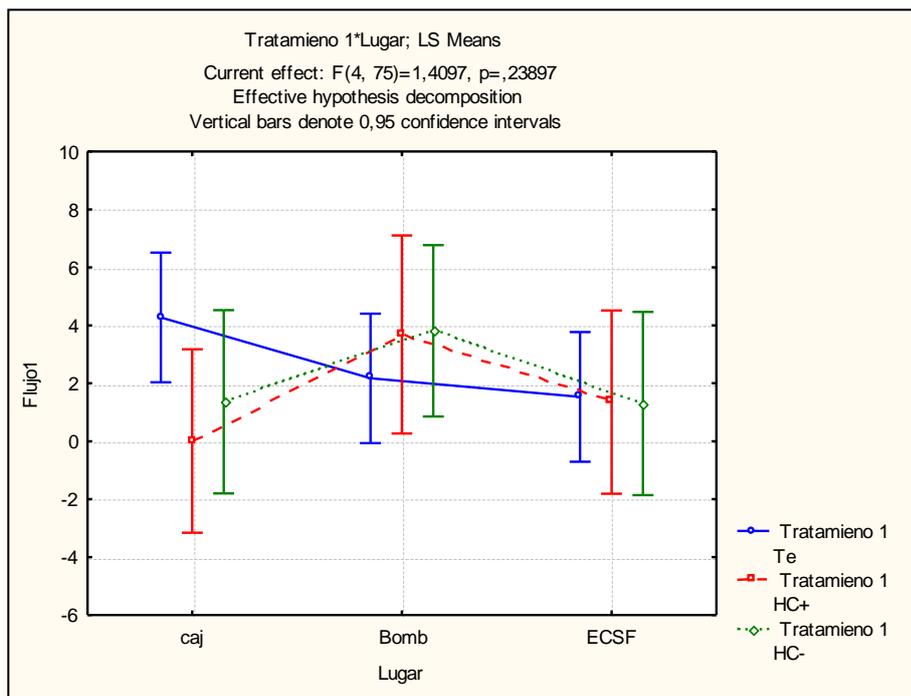
**Gráfico 17.- Flujo de Metano antes del traslado**

De igual manera en el flujo 1 no hay significancia entre las plantas que van a Cajanuma, Bombuscaro, y ECSF; de todas maneras el grupo de bromelias que irán a Bombuscaro tienen mayor flujo que las que van a los otros lugares (Gráfico 18)



**Gráfico 18.-** Flujo 1 antes del traslado- Grupos según lugares

Antes del comienzo de la fertilización hay una tendencia de flujos en las plantas (Gráfico 19), que según nuestra hipótesis irá cambiando de acuerdo a la adaptación de las plantas a su nuevo medio y a la asimilación de los nutrientes.



**Gráfico 19.-** Flujo 1: Comparación tratamientos y lugares.

**2.1.2.- Flujo 2**

La toma del Flujo 2 se la realizó 18 días después del traslado; se piensa que es un tiempo prudencial para que las plantas se adapten a su nuevo hábitat y que se pueda medir ya una respuesta a la altitud (Anexo 6); cabe recalcar que Cajanuma se encuentra a 2800m snm, Bombuscaro a 850m snm y la ECSF a 1850m snm. En esta muestra solo se mide la influencia de la altitud en la emisión de metano ya que no se ha colocado la hojarasca.

El análisis ANOVA para este flujo, precisamente nos dice que hay una diferencia significativa entre las emisiones y el lugar. (Tabla 8). El Flujo más alto se registra en Bombuscaro (850m snm) (gráfico 20), seguida de Cajanuma (2800m snm) y luego la ECSF (1850m snm).

Effect	Univariate Tests of Significance for Flujo 2 Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition			
	SS	Degr. of Freedom	MS	F
Intercept	643,031	1	643,031	136,683
Tratamiento 1	1,9013	2	0,9507	0,2027
lugar	94,953	2	47,4766	10,0917
Tratamiento 1*lugar	34,384	4	8,5960	1,8272
Error	352,839	75	4,7045	

**Tabla 8.-** ANOVA Flujo 2 Luego del traslado de las plantas

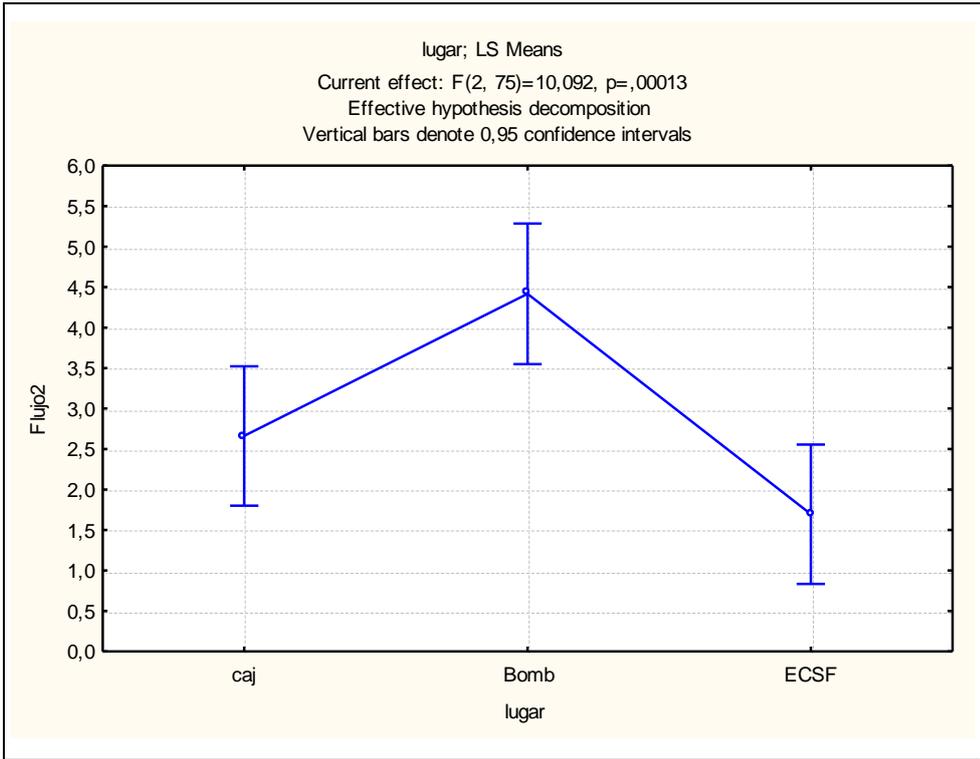


Gráfico 20. Flujo 2: Luego del Traslado

Entre los tratamientos no hay una diferencia significativa, lógicamente, no se ha colocado ningún tipo de nutrientes. (Gráfico 21 y 22).

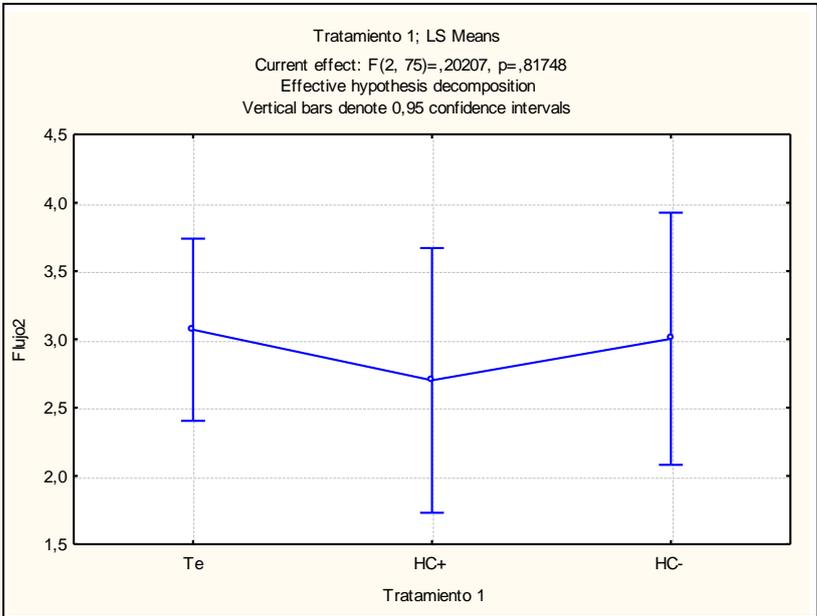
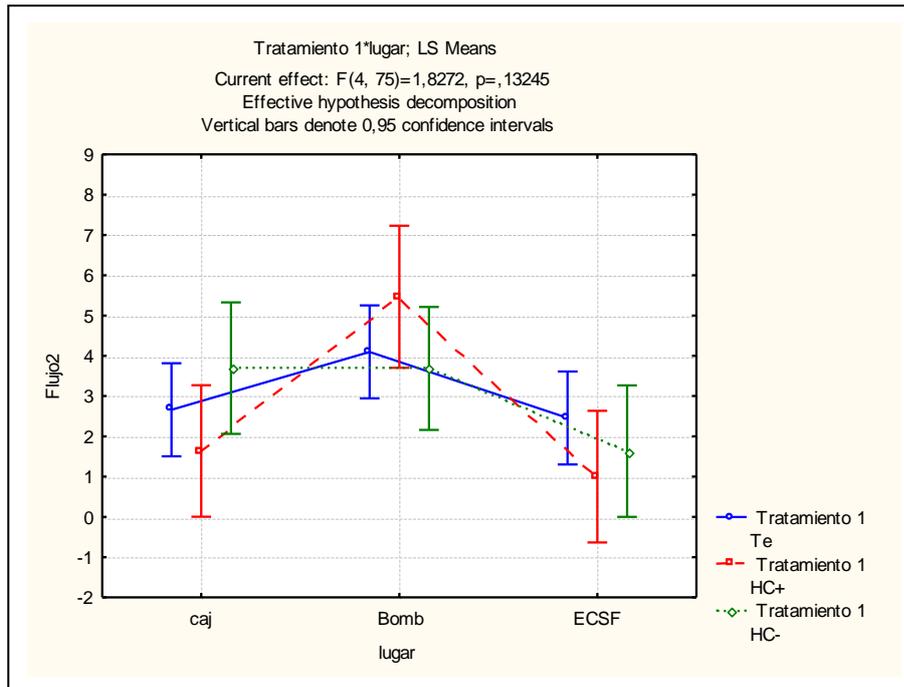


Gráfico 21.- Flujo 2: Tratamientos



**Gráfico 22.-** Comparación Tratamiento- Lugar

**2.1.3 Flujo 3**

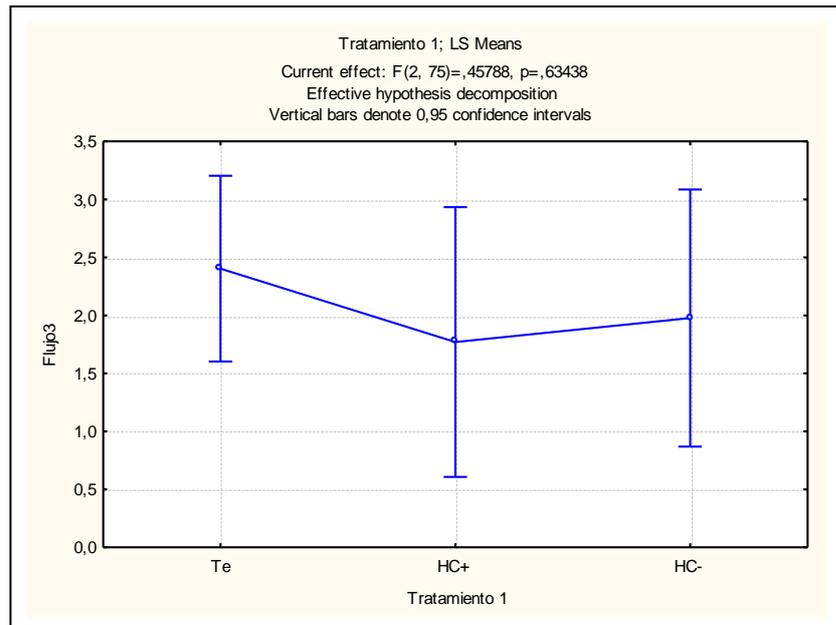
En esta toma de muestras de emisión de metano, las plantas han estado influenciadas por la altitud por un poco más de un mes, y se colocó el tratamiento de hojarasca dos semanas antes de esta toma del flujo.(Anexo 7).

El análisis nos da una diferencia significativa entre la emisión y los lugares, pero no así entre tratamientos a pesar que la fertilización se la realizo con hojarasca molida, esto puede deberse a que la planta no ha tenido el tiempo suficiente como para degradar y asimilar los nutrientes (Tabla 9)

Effect	Univariate Tests of Significant Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition		
	SS	Degr. of Freedom	MS
Intercept	315,921	1	315,921
Tratamiento 1	6,209	2	3,104
Lugar	54,238	2	27,119
Tratamiento 1*Lugar	22,361	4	5,590
Error	508,521	75	6,780

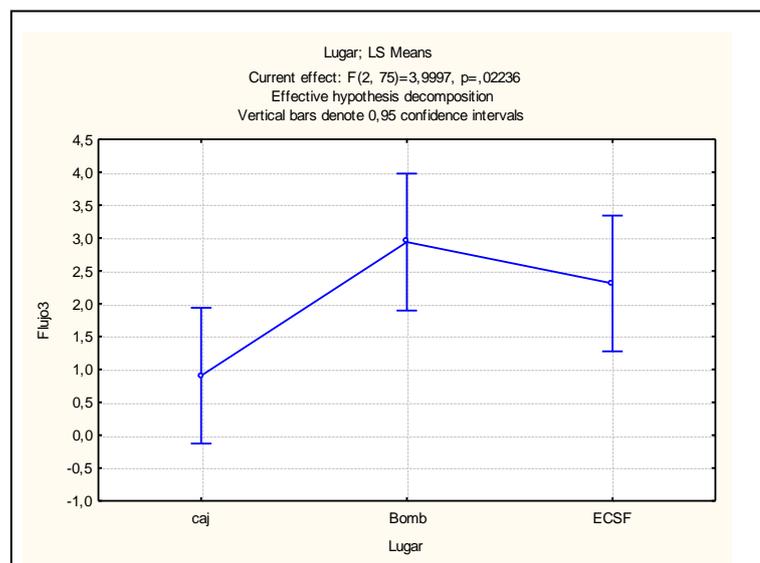
**Tabla 9.-** flujo 3: dos semanas después de la fertilización

De todas maneras hay un flujo superior en los testigos, (Gráfico 23).

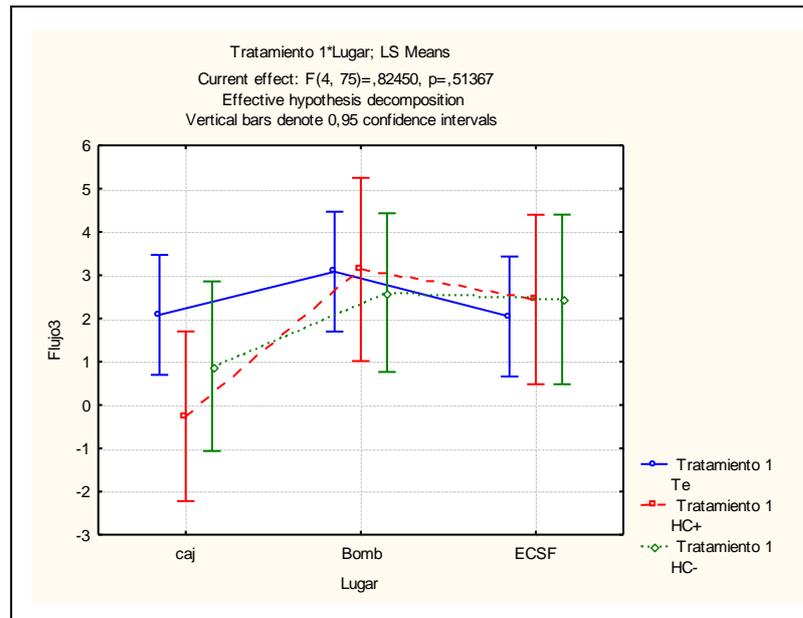


**Gráfico 23.-** Flujo 3 Tratamientos

Hay una gran diferencia en la emisión según el lugar, aquí podemos observar que a diferencia del flujo 2 en este flujo el lugar en donde hay más emisión es en Bombuscaro (850m snm) seguido de la ECSF (1800m snm) y el último Cajanuma (2800m snm). Aquí podemos observar que la influencia de la altitud en las plantas ha sido mayor al mes y medio del traslado aproximadamente. (Gráfico 24 y 25). La Emisión en Cajanuma es considerablemente menor que en los otros dos lugares.



**Gráfico 24.-** Flujo 3: Lugar



**Gráfico 25.-** Flujo 3 Tratamientos y lugar

**2.1.4 Flujo 4**

Es el Flujo tomado un mes después de la puesta de los nutrientes. (Anexo 8)

En esta medición el análisis nos dice que no hay diferencia significativa ni el tratamiento, tampoco en el lugar. Puede deberse a las condiciones climáticas que analizaremos más adelante. (Tabla 10). La falta de significancia puede deberse a la no degradación o asimilación de los nutrientes.

Effect	Univariate Tests of Significance Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition		
	SS	Degr. of Freedom	MS
Intercept	701,8361	1	701,8361
Tratamiento 1	5,8402	2	2,9201
Lugar	16,8741	2	8,4371
Tratamiento 1*Lugar	30,532	4	7,6330
Error	277,8433	75	3,7044

**Tabla 10.-** Flujo 4

De todas maneras el flujo mayor se encuentra en Bombuscaro (gráfico 26) y el tratamiento es mayor para HC+ (Gráfico 27 y 28)

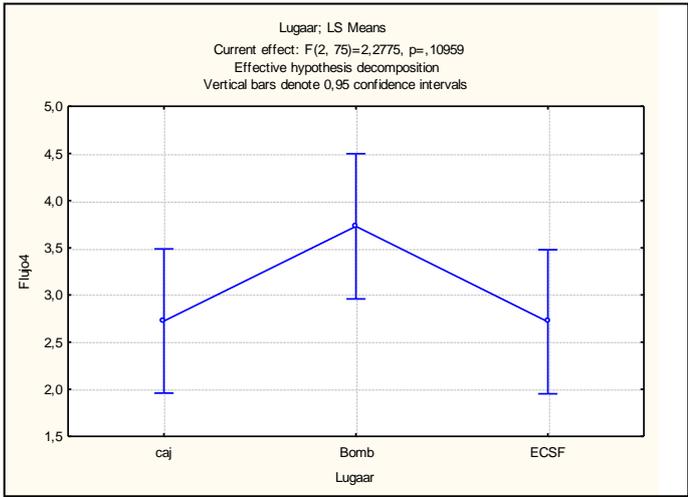


Gráfico 26.- Flujo 4 Lugar

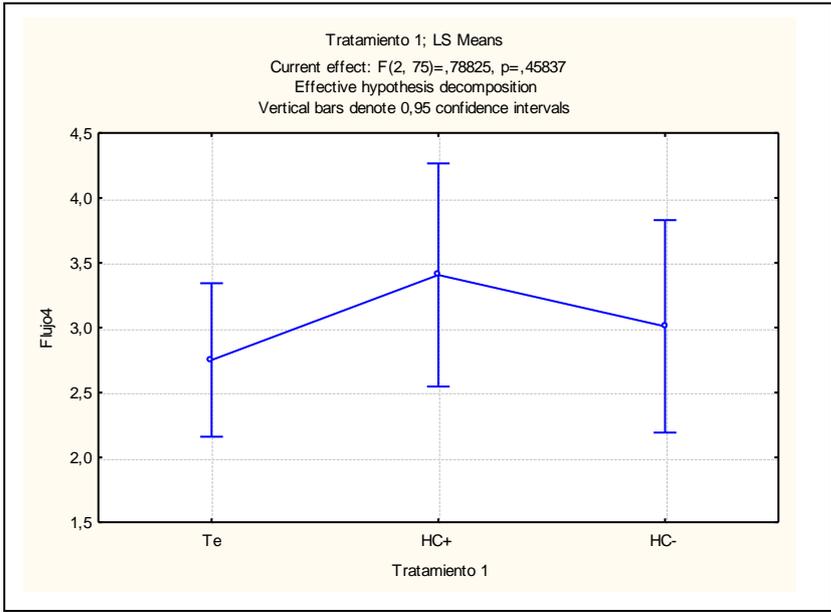
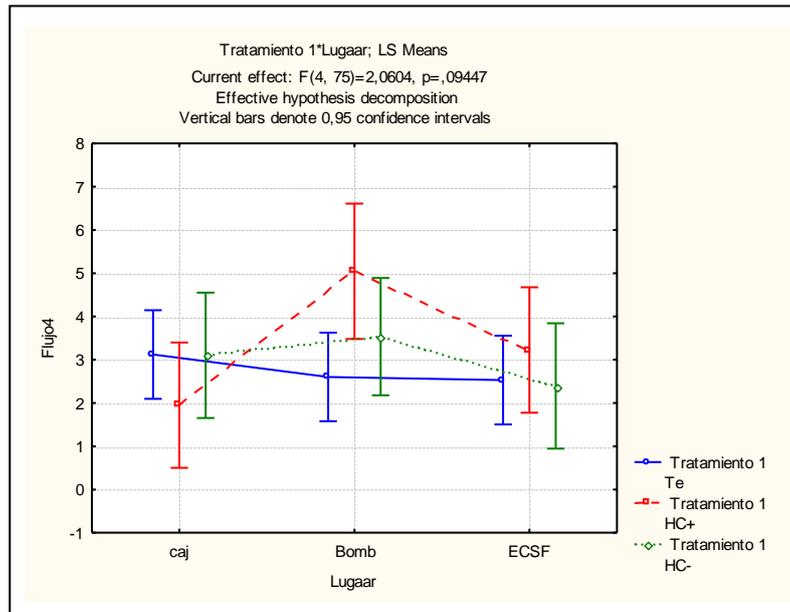


Gráfico 27.- Flujo4 tratamientos



**Gráfico 28.-** Flujo 4 Tratamiento - Lugar

**2.1.5 Flujo 5**

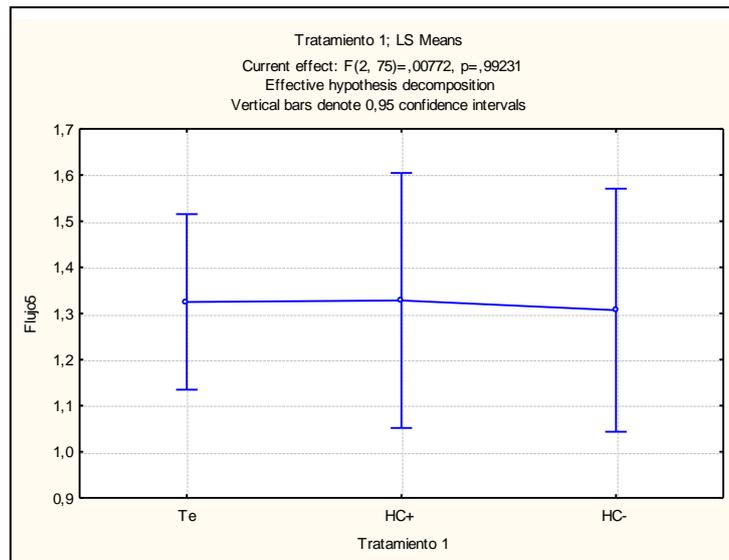
Esta muestra se tomó dos semanas después de la segunda puesta de hojarasca (Anexo 9).

Al igual que el flujo anterior no hay diferencias significativas en ninguna variable, puede deberse a cambios drásticos con el clima, este aspecto lo analizaremos más tarde con los datos obtenidos de los Data Loggers. (Tabla 11); la falta de significancia en los tratamientos puede deberse a la no degradación de la hojarasca, también puede deberse a los cambios en el clima.

Effect	Univariate Tests of Significance for Flujo 5 Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition			
	SS	Degr. of Freedom	MS	F
Intercept	130,988	1	130,988	341,887
Tratamiento 1	0,005	2	0,003	0,007
lugar	0,762	2	0,381	0,995
Tratamiento 1*lugar	2,157	4	0,539	1,408
Error	28,735	75	0,383	

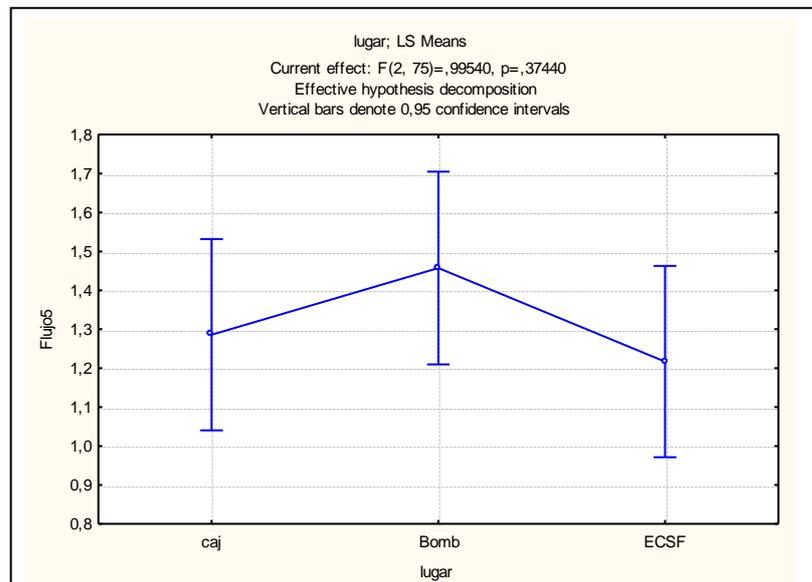
**Tabla 11.-** Flujo 5

En los tratamientos, el gráfico nos muestra que casi no hay diferencia entre los grupos, pero también podemos observar que HC+ tiene las emisiones más extremas, con individuos con las más bajas emisiones y las más altas. (Gráfico 29).

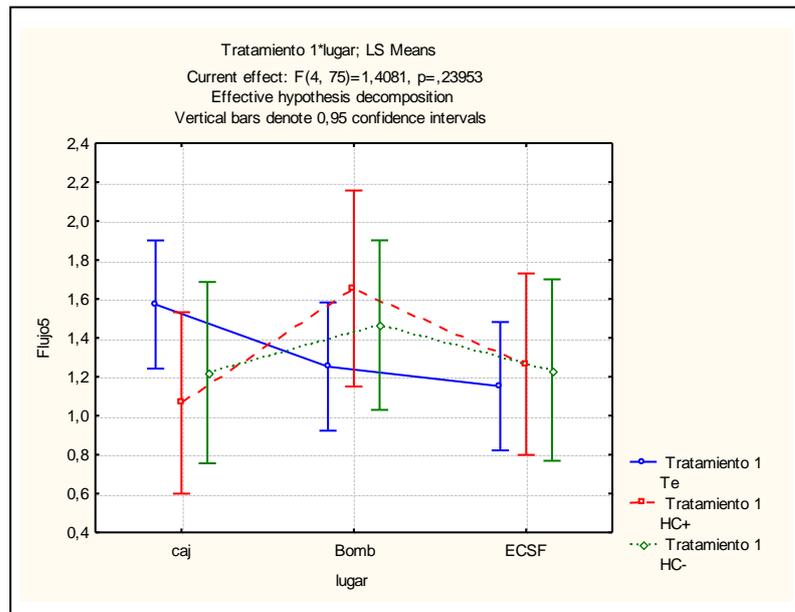


**Gráfico 29.- Flujo 5 Tratamientos**

Si bien no hay diferencias significativas entre los sitios de estudio, en este flujo podemos ver que la tendencia, de tener mayores emisiones en Bombuscaro, continúa. (gráfico 30 y 31).



**Gráfico 30.- Flujo 5 Lugar**



**Grafico 31.-** Flujo 5 Tratamientos y lugares

**2.1.6 Flujo 6**

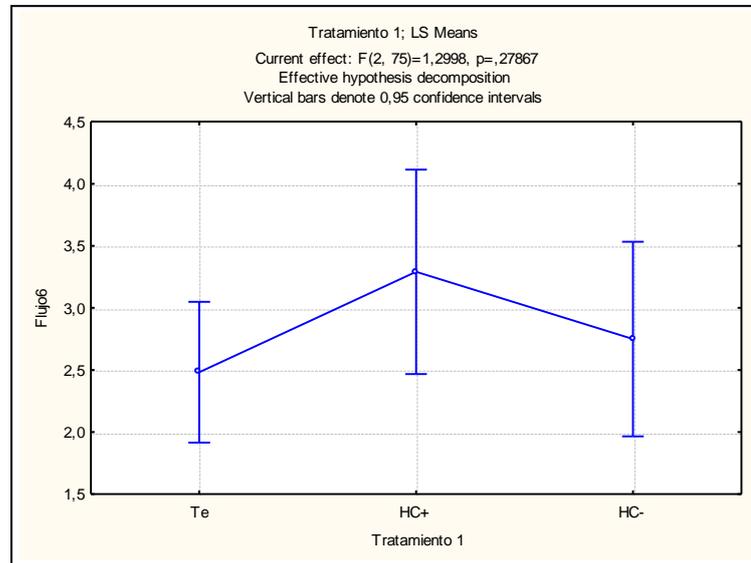
Esta toma de muestras se la realizó al mes de la segunda puesta de hojarasca, un mes después de la segunda puesta de hojarasca y a dos meses de la primera puesta. (Anexo 10)

En este flujo hay una diferencia significativa tanto para la variable lugar, así como para la interacción de las variables Tratamiento y Lugar, lo que nos pudiera indicar que ya hay algún tipo de asimilación de los nutrientes. (Tabla 12).

Effect	Univariate Tests of Significant Sigma-restricted parameteriza Effective hypothesis decompo		
	SS	Degr. of Freedom	MS
Intercept	606,613	1	606,613
Tratamiento 1	8,8257	2	4,4129
Lugar	129,339	2	64,6695
Tratamiento 1*Lugar	52,3457	4	13,0864
Error	254,636	75	3,3957

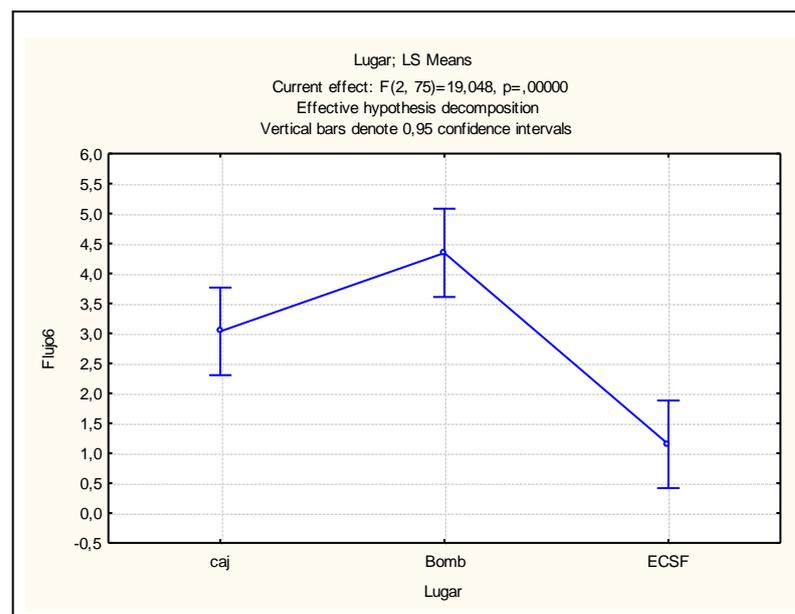
**Tabla 12.-** Flujo 6

En la siguiente Figura se muestra que, si bien no hay diferencias significativas en la variable tratamientos. La tendencia nos sugiere que el tratamiento HC+ ha estado empezando a dar resultado en la emisión de metano. (Gráfico 32)



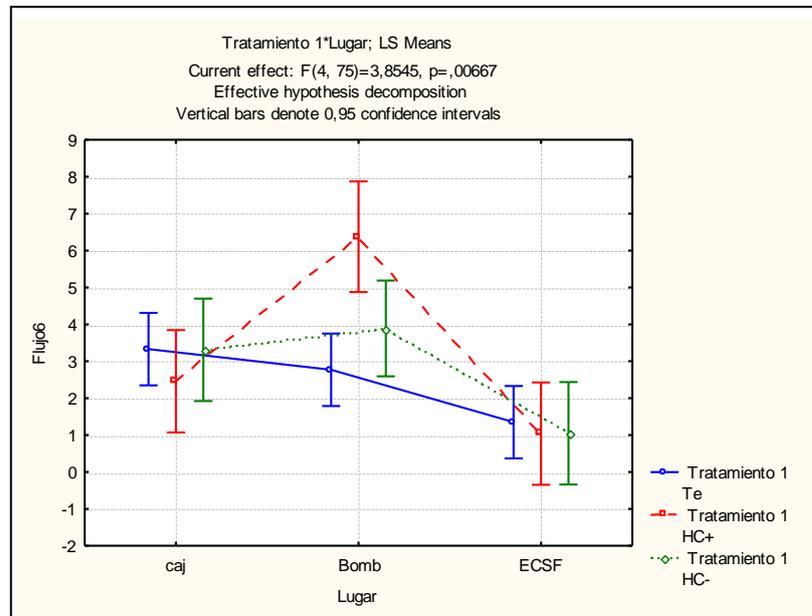
**Gráfico 32.-** Flujo 6 Tratamiento

Hay una diferencia significativa en el lugar, la diferencia con los otros flujos, es que la emisión en Cajanuma mientras que en ECSF baja, esto puede deberse a condiciones climáticas que se analizarán posteriormente. (Gráfico 33)



**Gráfico 33.-** Flujo 6 Lugares

Las emisiones en Bombuscaro en el tratamiento HC+ tiene un pico que hace que tenga una diferencia significativa entre los otros dos tratamientos y los otros dos lugares. (Gráfico 34).



**Gráfico 34.-** Flujo 6 Tratamientos y Lugares

**2.1.7 Flujo 7**

La toma de muestra de este flujo fue dos días después de la aplicación del nuevo tratamiento (Anexo 11).

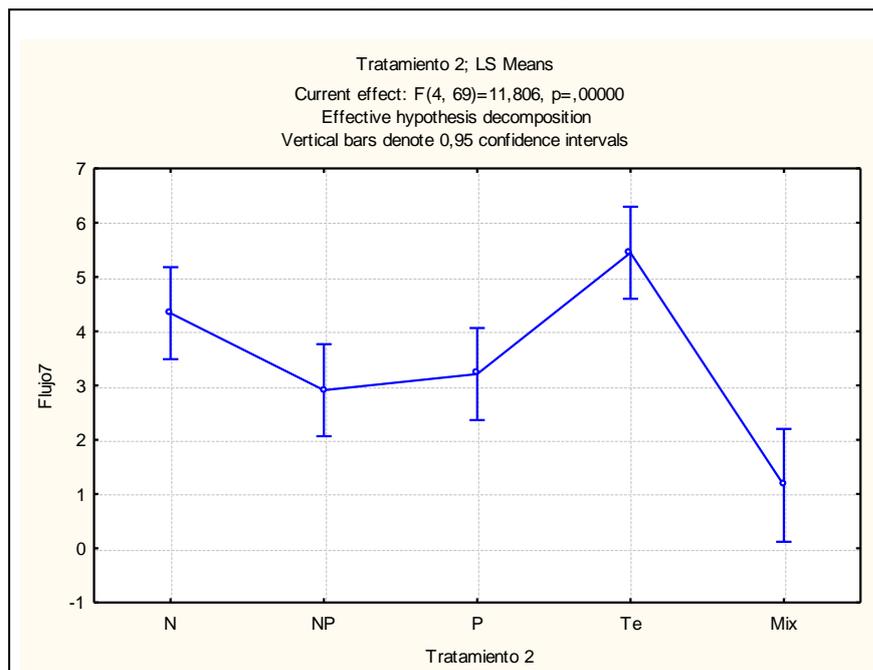
En este análisis hay significancia entre los tratamientos y entre los lugares (Tabla 13).

Effect	Univariate Tests of Significance Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition		
	SS	Degr. of Freedom	MS
Intercept	953,208	1	953,208
Tratamiento 2	153,699	4	38,424
Lugar	53,955	2	26,977
Tratamiento 2*Lugar	19,604	8	2,450
Error	224,566	69	3,254

**Tabla 13.-** Flujo 7 Nuevo tratamiento

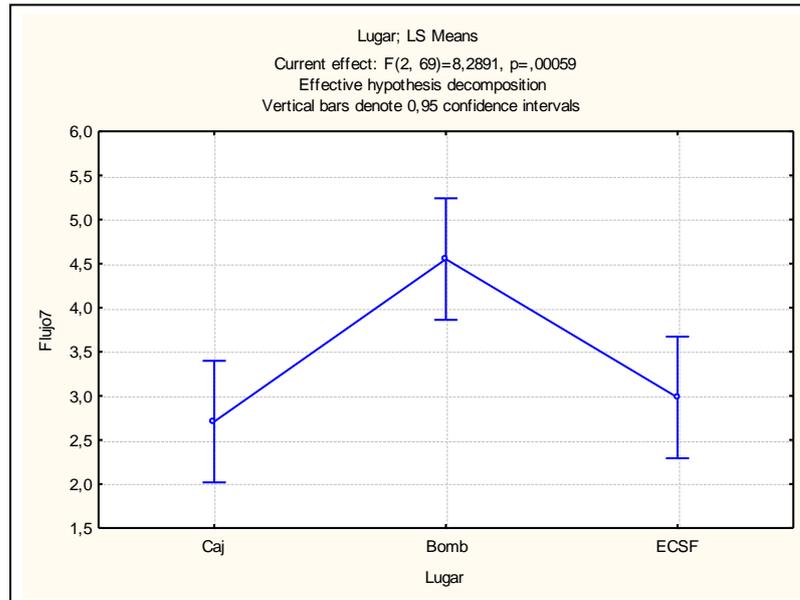
El grupo de los testigos fueron plantas que siempre daban buenos flujos de metano, de esta manera esta condición no influye en los resultados y las plantas que daban menos flujos se dividieron en los tratamientos.

Es por eso que en el siguiente gráfico observamos que hay más emisión en los grupos testigos, pero los grupos del tratamiento con N alcanzaron niveles altos, seguidos por los grupos del P y NP casi en el mismo nivel y el grupo de los micronutrientes tiene niveles bajos de emisión. (Gráfico 35).



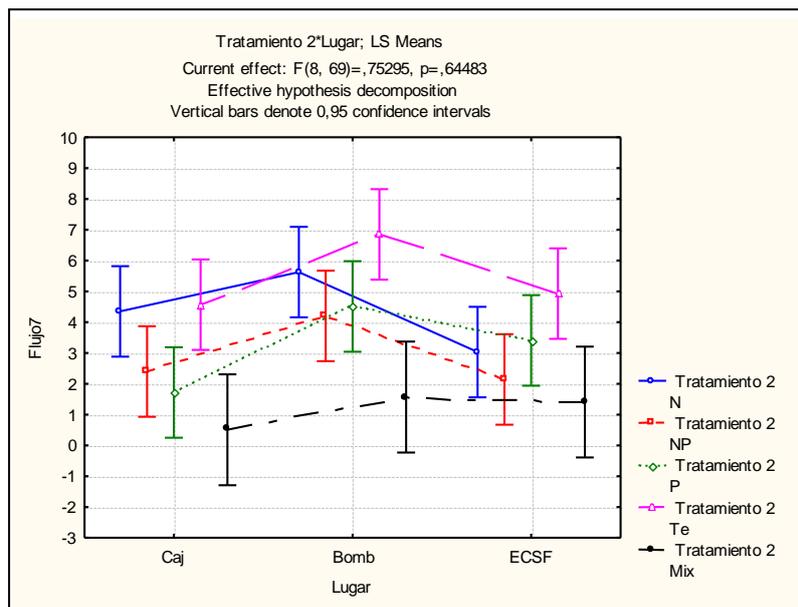
**Gráfico 35.- Flujo 7 Nuevo Tratamiento**

Las emisiones en Bombuscaro siguen siendo altas, pero observamos que las emisiones en Cajanuma igualaron a las emisiones en la ECSF; como lo dijimos antes, puede deberse a cambio en el clima que analizaremos más adelante. (Gráfico 36)



**Gráfico 36.- Flujo 7 Lugares**

En el siguiente gráfico es evidente que los flujos de micronutrientes (Mix) son mucho más bajos que los demás, a pesar que entre los lugares sigue habiendo una diferencia a favor de Bombuscaro. (Gráfico 37)



**Gráfico 37.- Flujo 7**

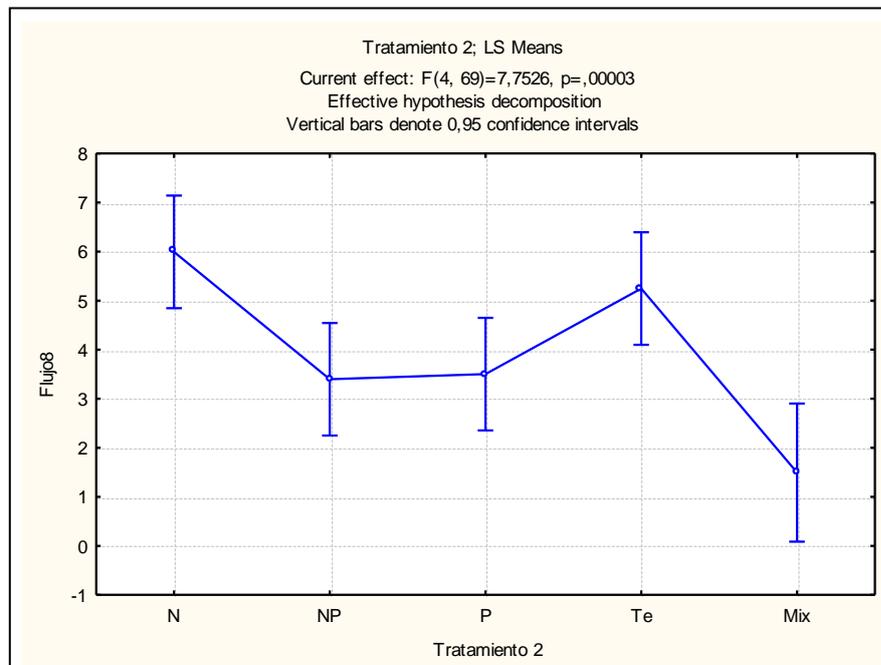
**2.1.8 Flujo 8**

Este flujo se tomó luego de un día de fertilizadas las plantas. (Anexo 12). En este análisis también tenemos una diferencia significativa en los tratamientos y en los lugares. (Tabla 14)

Effect	Univariate Tests of Significance		
	SS	Degr. of Freedom	MS
Intercept	1261,41	1	1261,41
Tratamiento 2	185,13	4	46,28
Lugar	101,32	2	50,66
Tratamiento 2*Lugar	32,95	8	4,12
Error	411,92	69	5,97

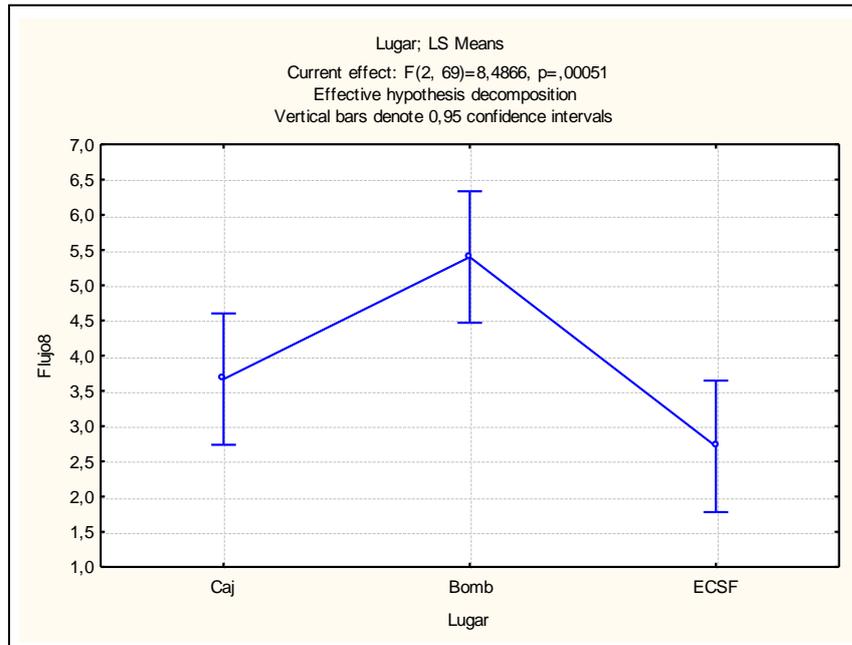
**Tabla 14.-** Flujo 8

A diferencia del flujo anterior el grupo de nitrógeno superó en emisiones al grupo de los testigos (plantas que siempre dieron buenos flujos), manteniéndose en el mismo nivel el N y P y en niveles más bajos el Mix. (Gráfico 38).



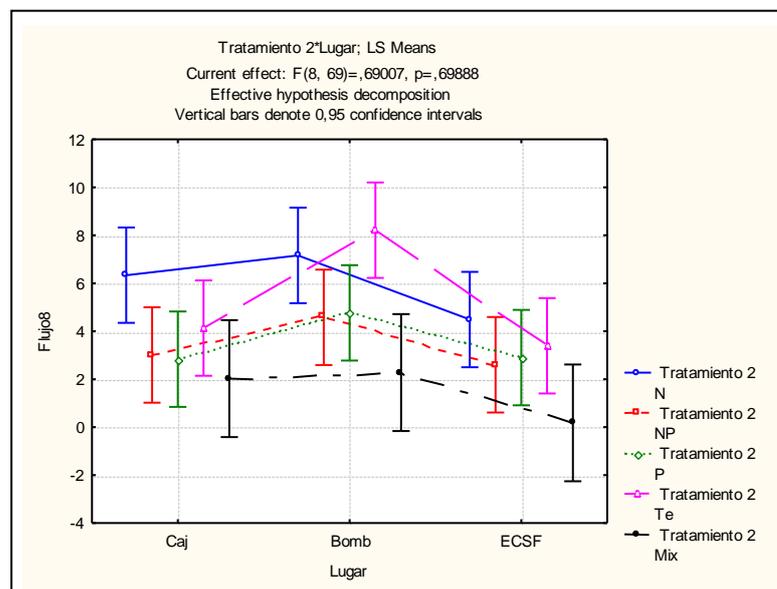
**Gráfico 38.-** Flujo 8

En el siguiente gráfico observamos que la tendencia se mantiene y en Bombuscaro hay mejores emisiones, habiendo una variante constante entre Cajanuma y la ECSF. (Gráfico 39)



**Gráfico 39.-** Flujo 8

Continúa la tendencia y los grupos de los micronutrientes tienen menos emisión de flujos de metano. (Gráfico 40)

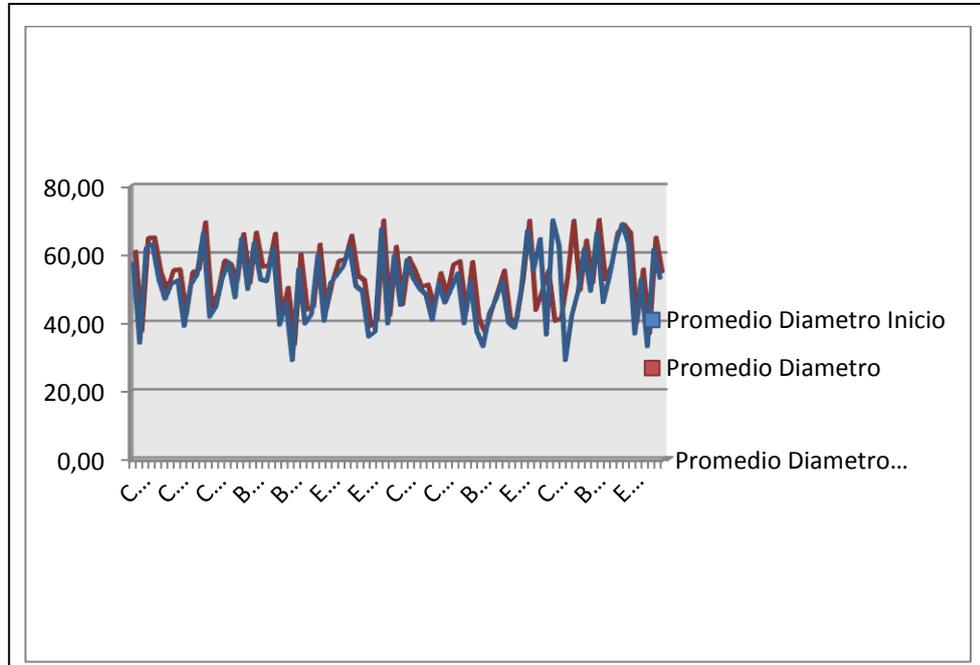


**Gráfico 40.-** Flujo 8 Tratamientos y lugares

## 2.2 - Crecimiento

Para poder analizar si existe diferencia entre los tratamientos y la altitud con el crecimiento de *Tillandsia complanata* realizamos una comparación con los datos tomados antes del traslado y los tratamientos, y los datos luego de la aplicación de los tratamientos y toma de flujos. (Anexo 13).

No existe un crecimiento importante en los individuos luego de 4 meses de fertilización; esto puede deberse a que a que en los 3 mese y medio se fertilizó con hojarasca, la misma que no tuvo un suficiente tiempo para ser descompuesta y procesada. (Gráfico 41)



**Gráfico 41.-** Comparación de Diámetros iniciales y finales

### 2.3. Relación Tamaño del tanque y emisión de CH<sub>4</sub>

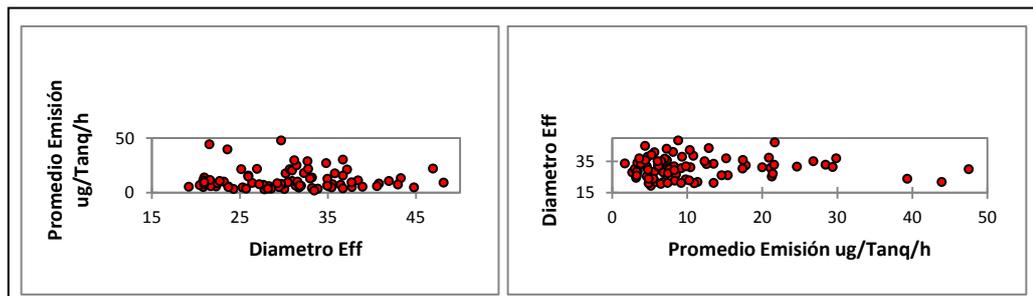
Para establecer si hay una relación entre la cantidad de emisión y el tamaño del tanque aplicamos una prueba de correlación Person utilizando el diámetro efectivo del tanque y el promedio de emisión de cada planta en  $\mu\text{g}/\text{Tan}/\text{h}$ . (Anexo 14)

El análisis de correlación nos dice que no hay una relación entre la cantidad de emisión y el tamaño del tanque.  $R=0,010$ . (Tabla 15)

XLSTAT 2008.7.03 - Pruebas de correlación - el 24/09/2011 a 7:33:28							
Tipo de correlación: Pearson							
Estadísticas descriptivas:							
Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
885.243.968.708.228	83	0	83	1,742	47,579	11,475	9,285
48,2	83	0	83	19,250	47,000	30,535	6,450
Matriz de correlación (Pearson):							
Variables	8524396870822	48,2					
885.243.968.708.228	<b>1</b>	0,010					
48,2	0,010	<b>1</b>					
<i>Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0,05</i>							

**Tabla 15.-** Análisis de correlación

En la Gráfico 42 observamos que no hay una relación entre el tamaño del tanque y la emisión.



**Gráfico 42.-** Prueba de Correlación Person

## 2.4. Data Logger

Los Data Loggers nos proporcionan información climática que nos ayuda a comprender el comportamiento de las emisiones en el transcurso del tiempo; en esta sección analizaremos los datos tomados en los tres sitios y los compararemos con el resultado de los flujos.

### 2. 4.1 Copalinga

Se colocaron dos Data Logger con fecha de inicio el 1 de Febrero del 2011, estuvieron colocados con cara hacia el Norte o el Sur, de esta manera evitamos que el sol pueda influenciar en la toma de datos.

En la siguiente tabla (Tabla 16) se muestra la temperatura promedio por mes, la temperatura máxima y la mínima; los mismos datos se obtuvieron para la humedad relativa. (Gráfico 43)

Mes	Promedio T	Máximo T	Mínimo T	Promedio H	Máximo H	Mínimo H
Febrero	23,0581639	28,7	19,81	85,2286148	103,6	59,3
Marzo	23,76	28,7	20,19	78,24257392	101,2	38,2
Abril	22,5158229	26,73	19,42	87,84909722	103	62,9
Mayo	22,4554925	24,4	20,95	90,24567164	101,5	69,6

**Tabla 16.-** Datos Promedios Data Logger Copalinga

#### 2.4.2 Cajanuma

Se colocaron dos Data Logger con fecha de inicio el 4 de enero del 2011, estuvieron colocados con cara hacia el Norte o el Sur, de esta manera evitamos que el sol pueda influenciar en la toma de datos.

En la siguiente tabla (Tabla 17) se muestra la temperatura promedio por mes, la temperatura máxima y la mínima; los mismos datos se obtuvieron para la humedad relativa. (Gráfico 44)

Mes	Promedio T	Máximo T	Mínimo T	Promedio H	Máximo H	Mínimo H
Enero	10,9107777	16,38	7,43	96,4508725	103,1	48,2
Febrero	11,1967671	17,14	7,43	97,6948661	103,7	61,7
Marzo	10,8781821	16,38	5,81	96,897211	103,4	63,7
Abril	11,2691597	24,4	8,23	98,7447917	103,7	54,9
Mayo	19,2506567	23,24	14,47	75,8722388	95,3	59,1

**Tabla 17.-** Promedios de temperatura y humedad Data Loggers Cajanuma

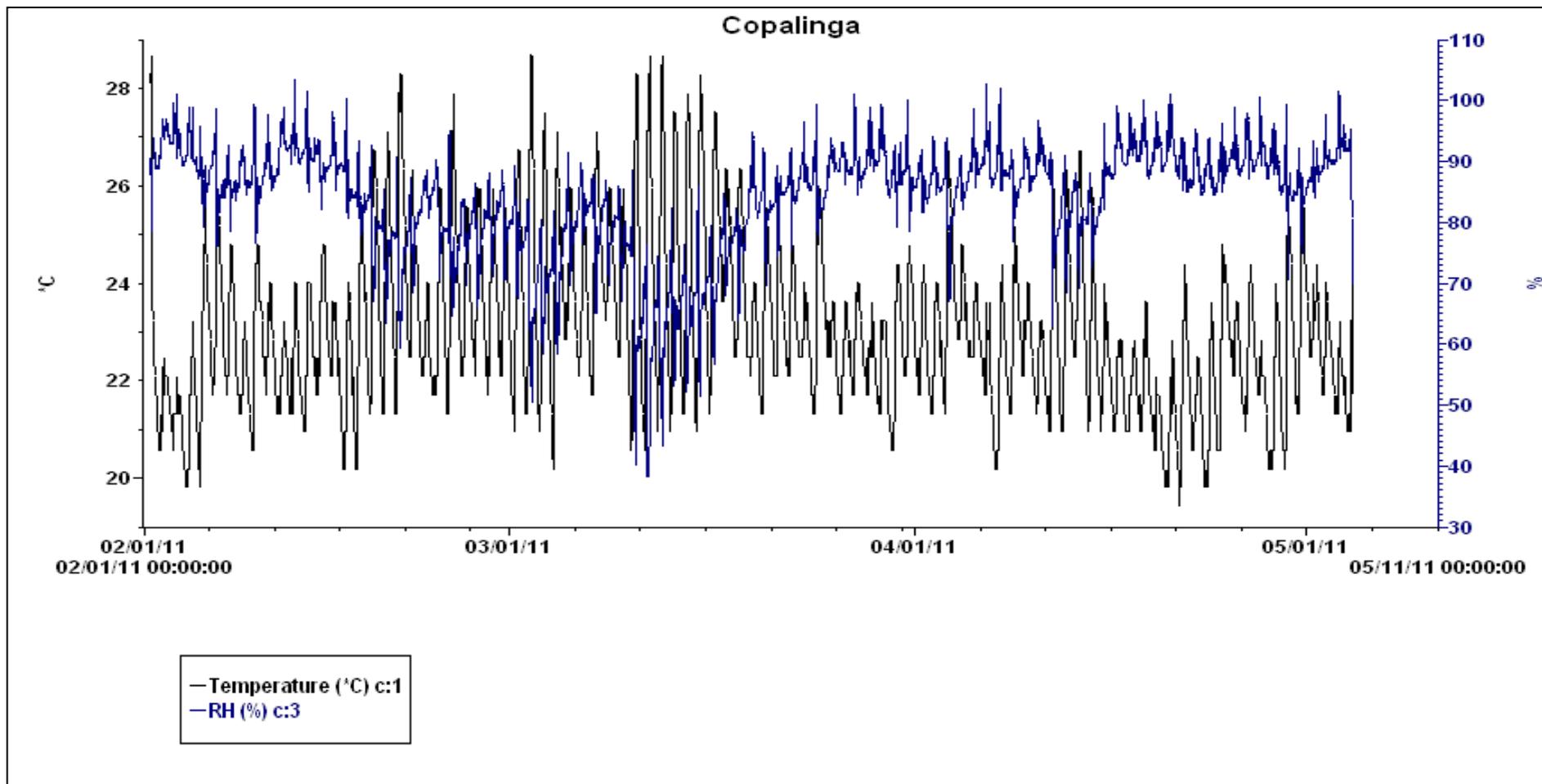


Gráfico 43.- Temperatura y Humedad durante 4 meses. Data Logger Copalinga - Bombuscaro

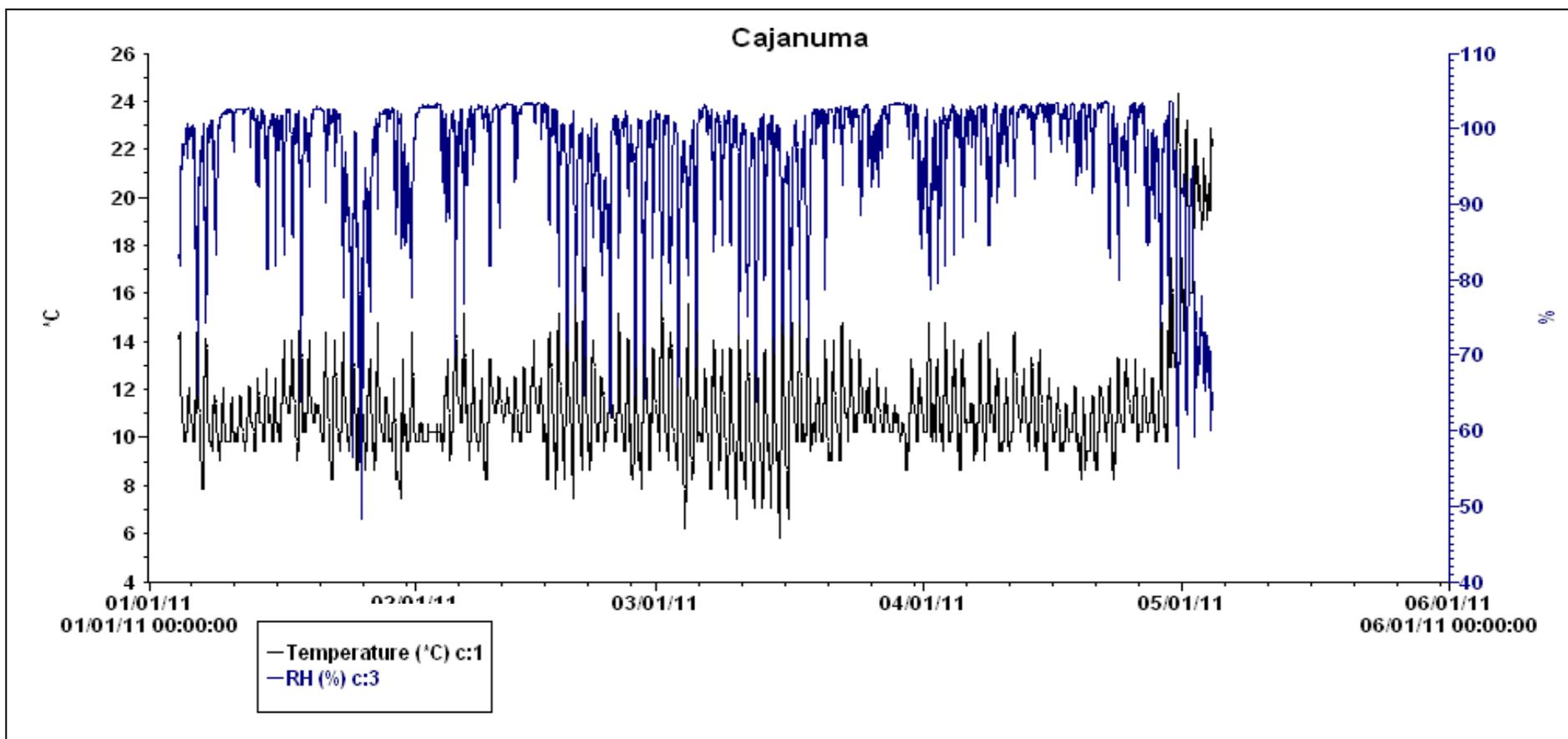


Gráfico 44.- Temperatura y Humedad durante 4 meses. Data Logger Cajanuma

### 2.4.3 ECSF (Estación Científica San Francisco)

Se colocaron dos Data Logger con fecha de inicio 10 de diciembre del 2010, estuvieron colocados con cara hacia el Norte o el Sur, de esta manera evitamos que el sol pueda influenciar en la toma de datos.

En la siguiente tabla (Tabla 18) se muestra la temperatura promedio por mes, la temperatura máxima y la mínima; los mismos datos se obtuvieron para la humedad relativa. (Gráfico 45)

Mes	Promedio T	Máximo T	Mínimo T	Promedio H	Máximo H	Mínimo H
Diciembre	16,5552992	28,31	9,82	86,7290058	103,7	30,7
Enero	16,1533972	25,95	9,82	91,3818212	103,7	45,7
Febrero	16,1610937	26,73	10,21	93,8065476	103,7	39,6
Mazo	16,6194758	27,12	8,63	87,2181788	103,7	30,7
Abril	15,6248438	25,95	10,6	97,7881597	103,7	48,8
Mayo	15,6089286	21,33	12,93	96,9761905	103,7	70,8

**Tabla 18.-** Promedios Temperatura Humedad Data Logger ECSF

El Flujo 4, que no tuvo significancia entre los lugares, se lo tomó en Copalinga el 3 de febrero del 2011, este día su temperatura promedio fue de 21,33° C; temperatura cercana al mínimo registrado ese mes. Ese día su temperatura máxima fue de 22,09° C y la mínima de 20,57° c. (Anexo 15) (Tabla 19)

03/02/2011		
Promedio	Max	Min
<b>21,33</b>	<b>22,09</b>	<b>20,57</b>

**Tabla 19.-** Promedios Temperatura el 3 de febrero del 2011

En comparación con los promedios mensuales, (Tabla 16), se trata de un día frío en la zona de Bombuscaro.

El mismo Flujo fue tomado en Cajanuma el 2 de febrero del 2011, este día la temperatura promedio fue de 10° C, su máxima de de 10,6° y su mínima de 9,82° C. (tabla 20).

Promedio	Max	Min
10,05721649	10,6	9,82

**Tabla 20.-** Promedios Temperatura el 2 de Febrero 2011- Cajanuma

En comparación con el promedio mensual de febrero en donde la máxima es de 17° C, es un día frío en la parte alta de Cajanuma. (Tabla 17).

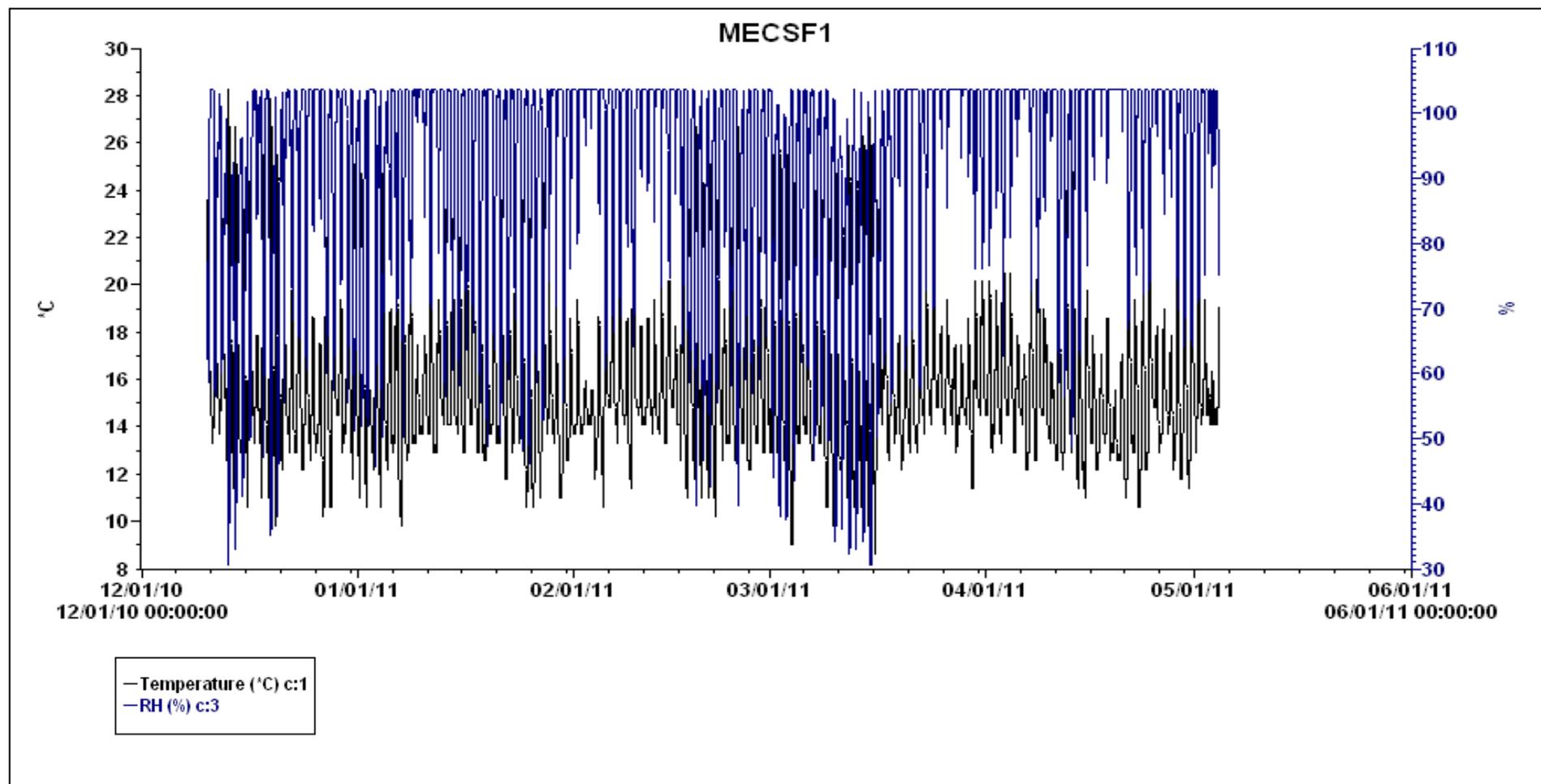


Gráfico 45.- Temperaturas y humedades- Data logger ECSF

En la ECSF el flujo 4 se tomó el 1 de febrero del 2011 este día la temperatura promedio fue de 15° c, la máxima de 19,5° c y la mínima de 13,7° c. (Anexo 17) (Tabla 21)

Promedio	Max	Min
15,07260417	19,42	13,7

**Tabla 21.-** Promedios de Temperatura el 1 de febrero del 2011 Data Logger ECSF

En comparación con las temperaturas de este mes, este día la temperatura es más baja que el promedio, por lo tanto también un día que va desde lo templado a lo frío. (Tabla 18).

El cambio de clima, que pasa a ser muy frío, puede explicar las bajas emisiones de metano en el Flujo.

Al igual que en el Flujo 4, el 5 tampoco tiene una diferencia significativa entre los lugares, por lo tanto aquí analizaremos las condiciones climáticas ese día de muestreo.

El Flujo 5 fue tomado en Cajanuma el 15 de febrero del 2011 y reporta una temperatura promedio de 11° C, una máxima de 15,5° C y una mínima de 9° C. (Anexo 18) (Tabla 22)

promedio	Max	Min
11,193125	12,55	9,82

**Tabla 22.-** Promedios de la Temperatura el 17/2/2011- Data logger Cajanuma

En comparación con el promedio mensual de Febrero es un día que está dentro del promedio. En ECSF el flujo fue tomado el 18 de febrero del 2011 y reporta una temperatura promedio de 17° C, un máximo de 26° C y un mínimo de 11° C. (Anexo 19) (Tabla 23).

Promedio	Max	Min
17,85114583	26,73	11,77

**Tabla 23.-** Promedios de la Temperatura el 18/2/11- Data logger ECSF

En comparación con el promedio mensual, este día está no se diferencia mucho al promedio.

En Copalinga Bombuscaro el flujo 5 fue tomado el 17 de Febrero del 2011. Y reporta un promedio de 23° C, un máximo de 25° C y un mínimo de 20° C (Anexo 20) (Tabla 24)

Promedio	Max	Min
22,89020833	25,56	20,19

**Tabla 24.-** Promedios de la Temperatura el 17/2/11- Data logger Copalinga

En comparación con el promedio el mes de febrero, este día no está fuera de lo normal.

La posible explicación para la no significancia en este flujo puede ser la falta de lluvia o por exceso de ella; cuando existe escases de agua en los tanques de bromelias hay estrés en las comunidades de metanògenos, por el contrario cuando hay exceso de agua, hay pérdida parte de las comunidades de metanògenos.

El día de la toma de la muestra en la ECSF (18/02/11) es un día que registra una de las más bajas humedades del mes, 39,6%M; este dato es el mínimo en todo el mes.

En Cajanuma, el día de la toma de la muestra, es un día muy húmedo registrando una mínima de 98%; la mínima mensual es de 61,7%

Los datos de humedad en Bombuscaro el día de la toma de la muestra están dentro del promedio mensual.

### CAPITULO 3

#### DISCUSIÓN

La descomposición de la materia orgánica, entre otras respuestas biológicas, incrementan con la temperatura y con las bajas altitudes; estas condiciones generan una respuesta en todos los procesos ecofisiológicos de la epífitas (Archibold 2005) incluyendo, en este caso, la emisión de metano que cambio considerablemente luego de los traslados a diferentes altitudes. Debemos recordar que las epífitas son un grupo ecológicamente heterogéneo con individuos que van de xerofitos en sitios expuestos al sol a higrófilos debajo del dosel de los bosques (Zotz 2009), de tal manera que las adaptaciones a nuevos sitios toman un tiempo que influenciará en sus actividades ecofisiológicas, pero este cambio es posible.

La fertilización con hojarasca tomo a la planta mucho tiempo para descomponer y hacerla más simple de asimilar; Para una planta que ha perdido su capacidad parásita y que tiene baja capacidad de atrapar y extraer nutrientes de la hojarasca y de otras partículas ricas en minerales (Benzing 1971) cuatro meses es muy poco tiempo para generar una respuesta en el metabolismo de la planta que lleve al incremento de las emisiones de flujos de metano.

Un de las razones que le impide a las bromelias un rápido proceso de descomposición es que cuando la hojarasca y animales muertos caen en el tanque demoran mucho tiempo en convertirse en soluciones de nutrientes (materia orgánica disuelta en agua), además hay que tomar en cuenta que estas soluciones están restringidas en estos breves intervalos donde las láminas epidérmicas de la bromelia entran en contacto con los nutrientes. (Benzing 1971)

Vale recordar que la mayor fuente de nutrientes en las epífitas es la atmósfera (Stewart et al. 1995; Clark et al. 1998, 2005; Tozer et al. 2005), por lo que su fisiología está más adaptada a capturar los nutrientes de esta fuente. Las epífitas también utilizan nutrientes de los árboles hospederos, directamente por lixiviación de sus hojas (Tukey 1970; Gauslaa 1985, 1995; Goward & Arsenault 2000; Hauck & Runge 2002), o indirectamente de la lenta descomposición de las hojas de los árboles hospederos que caen en los tanques. (Stewart et al. 1995; Hietz et al. 2002; Wania et al. 2002).

La respuesta inmediata a fertilizantes comerciales (Tratamiento 2) en las emisiones de metano, nos sugiere que estos pueden ser limitantes para epífitas vasculares (Zotz 2005; Zotz & Richtec 2006).

La mayoría de estudios relacionados a nutrientes en epífitas vasculares se enfoca básicamente en el nitrógeno como en el elemento más limitante para este grupo de plantas

(e.g. Stewart et al. 1995; Bergstrom & Tweedie 1998; Endres & Mercier 2003; Hietz & Wanek 2003). Pero ahora hay un incremento en la evidencia que sugiere una similar importancia en las limitaciones de P para este grupo de plantas. (e.g. Benzing & Renfrow 1974a,b; Zotz 1999, 2004).

Por ejemplo las bromelias tienen particularmente bajos niveles de N en sus tanques (Stuntz & Zotz 2001), lo que generó esta gran respuesta biológica (emisión alta de metano) cuando se le adicionó N en forma de urea a su almacenamiento de agua. La hojarasca no tiene grandes cantidades de N (Hietz et al. 1999) (Cardelús 2010).

El crecimiento que medimos en las plantas luego de 4 meses de experimento no fue significativo esto se debe a que normalmente estas especies tienen un bajo crecimiento, incluso comparadas con especies maderables de bajo crecimiento, (Grime & Hunt 1975; Poorter 1999). Las epífitas vasculares en general son un grupo con un crecimiento lento extremo (Schmidt & Zotz 2002).

Las Bromelias son plantas con alta vulnerabilidad a cambios en la temperatura y disponibilidad de agua en el ambiente. (Gentry and Dodson 1987). Cuando suceden estos cambios, una cascada de respuestas biológicas aparecen; primeramente el metabolismo de la planta se verá afectado lo que ha llevado, en este caso, a bajas emisiones en los flujos 4 y 5, los mismos que no fueron significativos entre los lugares.

*Tillandsia complanata*, es una especie que cuenta con la arquitectura ideal para almacenar comunidades de metanógenos; sin importar el tamaño de la planta esta puede emitir cualquier cantidad de flujo; nosotros consideramos que no hay una relación entre su tamaño y la emisión a pesar que Martinson (2010) encontró diferencias significativas entre sus tres tipos funcionales de bromelias y sus relaciones exponenciales con las emisiones de metano.

Es evidente que las bromelias contribuyen sustancialmente a las emisiones de CH<sub>4</sub> desde los bosques neotropicales. Además las bromelias constituyen un grupo de plantas con mecanismos ecofisiológicos interesantes, algunos de estos aún desconocidos, por ejemplo la manera en como emiten metano desde el tanque hasta la atmósfera. Temas que deberán ser estudiados en el futuro no muy lejano.

## CONCLUSIONES

En la primera fase del experimento (Tratamiento 1), la fertilización no fue lo suficientemente fuerte, o el tiempo fue determinante en la descomposición y asimilación de los nutrientes que aporta la hojarasca.

El tratamiento 1 inició en enero del 2011 y hasta el término, trascurrieron 4 meses en los cuales las plantas no generaron respuestas a la fertilización; se pudo observar que en el Flujo 6 (último flujo del tratamiento 1) hubo una diferencia significativa entre los tratamientos; esto nos indica que pudo haber empezado un proceso de degradación de la materia orgánica dentro del tanque y una respectiva asimilación de nutrientes lo que generó una respuesta en el flujo de metano.

Desde el traslado de los individuos a sus respectivos sitios, las plantas mostraron una respuesta inmediata al cambio de temperatura y altitud, eso se pudo apreciar desde el flujo 2 (15 días de adaptación al nuevo medio). En los flujos 4 y 5 se sigue con la tendencia de una diferencia de flujos de metano entre los sitios (Bombuscaro con mayor cantidad de emisiones) a pesar que no hay significancia entre los lugares; este cambio se debe a pequeñas variantes climáticas en al menos un sitio de estudio.

La sequía y el exceso de lluvias provocan estrés en las comunidades de metanógenos; en la última incluso hay una pérdida de parte de la población de metanógenos por el ingreso de agua que oxigena el tanque.

La fase dos (Tratamiento 2) del experimento fue concluyente en las respuestas a la fertilización; el N tiene una mayor respuesta en la emisión de  $\text{CH}_4$ , lo que podría significar que el N es un elemento limitante en este bosque húmedo.

Por otro lado los demás tratamientos también generaron una mejor emisión del flujo de metano a excepción del grupo de micronutrientes (Mix), en donde la respuesta continuó como las anteriores.

En cuanto al crecimiento de las plantas, luego de comparar sus diámetros medidos al inicio y la final de experimento, no hay una diferencia significativa a pesar de si existe un pequeño incremento en las medidas; este incremento no se debe a la fertilización, sino más bien a un crecimiento natural.

En cuanto a la relación Tamaño del Tanque y emisión de metano, mediante una prueba de correlación determinamos que no hay ninguna relación entre la emisión y el tamaño de la bromelia.

## BIBLIOGRAFIA

- BECK E.; BENDIX J. KOTTKE I.; MAKESCHI F.; MONSAD R. (eds). Gradients in a tropical mountain Ecosystem in Ecuador. Ecological Studies vol. 198. 2007. P 25-38.
- BENNER Jon W.; CONROY S.; LUNCK C.; TODOYA N. AND VITOUSEK M. Phosphorus Fertilization Increases the abundance and nitrogenous activity of the Cyanolichen *Pseudocyphellaria crocata* in Hawaiian Montane Forest. Department of Biological Sciences, Stanford University, Stanford, USA. *Biotropica* 39(39). 2007. P 400-405
- BENNER W.; VITOUSEK M. Development of a diverse Epiphyte community in response to phosphorus fertilization. Department of Biological Sciences, Stanford University, Stanford, CA. USA. Ecology letters Vol. 10. DOI: 10.1111/j 1461-0248.2007.01054. 2007. 628-636
- BENZING D.H. An investigation of two Bromeliad Myrmecophytes: *Tillandsia butzii* Mez, *T. caput-medusae* E. Morren and their ants. Bull. Torrey Bot. Club vol. 97. 1970. P 109- 115.
- BENZING D.H. AND RENFROW A. The Biology of the atmospheric Bromeliad *Tillandsia circinata* Schlecht. I. The nutrient status of populations in South Florida. Amer. J. Bot. vol. 58. 1971. P 867 – 873.
- BENZING D.H. and A. RENFROW. The significance of photosynthetic efficiency to habitat preference and phylogeny among tillandsioid bromeliads. 1971. Bot. Gaz. Vol. 132. P 19-30
- BENZING D.H. AND RENFROW A. The mineral nutrition of Bromelaceae. Oberlin College, Oberlin Ohio 44074. Botanical Gazette vol. 135(4). [www.jstor.org/stable/2474221](http://www.jstor.org/stable/2474221). 1974. P 281.288.
- BENZING D.H. Vascular Epiphytes. General Biology and Related Biota. Cambridge University Press, Cambridge. 1990. P 354.
- BENZING D. Bromeliacea: Profile of an Adaptive Radiation. Cambridge University press. ISBN 0 521 43031 3. 2000.
- BERMUDEZ D. and BENZING D. Nitrogen fixation in Association with Ecuadorean Bromeliads. Journal of Tropical Ecology Vol. 7. 1991. P 531-536.
- BUCHWITZ M.; SCHNEISING O.; REUTER M.; BOVENSMANN H.; BORROWS J. Green House Gases from SCIAMACHY/ENVISAT NADIR observations: CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> during 2003- 2005. Institute of Environmental Physics (IUP) University of Bremen. Otto Hahn Allee 1, 28334 Bremen Germany. [www.iup.uni-bremen.de](http://www.iup.uni-bremen.de). 2007.
- BURROWS J.P.; BLYTH E.; BUCHWITZ M. and SCHNEISING O. Methane from Boreal Wetlands some issues. Centre for Ecology and Hydrology, Wallingford, Oxfordshire U.K. Institute of Environmental Physics (IUP); University of Bremen FB1 Bremen Germany. Integrate Science for our Changing World [www.ceh.ac.uk](http://www.ceh.ac.uk) (s.a). P 15-16, 18
- BUTENHOFF C. and KHALIL M. Global Methane emissions from Terrestrial plants. America Chemical Society. Environmental Science and Technology Vol. 42 (11). DOI: 10.1021/es062404i. Publication date (web) 25 de Abril 2007. [www.pubs.acs.org](http://www.pubs.acs.org). 2007. P 4032-4037.
- CARDELÚS L. and MARK M. The Nutrient status os Epiphytes and their Host trees along an Elevational gradient in Costa Rica. Plant Ecology Vol. 207. DOI: 10.1007/s11258-009-9651. 2009. P 25-37.
- CARDELÚS, C.L. Litter decomposition in the canopy and on the forest floor of three tree species in a tropical rainforest, Costa Rica. Biotropica. Vol. 42 (3). 2010. P 300-308.
- CARMO J.; KELLER M.; DIAS J.; CAMARGO P. AND CRILL P. A source of methane from upland forests in the Brazilian Amazon. Geophysical Research Letters Vol. 33(4): doi: 10.1029/2005GL025436. issn: 0094-8276. 2006

- CLARK K.; NADKARNI N.; SCHAEFER D. and GHOLZ H. Atmospheric deposition and net retention of ions by the canopy in a tropical montane forest, Monteverde, Costa Rica. *J. Trop. Ecol.* Vol. 4. 1998. P 27–45.
- CLARK K.L.; NADKARNI N.M. and GHOLZ H.L. Retention of inorganic nitrogen by epiphytic bryophytes in a tropical montane forest. *Biotropica*. Vol. 37. 2005. P. 328–336
- CHRISTOPHER, L. BUTERHOFF. and M. ASLAM KHAN KHALIL. Global Methane emissions from terrestrial plants. Department of Physics, Portland State University. From [Http://pubs.acs.org](http://pubs.acs.org) en Abril del 2007.
- CISNEROS et al 2004. In: *ECOLAP y MAE. Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador*. ECOFUND, FAN, DarwinNet, IGM. 20017. Quito, Ecuador
- CONRAD R. Control of Methane production in terrestrial Ecosystems. In: “Exchange of Trace gases between Terrestrial Ecosystems and Atmosphere. Dahlem Konferenzen”. (M.O. Andreae and D.S. Schimel, eds.), p 39-58, Wiley, Chichester, UK.
- CONRAD R. Microbial Ecology of Methanogens and Methanotrophs. Max Planck Institute for Terrestrial Microbiology. 35043 Marburg Alemania. *Advances in Agronomy* Vol. 96. ISSN0065- 2113. DOI: 10.1016/50065-2113. 2007. P 2-30
- CRUTZEN P.J.; SANHUEZA E. and BRENNINKMEIJER C.A.M. Methane Production from Mixed Tropical Savanna and Forest Vegetation in Venezuela. *Atmospheric, Chemistry and physics Discussions* Vol. 6. [www.atmos-chem-phys-discuss.net/6/3093](http://www.atmos-chem-phys-discuss.net/6/3093). 2006. P 3093-3097.
- COXSON D. and NADKARNI N.M. Ecological roles of Epiphytes in nutrient cycles of forest ecosystems. 1995. P 495-543 in: LOWMAN M.L. & NADKARNI N.M. (eds). *Forest Canopies* Academic Press. San Diego, California
- ENDRES L.; AND H. MERCIER. Amino acid uptake and profile in bromeliads with different habitats cultivated in vitro. *Plant Physiology and Biochemistry* Vol. 41. 2003. P. 181–187
- FERRETTI D.F.; MILLER J.B.; WHITE J.W.C.; ETHERIDGE D.M.; LSSSEY K.R., LOWE D.C., MACFARLING C.M.; DREIER M.F.; TRUDINGER C.M.; OMMEN VAN T.D.; LANGENFEIDS R.L. Unexpected Changes to the Global Methane Budget over the past 2000 years. *Science* vol. 309. DOI: 10.1126/science 111593. 2005. P 1714-1717
- FRANKENBERG. C.; MEIRINK. J. F.; WEELE van M.; PLATT. U.; AND WAGNER. T. Assessing Methane Emissions from Space- Borne Observations. *Science*, vol 308. [www.sciencemaq.org](http://www.sciencemaq.org) 2005. p 1010- 1014.
- FRANKENBERG. C.; MEIRINK. J. F.; BERGAMASCHI. P.; GOEDE. A. P.H.; HEIMANN. M.; KÖRNER. S.; PLATT. U.; .WEELE van M.; AND WAGNER. T. Satellite Cartography of Atmospheric Methane from SCIAMACHY on board ENVISAT: Analysis of the years 2003 and 2004. *Geophysics*. 2006. P 111, D07303 DOI: 10.1029/2005 JD006235.
- FORSTER, P., RAMASWAMY, V., ARTAXO, P., BERNTSEN, T., BETTS, R., FAHEY, D. W., HAYWOOD, J., LEAN, J., LOWE, D. C., MYHRE, G., NGANGA, J., PRINN, R., RAGA, G., SCHULZ, M., AND VAN DORLAND, R. Radiative Forcing of Climate Change, in *Climate Change. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, edited by S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, and H. L. Miller. P. 129–234, Cambridge Univ. Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007.
- GAUSLAA Y. The ecology of Lobarion-pulmonariae and Parmelion-caperaatae in Quercus dominated forests in southwest Norway. *Lichenologist*. Vol. 17. P 117–140. 1985
- GAUSLAA Y. The Lobarion, an epiphytic community of ancient forests threatened by acid rain. *Lichenologist*. Vol. 27. P 59–76. 1995.
- GENTRY A. H. and DODSON C. H. Diversity and biogeography of neotropical vascular epiphytes. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. Vol. 74. 1987. P 205-233.
- GILMARTIN A. J. *The Bromeliaceae Of Ecuador*; Strauss and Cramer, Leutershausen 1972. Soft bound 255 pages 104 plates.

- GRANADOS SANCHEZ D.; LOPEZ- RÍOS G. F.; HERNÁNDEZ – GARCÍA M.A.; SANCHEZ-GONZÁLES A. Ecología de las plantas Epifitas. Universidad Autónoma Chapingo. México *Revista Chapingo: serie Ciencias Forestales y del Ambiente. Vol. 9(2). 2003. P 101-113.*
- GOWARD T. and ARSENAULT A. Cyanolichen distribution in young unmanaged forests: a dripzone effect? *Bryologist. Vol. 10. P 28–37. 2000*
- GRIME J.P. AND HUNT R. Relative grow rate: its range and adaptive significance in a local Flora. *Journal of Ecology. Vol. 63. 1975. P 393- 422*
- HAUCK M.; and RUNGE M. Stemflow chemistry and epiphytic lichen diversity in dieback-affected spruce forest of the Harz Mountains, Germany. *Flora. Vol. 197. P 250–261. 2002.*
- HIETZ P.; WANEK W.; POOP M. Stable isotopic composition of carbon and nitrogen and nitrogen content in vascular epiphytes in along altitudinal transect. *Plant cell Environ. Vol. 22. 1999. P 1435-1443*
- HIETZ P.; WANEK W. Size-dependent variation of carbon and nitrogen isotope abundances in epiphytic bromeliads. *Plant Biology. Vol.5. 2003. P 137-142.*
- HÖLSCHER D.; KÖHLER L.; VAN DIJK A.I.J.M. and BRUIJNZEEL L.A. The importance of Epiphytes to total rainfall interception by a tropical montane rain forest in Costa Rica. *Journal of Hydrology vol. 292. 2004. P 308- 322.*
- ISAZA C.; BETANCUR J. Y ESTÉVEZ-VARÓN J. V. Vertical distribution of bromeliads in a montane forest in the eastern cordillera of the Colombian Andes. *Selbyana. Vol. 25. P 126-137. 2004.*
- KEPPLER, F.; HAMILTON J.T.G.; BRAB. M.; AND RÓCKMANN.T. Methane Emissions from Terrestrial Plants under Aerobic Conditions. *Nature Vol. 439. DOI: 10.1038/nature 04420. 2006. p 187-191*
- KRESS W.J. The systematic distribution of vascular epiphytes: an update. *Selbyana Vol. 9. 1986. P 2.22.*
- MARTINSON G.; WERNER F.A.; SCHERBER C.; CONRAD R.; CORRE M.; FIESSA H.; WOLF K.; KLOSE M.; GRADSTEIN R.; VELDKAM E. Methane emissions from tanks Bromelias in Neotropical Forest. *Nature Geoscience letters. DOI: 10.1038/ngeo980. 2010.*
- NISBET R.E.R; FISHER R.; HIMMO R.H.; BENDALL D.S; CRILL P.M.; GALLEGO- SALA A.V.; HORNIBROOK E.R.C.; LOPEZ-JUEZ E.; LOWRY D.; NISBET R.B.R.; SHUCKBURGH E.F.; SRISKANTHARAJAH S.; HOWE C.J. and NISBET E.G. Emission of Methane from plants. *Proceedings of the Royal Society Biological Sciences vol. 276. DOI: 10.1098/rspd2008.1731. 2009. P 1347-1354.*
- POORTER, L. Growth responses of fifteen rain forest tree species to a light gradient : the relative importance of morphological and physiological traits *Functional Ecology. Vol. 13. 1999. ISSN 0269-8463 - p. 396 - 410.*
- RICHTER M. Using epiphytes and soil temperature for eco-climatic interpretations in south Ecuador. *Erdkunde vol. 57. 2003. P 161–181*
- RICHTER M. Tropical mountain forests - distribution and general features. 2008. In: Gradstein, S. Robbert; Homeier, Jürgen; Gansert, Dirk (eds.): *The tropical mountain forest - Patterns and processes in a biodiversity hotspot (Biodiversity and Ecology Series 2), Universitätsverlag Göttingen, 1-18.*
- SCHMIDT G. and ZOTZ G. Inherently slow growth in two Caribbean epiphyte species – a demographic approach. *Journal of Vegetation Science. Vol. 13. 2002. P 527–534.*
- SIERRA 1999. In: BECK E.; BENDIX J. KOTTKE I.; MAKESCHI F.; MONSAD R. (eds). *Gradients in a tropical mountain Ecosystem in Ecuador. Ecological Studies Vol. 198. 2007. P 25-38.*

- STEWART G.R.; SCHMIDTS.; HANDLEY L.L.; TURNBULL M.H.; ERSKINE P.D. & JOLY C.A. N- 15 Natural Abundance of Vascular rainforest Epiphytes- Implications for nitrogen source and acquisition. *Plant Cell Environ* vol. 18. 1995. P 85-90.
- STUNTZ S.; ZOTZ G. Photosynthesis in vascular epiphytes—a survey of 27 species of diverse taxonomic origin. *Flora* Vol. 196. 2001. P 132–141.
- TOZER W.C.; HACKELL D.; MIERS D.B. and SILVESTER W.B. Extreme isotopic depletion of nitrogen in New Zealand lithophytes and epiphytes; the result of diffusive uptake of atmospheric ammonia? *Oecologia*. 2005. DOI 10.1007/s00442-005-0098-0.
- TUKEY H. Leaching of substances from plants. *Ann. Rev. Plant Physio*. Vol. 21. P 305–324. 1970.
- VENEKLAAS E.J.; ZAGT R.J.; VAN LEERDAM A.; VANEK R.; BROEKHOVEN A.J. & VAN GENDEREN M. Hydrological properties of the Epiphyte mass of a montane tropical rain forest, Colombia *Vegetation* vol. 89. 1990. P 183-192
- VITOUSEK M.; PORDER S.; HOULTON B. and CHAPWICK O. Terrestrial Phosphorus Limitations: Mechanisms, Implications, and nitrogen- phosphorus Interactions. *Ecological Society of America. Ecological Applications* Vol. 20(1). 2010. P 5-15.
- WANIA R.; HIETZ P. and WANEK W. Natural 15 N abundance of epiphytes depends on the position within the forest canopy: source signals and isotope fractionation. *Plant Cell Environ*. Vol. 25. P 581–589. 2002.
- YAVITT J.B. Cryptic Wetlands. *Biogeochemistry. News and Views*. [www.nature.com/naturegeoscience](http://www.nature.com/naturegeoscience). 2010.
- ZACH A. Carbon Release from Woody parts of trees along an elevation gradient in a Tropical Montane Moist Forest of Southern Ecuador. Centre for Ecology and Ecosystem Research Gottingen Germany. 2008.
- ZOTZ GERHARD AND VERA THOMAS. How much Water is in the Tank? Model Calculations for two Epiphytes Bromeliads. *Annals Botany* vol. 85.

## ANEXOS

### Anexo 1 : *Tillandsia complanata*

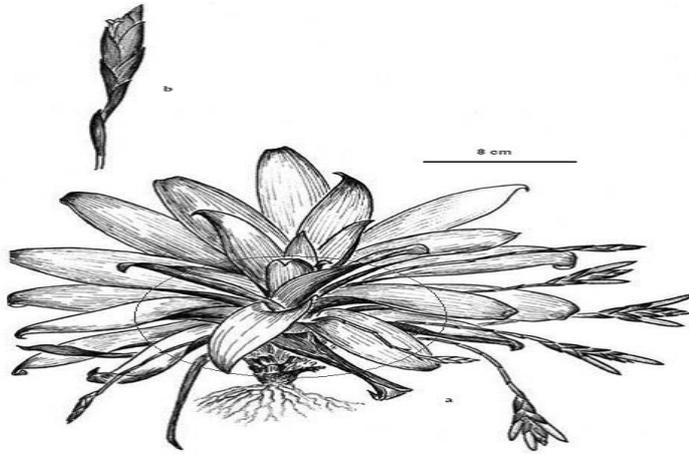


Fig. 10. *Tillandsia complanata*. a. Hábito con inflorescencias. b. Espiga (dibujo de Bruno Manara).

### Anexo 2: Mesas de Trabajo



### Anexo 3: mesas de trabajo Tratamiento 2



Anexo 4: Cromatógrafo de Gases



## Anexo 5: Flujo 1

	Tratamiento 1	Lugar	Flujo 1 ug/tan/h
	Te	caj	25,0074703
2	Te	caj	2,629
3	Te	caj	3,140
4	Te	caj	2,859
5	Te	caj	3,725
6	Te	caj	-2,772
7	Te	caj	6,051
8	Te	caj	5,298
9	Te	caj	-2,772
10	Te	caj	5,834
11	Te	caj	-2,772
12	Te	caj	5,028
13	Te	caj	4,542
14	Te	caj	4,016
15	Te	Bomb	5,719
16	Te	Bomb	2,655
17	Te	Bomb	-2,772
18	Te	Bomb	2,875
19	Te	Bomb	6,136
20	Te	Bomb	6,003
21	Te	Bomb	3,356
22	Te	Bomb	4,634

23	Te	Bomb	3,038
24	Te	Bomb	3,155
25	Te	Bomb	-2,772
26	Te	Bomb	3,896
27	Te	Bomb	-2,772
28	Te	Bomb	-2,772
29	Te	ECSF	-2,772
30	Te	ECSF	4,427
31	Te	ECSF	2,917
32	Te	ECSF	4,509
33	Te	ECSF	4,104
34	Te	ECSF	-2,772
35	Te	ECSF	4,208
36	Te	ECSF	2,599
37	Te	ECSF	3,761
38	Te	ECSF	4,952
39	Te	ECSF	3,820
40	Te	ECSF	-2,772
41	Te	ECSF	-2,772
42	Te	ECSF	-2,772
43	HC+	caj	-2,772
44	HC+	caj	-2,772
45	HC+	caj	3,647

46	HC+	caj	3,953
47	HC+	caj	-2,772
48	HC+	caj	3,549
49	HC+	caj	-2,772
50	HC+	Bomb	-2,772
51	HC+	Bomb	8,139
52	HC+	Bomb	4,143
53	HC+	Bomb	4,467
54	HC+	Bomb	4,009
55	HC+	Bomb	4,129
56	HC+	ECSF	2,646
57	HC+	ECSF	5,696
58	HC+	ECSF	4,700
59	HC+	ECSF	-2,772
60	HC+	ECSF	-2,772
61	HC+	ECSF	4,737
62	HC+	ECSF	-2,772
63	HC-	caj	3,010
64	HC-	caj	-2,772
65	HC-	caj	-2,772
66	HC-	caj	-2,772
67	HC-	caj	6,222
68	HC-	caj	3,546

69	HC-	caj	5,063
70	HC-	Bomb	-2,772
71	HC-	Bomb	6,041
72	HC-	Bomb	3,977
73	HC-	Bomb	5,558
74	HC-	Bomb	4,859
75	HC-	Bomb	5,510
76	HC-	Bomb	2,967
77	HC-	Bomb	4,353
78	HC-	ECSF	2,795
79	HC-	ECSF	3,730
80	HC-	ECSF	2,105
81	HC-	ECSF	-2,772
82	HC-	ECSF	-2,772
83	HC-	ECSF	2,977
84	HC-	ECSF	3,045

Anexo 6: Flujo 2

	Tratamiento 1	Lugar	Flujo 2
1	Te	Caj	2,23388855
2	Te	caj	2,755
3	Te	caj	1,213
4	Te	caj	1,715
5	Te	caj	3,431

6	Te	caj	3,847
7	Te	caj	6,345
8	Te	caj	7,114
9	Te	caj	0,209
10	Te	caj	3,821
11	Te	caj	-1,994
12	Te	caj	3,368
13	Te	caj	1,863
14	Te	caj	1,286
15	Te	Bomb	4,979
16	Te	Bomb	3,126
17	Te	Bomb	4,295
18	Te	Bomb	4,133
19	Te	Bomb	6,582
20	Te	Bomb	4,663
21	Te	Bomb	3,664
22	Te	Bomb	8,175
23	Te	Bomb	4,065
24	Te	Bomb	3,042
25	Te	Bomb	2,316
26	Te	Bomb	3,478
27	Te	Bomb	3,464
28	Te	Bomb	1,361
29	Te	ECSF	-1,994
30	Te	ECSF	5,270

31	Te	ECSF	2,406
32	Te	ECSF	5,454
33	Te	ECSF	5,902
34	Te	ECSF	1,787
35	Te	ECSF	4,523
36	Te	ECSF	-1,994
37	Te	ECSF	-1,994
38	Te	ECSF	3,461
39	Te	ECSF	3,499
40	Te	ECSF	3,944
41	Te	ECSF	0,798
42	Te	ECSF	3,331
43	HC+	caj	1,323
44	HC+	caj	0,888
45	HC+	caj	0,923
46	HC+	caj	1,481
47	HC+	caj	2,895
48	HC+	caj	0,977
49	HC+	caj	2,955
50	HC+	Bomb	3,032
51	HC+	Bomb	7,854
52	HC+	Bomb	6,381
53	HC+	Bomb	2,662
54	HC+	Bomb	6,133
55	HC+	Bomb	6,730

56	HC+	ECSF	-1,994
57	HC+	ECSF	3,941
58	HC+	ECSF	-1,994
59	HC+	ECSF	2,038
60	HC+	ECSF	2,492
61	HC+	ECSF	1,385
62	HC+	ECSF	1,119
63	HC-	Caj	2,808
64	HC-	Caj	2,666
65	HC-	Caj	1,838
66	HC-	Caj	3,221
67	HC-	Caj	7,073
68	HC-	Caj	3,252
69	HC-	Caj	4,995
70	HC-	Bomb	2,033
71	HC-	Bomb	2,327
72	HC-	Bomb	2,879
73	HC-	Bomb	5,737
74	HC-	Bomb	7,042
75	HC-	Bomb	3,587
76	HC-	Bomb	1,242
77	HC-	Bomb	4,653
78	HC-	ECSF	-1,994
79	HC-	ECSF	2,978
80	HC-	ECSF	1,768

81	HC-	ECSF	3,380
82	HC-	ECSF	3,005
83	HC-	ECSF	4,277
84	HC-	ECSF	-1,994

Anexo 7: Flujo 3

	Tratamiento 1	Lugar	Flujo 3
1	Te	caj	0,01
2	Te	caj	3,095
3	Te	caj	3,025
4	Te	caj	-2,285
5	Te	caj	5,289
6	Te	caj	2,893
7	Te	caj	3,289
8	Te	caj	-2,285
9	Te	caj	1,847
10	Te	caj	6,452
11	Te	caj	7,168
12	Te	caj	5,231
13	Te	caj	-2,285
14	Te	caj	-2,285
15	Te	Bomb	2,129
16	Te	Bomb	2,576
17	Te	Bomb	2,880

18	Te	Bomb	2,191
19	Te	Bomb	3,922
20	Te	Bomb	6,748
21	Te	Bomb	2,204
22	Te	Bomb	3,027
23	Te	Bomb	2,920
24	Te	Bomb	3,903
25	Te	Bomb	3,521
26	Te	Bomb	2,693
27	Te	Bomb	1,636
28	Te	Bomb	2,785
29	Te	ECSF	1,432
30	Te	ECSF	2,043
31	Te	ECSF	3,392
32	Te	ECSF	4,525
33	Te	ECSF	4,693
34	Te	ECSF	-2,285
35	Te	ECSF	5,175
36	Te	ECSF	3,184
37	Te	ECSF	3,220
38	Te	ECSF	-2,285
39	Te	ECSF	4,139
40	Te	ECSF	1,723
41	Te	ECSF	1,956
42	Te	ECSF	-2,285

43	HC+	Caj	-2,285
44	HC+	Caj	-2,285
45	HC+	Caj	2,733
46	HC+	Caj	-2,285
47	HC+	Caj	3,256
48	HC+	Caj	1,315
49	HC+	Caj	-2,285
50	HC+	Bomb	2,464
51	HC+	Bomb	4,395
52	HC+	Bomb	5,405
53	HC+	Bomb	4,109
54	HC+	Bomb	0,233
55	HC+	Bomb	2,195
56	HC+	ECSF	4,730
57	HC+	ECSF	5,085
58	HC+	ECSF	3,676
59	HC+	ECSF	-2,285
60	HC+	ECSF	3,634
61	HC+	ECSF	4,517
62	HC+	ECSF	-2,285
63	HC-	caj	2,974
64	HC-	caj	-2,285
65	HC-	caj	2,889
66	HC-	caj	2,753
67	HC-	caj	4,498

68	HC-	caj	-2,285
69	HC-	caj	-2,285
70	HC-	Bomb	5,146
71	HC-	Bomb	0,470
72	HC-	Bomb	1,289
73	HC-	Bomb	1,354
74	HC-	Bomb	0,684
75	HC-	Bomb	1,996
76	HC-	Bomb	3,519
77	HC-	Bomb	6,318
78	HC-	ECSF	-0,778
79	HC-	ECSF	0,444
80	HC-	ECSF	2,861
81	HC-	ECSF	3,232
82	HC-	ECSF	6,006
83	HC-	ECSF	5,117
84	HC-	ECSF	0,196

5	Te	caj	2,064
6	Te	caj	2,113
7	Te	caj	3,139
8	Te	caj	4,259
9	Te	caj	-2,642
10	Te	caj	3,890
11	Te	caj	1,305
12	Te	caj	2,972
13	Te	caj	1,838
14	Te	caj	3,442
15	Te	Bomb	3,629
16	Te	Bomb	1,146
17	Te	Bomb	2,310
18	Te	Bomb	1,710
19	Te	Bomb	3,061
20	Te	Bomb	3,814
21	Te	Bomb	1,519
22	Te	Bomb	5,978
23	Te	Bomb	3,235
24	Te	Bomb	2,231
25	Te	Bomb	2,183
26	Te	Bomb	2,664
27	Te	Bomb	1,541
28	Te	Bomb	1,395
29	Te	ECSF	1,427

Anexo 8: Flujo 4

	Tratamiento 1	Lugar	Flujo 4
1	Te	caj	14,9646277
2	Te	caj	2,197
3	Te	caj	2,054
4	Te	caj	2,097

30	Te	ECSF	1,986
31	Te	ECSF	2,200
32	Te	ECSF	3,803
33	Te	ECSF	4,099
34	Te	ECSF	1,767
35	Te	ECSF	4,590
36	Te	ECSF	1,831
37	Te	ECSF	2,730
38	Te	ECSF	2,790
39	Te	ECSF	2,554
40	Te	ECSF	2,729
41	Te	ECSF	1,179
42	Te	ECSF	1,719
43	HC+	caj	1,233
44	HC+	caj	1,858
45	HC+	caj	1,080
46	HC+	caj	2,529
47	HC+	caj	1,988
48	HC+	caj	1,185
49	HC+	caj	3,767
50	HC+	Bomb	2,657
51	HC+	Bomb	5,985
52	HC+	Bomb	6,253
53	HC+	Bomb	3,996
54	HC+	Bomb	5,367

55	HC+	Bomb	6,015
56	HC+	ECSF	1,900
57	HC+	ECSF	6,872
58	HC+	ECSF	4,913
59	HC+	ECSF	3,314
60	HC+	ECSF	1,599
61	HC+	ECSF	2,432
62	HC+	ECSF	1,538
63	HC-	caj	2,808
64	HC-	caj	2,886
65	HC-	caj	2,631
66	HC-	caj	2,507
67	HC-	caj	3,732
68	HC-	caj	2,940
69	HC-	caj	4,200
70	HC-	Bomb	3,217
71	HC-	Bomb	3,639
72	HC-	Bomb	2,376
73	HC-	Bomb	5,650
74	HC-	Bomb	4,687
75	HC-	Bomb	3,856
76	HC-	Bomb	1,668
77	HC-	Bomb	3,188
78	HC-	ECSF	2,713
79	HC-	ECSF	1,102

80	HC-	ECSF	1,899
81	HC-	ECSF	2,379
82	HC-	ECSF	3,590
83	HC-	ECSF	3,019
84	HC-	ECSF	2,055

Anexo 9: Flujo 5

	Tratamiento 1	lugar	Flujo 5
1	Te	caj	6,44104888
2	Te	Caj	0,938
3	Te	Caj	1,148
4	Te	Caj	1,142
5	Te	Caj	1,222
6	Te	Caj	1,040
7	Te	Caj	1,195
8	Te	Caj	1,536
9	Te	Caj	1,113
10	Te	Caj	1,513
11	Te	Caj	1,104
12	Te	Caj	1,167
13	Te	Caj	1,235
14	Te	Caj	1,202
15	Te	Bomb	1,086
16	Te	Bomb	0,724

17	Te	Bomb	1,310
18	Te	Bomb	1,224
19	Te	Bomb	1,496
20	Te	Bomb	1,647
21	Te	Bomb	1,391
22	Te	Bomb	1,581
23	Te	Bomb	1,479
24	Te	Bomb	1,126
25	Te	Bomb	0,604
26	Te	Bomb	1,281
27	Te	Bomb	1,241
28	Te	Bomb	1,341
29	Te	ECSF	1,060
30	Te	ECSF	0,843
31	Te	ECSF	1,081
32	Te	ECSF	1,251
33	Te	ECSF	1,392
34	Te	ECSF	1,327
35	Te	ECSF	1,318
36	Te	ECSF	1,061
37	Te	ECSF	1,006
38	Te	ECSF	1,313
39	Te	ECSF	1,262
40	Te	ECSF	1,093
41	Te	ECSF	1,031

42	Te	ECSF	1,082
43	HC+	caj	1,138
44	HC+	caj	0,990
45	HC+	caj	1,139
46	HC+	caj	0,814
47	HC+	caj	1,042
48	HC+	caj	1,074
49	HC+	caj	1,264
50	HC+	Bomb	1,391
51	HC+	Bomb	1,770
52	HC+	Bomb	1,680
53	HC+	Bomb	1,664
54	HC+	Bomb	1,644
55	HC+	Bomb	1,772
56	HC+	ECSF	1,116
57	HC+	ECSF	1,599
58	HC+	ECSF	1,428
59	HC+	ECSF	1,361
60	HC+	ECSF	0,872
61	HC+	ECSF	1,238
62	HC+	ECSF	1,238
63	HC-	caj	1,080
64	HC-	caj	1,177
65	HC-	caj	1,209
66	HC-	caj	0,929

67	HC-	caj	1,554
68	HC-	caj	1,050
69	HC-	caj	1,549
70	HC-	Bomb	1,415
71	HC-	Bomb	1,615
72	HC-	Bomb	1,011
73	HC-	Bomb	1,264
74	HC-	Bomb	1,664
75	HC-	Bomb	1,637
76	HC-	Bomb	1,545
77	HC-	Bomb	1,572
78	HC-	ECSF	1,078
79	HC-	ECSF	1,229
80	HC-	ECSF	1,152
81	HC-	ECSF	1,111
82	HC-	ECSF	1,492
83	HC-	ECSF	1,368
84	HC-	ECSF	1,211

Anexo 10: Flujo 6

	Tratamiento 1	Lugar	Flujo 6
1	Te	Caj	6,2971748
2	Te	Caj	1,749
3	Te	Caj	3,201

4	Te	Caj	1,223
5	Te	Caj	2,922
6	Te	Caj	3,910
7	Te	Caj	2,257
8	Te	Caj	5,106
9	Te	Caj	2,132
10	Te	caj	5,347
11	Te	caj	2,579
12	Te	caj	3,034
13	Te	caj	2,773
14	Te	caj	4,083
15	Te	Bomb	1,505
16	Te	Bomb	1,046
17	Te	Bomb	1,569
18	Te	Bomb	2,531
19	Te	Bomb	4,136
20	Te	Bomb	6,144
21	Te	Bomb	2,331
22	Te	Bomb	6,317
23	Te	Bomb	2,972
24	Te	Bomb	3,003
25	Te	Bomb	1,713
26	Te	Bomb	1,817
27	Te	Bomb	1,718
28	Te	Bomb	1,947

29	Te	ECSF	1,336
30	Te	ECSF	1,549
31	Te	ECSF	1,118
32	Te	ECSF	-2,141
33	Te	ECSF	3,588
34	Te	ECSF	2,056
35	Te	ECSF	4,252
36	Te	ECSF	1,557
37	Te	ECSF	1,554
38	Te	ECSF	3,474
39	Te	ECSF	3,126
40	Te	ECSF	1,690
41	Te	ECSF	-2,141
42	Te	ECSF	-2,141
43	HC+	caj	1,841
44	HC+	caj	1,827
45	HC+	caj	2,923
46	HC+	caj	2,365
47	HC+	caj	2,989
48	HC+	caj	1,915
49	HC+	caj	3,344
50	HC+	Bomb	2,397
51	HC+	Bomb	5,753
52	HC+	Bomb	7,923
53	HC+	Bomb	6,217

54	HC+	Bomb	7,579
55	HC+	Bomb	8,379
56	HC+	ECSF	2,026
57	HC+	ECSF	5,724
58	HC+	ECSF	3,132
59	HC+	ECSF	-2,141
60	HC+	ECSF	2,813
61	HC+	ECSF	-2,141
62	HC+	ECSF	-2,141
63	HC-	Caj	1,587
64	HC-	Caj	2,586
65	HC-	Caj	2,423
66	HC-	Caj	2,978
67	HC-	Caj	5,030
68	HC-	Caj	4,285
69	HC-	Caj	4,284
70	HC-	Bomb	2,615
71	HC-	Bomb	5,128
72	HC-	Bomb	1,074
73	HC-	Bomb	6,442
74	HC-	Bomb	3,215
75	HC-	Bomb	4,712
76	HC-	Bomb	3,116
77	HC-	Bomb	4,806
78	HC-	ECSF	0,847

79	HC-	ECSF	0,452
80	HC-	ECSF	3,043
81	HC-	ECSF	1,870
82	HC-	ECSF	-2,141
83	HC-	ECSF	1,578
84	HC-	ECSF	1,692

Anexo 11: Flujo 7

	Tratamiento 2	Lugar	Flujo 7
1	N	Caj	9,99119679
2	N	Caj	3,288
3	N	Caj	2,291
4	N	Caj	2,318
5	N	Caj	4,070
6	N	Caj	4,144
7	N	Bomb	4,394
8	N	Bomb	7,650
9	N	Bomb	5,511
10	N	Bomb	4,462
11	N	Bomb	4,617
12	N	Bomb	7,107
13	N	ECSF	2,277
14	N	ECSF	2,678
15	N	ECSF	2,024

16	N	ECSF	2,979
17	N	ECSF	4,494
18	N	ECSF	3,733
19	NP	Caj	2,133
20	NP	Caj	2,443
21	NP	Caj	2,177
22	NP	Caj	3,099
23	NP	Caj	2,150
24	NP	Caj	2,388
25	NP	Bomb	4,631
26	NP	Bomb	1,653
27	NP	Bomb	3,362
28	NP	Bomb	5,721
29	NP	Bomb	6,356
30	NP	Bomb	3,500
31	NP	ECSF	3,453
32	NP	ECSF	1,501
33	NP	ECSF	0,620
34	NP	ECSF	0,775
35	NP	ECSF	4,553
36	NP	ECSF	1,944
37	P	Caj	2,671
38	P	Caj	-2,291
39	P	Caj	2,366
40	P	Caj	2,561

41	P	Caj	2,982
42	P	Caj	2,010
43	P	Bomb	6,026
44	P	Bomb	3,135
45	P	Bomb	5,897
46	P	Bomb	5,940
47	P	Bomb	2,381
48	P	Bomb	3,680
49	P	ECSF	6,989
50	P	ECSF	4,457
51	P	ECSF	1,953
52	P	ECSF	1,960
53	P	ECSF	2,863
54	P	ECSF	2,220
55	Te	Caj	3,398
56	Te	Caj	4,641
57	Te	Caj	5,127
58	Te	Caj	5,354
59	Te	Caj	4,709
60	Te	Caj	4,171
61	Te	Bomb	7,623
62	Te	Bomb	3,214
63	Te	Bomb	9,368
64	Te	Bomb	5,538
65	Te	Bomb	6,246

66	Te	Bomb	9,098
67	Te	ECSF	8,107
68	Te	ECSF	3,477
69	Te	ECSF	4,798
70	Te	ECSF	3,141
71	Te	ECSF	4,963
72	Te	ECSF	5,065
73	Mix	Caj	0,504
74	Mix	Caj	2,093
75	Mix	Caj	1,713
76	Mix	Caj	-2,291
77	Mix	Bomb	4,867
78	Mix	Bomb	2,203
79	Mix	Bomb	1,498
80	Mix	Bomb	-2,291
81	Mix	ECSF	0,962
82	Mix	ECSF	2,274
83	Mix	ECSF	-0,159
84	Mix	ECSF	2,544

Anexo 12: Flujo 8

	Tratamiento 2	Lugar	Flujo 8
1	N	Caj	15,6479299
2	N	Caj	4,402

3	N	Caj	4,668
4	N	Caj	4,621
5	N	Caj	4,088
6	N	Caj	4,591
7	N	Bomb	4,255
8	N	Bomb	10,716
9	N	Bomb	7,835
10	N	Bomb	4,380
11	N	Bomb	5,863
12	N	Bomb	9,912
13	N	ECSF	5,106
14	N	ECSF	4,262
15	N	ECSF	4,151
16	N	ECSF	4,848
17	N	ECSF	4,283
18	N	ECSF	4,273
19	NP	Caj	3,810
20	NP	Caj	2,799
21	NP	Caj	2,545
22	NP	Caj	2,757
23	NP	Caj	3,364
24	NP	Caj	2,779
25	NP	Bomb	5,394
26	NP	Bomb	2,155
27	NP	Bomb	2,071

28	NP	Bomb	6,899
29	NP	Bomb	7,404
30	NP	Bomb	3,565
31	NP	ECSF	3,834
32	NP	ECSF	3,347
33	NP	ECSF	-2,240
34	NP	ECSF	3,217
35	NP	ECSF	4,263
36	NP	ECSF	3,186
37	P	Caj	2,359
38	P	Caj	2,504
39	P	Caj	2,507
40	P	Caj	1,890
41	P	Caj	3,384
42	P	Caj	4,370
43	P	Bomb	7,392
44	P	Bomb	2,047
45	P	Bomb	6,452
46	P	Bomb	6,858
47	P	Bomb	1,847
48	P	Bomb	4,008
49	P	ECSF	6,881
50	P	ECSF	5,160
51	P	ECSF	2,483
52	P	ECSF	-2,240

53	P	ECSF	2,490
54	P	ECSF	2,631
55	Te	Caj	2,814
56	Te	Caj	4,581
57	Te	Caj	4,631
58	Te	Caj	5,166
59	Te	Caj	3,362
60	Te	Caj	4,235
61	Te	Bomb	9,775
62	Te	Bomb	4,923
63	Te	Bomb	10,317
64	Te	Bomb	7,466
65	Te	Bomb	5,915
66	Te	Bomb	10,894
67	Te	ECSF	5,637
68	Te	ECSF	-2,240
69	Te	ECSF	4,443
70	Te	ECSF	3,204
71	Te	ECSF	4,735
72	Te	ECSF	4,569
73	Mix	Caj	2,295
74	Mix	Caj	1,982
75	Mix	Caj	1,654
76	Mix	Caj	2,165
77	Mix	Bomb	4,515

78	Mix	Bomb	4,192
79	Mix	Bomb	2,646
80	Mix	Bomb	-2,240
81	Mix	ECSF	2,333
82	Mix	ECSF	-2,240
83	Mix	ECSF	-2,240
84	Mix	ECSF	2,859

Anexo 13: Datos de diámetro entre plantas al inicio y al final del experimento

Tratamiento	Lugar	Promedio Diámetro	Promedio Diámetro
Te	Caj	57,60	60,55
Te	Caj	34,25	37,25
Te	Caj	62,08	64,48
Te	Caj	63,20	64,50
Te	Caj	53,00	54,30
Te	Caj	47,08	49,35
Te	Caj	51,60	55,05
Te	Caj	52,55	55,25
Te	Caj	39,15	42,08
Te	Caj	51,15	54,53
Te	Caj	54,15	55,15
Te	Caj	66,50	69,13
Te	Caj	41,88	44,37

Te	Caj	44,95	48,63
Te	Bom	53,35	57,85
Te	Bom	57,65	56,78
Te	Bom	47,50	51,95
Te	Bom	64,80	65,70
Te	Bom	49,95	51,23
Te	Bom	63,60	66,13
Te	Bom	52,85	56,13
Te	Bom	52,35	56,46
Te	Bom	62,00	65,80
Te	Bom	39,50	41,78
Te	Bom	46,20	49,98
Te	Bom	29,15	33,28
Te	Bom	55,95	59,75
Te	Bom	39,85	43,55
Te	ECSF	42,60	44,40
Te	ECSF	59,95	62,63
Te	ECSF	40,65	43,50
Te	ECSF	51,85	51,85
Te	ECSF	54,10	57,80
Te	ECSF	56,65	58,28
Te	ECSF	62,18	65,23
Te	ECSF	50,85	53,48
Te	ECSF	49,40	52,08
Te	ECSF	36,10	38,70
Te	ECSF	37,55	40,70
Te	ECSF	67,75	69,68

Te	ECSF	39,85	41,83
Te	ECSF	59,80	62,01
HC+	Caj	45,30	44,93
HC+	Caj	58,58	58,65
HC+	Caj	53,20	54,80
HC+	Caj	50,20	50,20
HC+	Caj	48,40	50,83
HC+	Caj	40,90	44,28
HC+	Caj	51,65	54,25
HC+	Bom	45,95	47,90
HC+	Bom	50,20	56,73
HC+	Bom	54,65	57,70
HC+	Bom	39,90	42,90
HC+	Bom	52,43	57,53
HC+	Bom	37,65	40,90
HC+	Bom	33,25	36,80
HC+	ECSF	43,15	43,34
HC+	ECSF	46,80	48,97
HC+	ECSF	52,35	55,00
HC+	ECSF	40,25	40,25
HC+	ECSF	38,65	40,90
HC+	ECSF	49,60	52,55
HC+	ECSF	67,20	69,60
HC-	Caj	55,65	43,34
HC-	Caj	64,70	48,97
HC-	Caj	36,60	55,00
HC-	Caj	70,20	40,25

HC-	Caj	62,75	40,90
HC-	Caj	29,15	52,55
HC-	Caj	42,08	69,60
HC-	Bom	49,13	49,14
HC-	Bom	61,95	63,80
HC-	Bom	49,40	51,28
HC-	Bom	66,65	69,82
HC-	Bom	46,10	52,30
HC-	Bom	53,80	56,60
HC-	Bom	63,30	66,23
HC-	ECSF	69,10	68,25
HC-	ECSF	63,35	65,83
HC-	ECSF	36,90	39,85
HC-	ECSF	52,90	55,35
HC-	ECSF	33,20	36,55
HC-	ECSF	61,75	64,65
HC-	ECSF	53,15	54,48

Evita Caj Te	5,223263741	19,25
Florian Bom HC -	10,88210192	38,5
Hugo Bom HC -	20,94241032	37,25
Ilka SF Te	2,718431314	27,85
Jay Caj HC +	3,056081304	30,1
Kaja Bom Te	4,67859194	31,75
Lukas Caj HC -	4,801516795	37,8
Noah Caj HC +	3,413602051	33,925
Oliver Caj Te	5,68230656	40,65
Pia Bom HC +	8,554406129	26,45
Quint SF HC -	4,453986282	44,85
Samuel Caj Te	4,620850462	31,75
Uwe Bom HC -	7,039783351	36,5
Vera Caj HC +	6,574105517	35
Wof SF HC +	28,51400354	32,75
Xenia Bom HC -	29,91654459	36,75
Yanic Caj HC+	5,720211902	28,35
Zoe Caj Te	10,50275888	31
Abraham Bom Te	6,190845662	31,4
Britta SF HC +	17,85389902	32,35
Conan Caj Te	7,276020885	29,85
Julia SF Te	9,37728819	37,75
Emilio Bom HC -	21,33955203	25,2
Fiona SF HC -	8,313913845	31,65
Gaston Caj Te	13,59641305	33,25
Holly Bom HC +	47,5786686	29,75
Isacc Caj Te	17,43133426	30,25

Anexo 14: Tabla relación Tamaño – Emisión

	Promedio Emisión ug/Tan/h	Diámetro Eff
Anja Caj Te	8,852439687	48,2
Benito Bom Te	12,91588184	43,35
Cara SF HC+	7,368035337	35,6
Danilo Caj HC -	8,1829551	40,85

Laura SF HC +	5,59607809	22,35
Matias SF HC -	4,934941684	20,9
Naomi SF HC -	6,173888033	32
Pablo Bom Te	6,896669251	21,75
Qudama Bom HC +	21,18243094	30,75
Renato SF Te	5,857819427	21,75
Tobbias Bom HC -	13,57214937	21
Ulli Caj HC +	6,555302236	20,5
Vasco Bom HC -	21,62233309	32,8
Xavier Caj HC -	5,563099133	23,75
Zeus Caj HC -	5,294721767	39
Antonia SF HC +	3,901309903	33,25
Beto Caj Te	3,467673563	28,6
Chloe Caj HC +	4,662326294	25,35
David SF Te	10,3980027	42
Felipe Bom Te	17,47976056	35,85
Gabi Caj Te	20,04451475	31
Homero Bom HC +	39,38467433	23,65
Joao SF HC -	11,42657088	21,65
Krissy Caj Te	6,87747567	27,75
Mia Caj HC -	21,72429819	47
Napo SF HC -	9,857226434	23,25
Pedro SF Te	15,23741865	36,75
Ruth Bom Te	26,87674631	34,85
Sebastian Caj Te	12,65310925	33,05
Tamara Bom Te	9,262102248	30,5

Ute Bom Te	24,69052118	31,5
Vito Caj HC +	7,67645672	29,75
Woody Caj Te	7,502429265	27,25
Xylona Bom Te	12,38740673	35
York Bom HC +	21,46423926	27
Bea SF HC +	9,870415087	31,6
Dolores Bom HC +	29,45090687	31,25
Elias Bom Te	8,388447059	22,5
Flora Bom HC +	43,96411214	21,6
Gino SF Te	3,245269603	24,35
Helen SF HC -	4,933500088	23,75
Karin Bom Te	4,494152457	35,5
Mario SF Te	15,46834057	26
Octavio SF TE	4,848304927	29,5
Quentin SF Te	6,226574419	31,85
Tya SF Te	10,99016217	20,9
Jacinta Bom Te	7,443924311	21
Ismael SF Te	10,31655271	22,75
Juanita Caj HC -	9,257580445	21
Cristina SF Te	7,320692447	43
Andres SF HC +	1,741614318	33,5
Diego SF Te	3,347460525	28,25
Diana SF Te	3,685068269	36,75
Luis Caj Te	8,361035679	29,3
Thomas Bom Te	6,110371148	35
Stefany Bom Te	3,349974849	25,75

Simon Caj HC-	14,63480005	26
---------------	-------------	----

Anexo 15: Tabla Temperatura y humedad el 3 de febrero del 2011- Logger Copalinga

Fecha	T	H
02/03/2011 0:00	21,33	93,3
02/03/2011 0:15	21,33	93,7
02/03/2011 0:30	21,33	93,3
02/03/2011 0:45	21,33	93,3
02/03/2011 1:00	21,33	93,3
02/03/2011 1:15	21,33	92,9
02/03/2011 1:30	20,95	92,9
02/03/2011 1:45	21,33	92,9
02/03/2011 2:00	21,33	92,9
02/03/2011 2:15	21,33	92,9
02/03/2011 2:30	20,95	92,9
02/03/2011 2:45	20,95	92,9
02/03/2011 3:00	20,95	93,3
02/03/2011 3:15	20,95	92,9
02/03/2011 3:30	20,95	93,3
02/03/2011 3:45	20,95	93,3
02/03/2011 4:00	20,95	92,9
02/03/2011 4:15	20,95	92,9
02/03/2011 4:30	20,95	92,9
02/03/2011 4:45	20,95	92,9
02/03/2011 5:00	20,95	92,9
02/03/2011 5:15	20,95	92,9
02/03/2011 5:30	20,95	92,9

02/03/2011 5:45	20,95	92,9
02/03/2011 6:00	20,95	93,3
02/03/2011 6:15	20,95	92,9
02/03/2011 6:30	20,95	92,9
02/03/2011 6:45	20,95	93,3
02/03/2011 7:00	20,57	93,3
02/03/2011 7:15	20,57	93,7
02/03/2011 7:30	20,95	99,9
02/03/2011 7:45	21,33	94,5
02/03/2011 8:00	21,33	98,2
02/03/2011 8:15	21,33	95,2
02/03/2011 8:30	21,33	94,5
02/03/2011 8:45	21,33	96,4
02/03/2011 9:00	21,33	97,1
02/03/2011 9:15	21,33	96,4
02/03/2011 9:30	21,33	96,4
02/03/2011 9:45	21,33	96,4
02/03/2011 10:00	21,33	95,6
02/03/2011 10:15	21,33	97,5
02/03/2011 10:30	21,33	96
02/03/2011 10:45	21,33	97,5
02/03/2011 11:00	21,33	97,1
02/03/2011 11:15	21,33	96,4
02/03/2011 11:30	21,71	99,9
02/03/2011 11:45	21,71	96,7
02/03/2011 12:00	22,09	101,2
02/03/2011 12:15	22,09	97,5

02/03/2011 12:30	22,09	93,7
02/03/2011 12:45	22,09	92,5
02/03/2011 13:00	21,71	91,3
02/03/2011 13:15	21,71	90,5
02/03/2011 13:30	21,71	91,3
02/03/2011 13:45	21,71	92,1
02/03/2011 14:00	21,71	92,5
02/03/2011 14:15	21,71	93,7
02/03/2011 14:30	21,71	94,5
02/03/2011 14:45	21,71	95,2
02/03/2011 15:00	21,71	95,6
02/03/2011 15:15	21,71	94,9
02/03/2011 15:30	21,71	94,1
02/03/2011 15:45	21,71	93,7
02/03/2011 16:00	21,71	92,1
02/03/2011 16:15	21,71	92,5
02/03/2011 16:30	21,71	93,3
02/03/2011 16:45	21,33	93,3
02/03/2011 17:00	21,33	92,9
02/03/2011 17:15	21,71	93,7
02/03/2011 17:30	21,71	93,3
02/03/2011 17:45	21,71	93,7
02/03/2011 18:00	21,71	93,7
02/03/2011 18:15	21,71	94,9
02/03/2011 18:30	21,71	92,1
02/03/2011 18:45	21,71	92,1
02/03/2011 19:00	21,71	92,5

02/03/2011 19:15	21,71	92,5
02/03/2011 19:30	21,71	93,7
02/03/2011 19:45	21,71	92,5
02/03/2011 20:00	21,71	91,3
02/03/2011 20:15	21,33	90,9
02/03/2011 20:30	21,33	91,3
02/03/2011 20:45	21,33	90,9
02/03/2011 21:00	21,33	90,9
02/03/2011 21:15	21,33	90,5
02/03/2011 21:30	21,33	90,5
02/03/2011 21:45	20,95	90,1
02/03/2011 22:00	20,95	89,2
02/03/2011 22:15	20,95	89,6
02/03/2011 22:30	20,95	90,1
02/03/2011 22:45	20,95	89,6
02/03/2011 23:00	20,57	89,2
02/03/2011 23:15	20,57	89,6
02/03/2011 23:30	20,57	89,6
02/03/2011 23:45	20,57	89,6

Anexo 16: Tabla Temperatura y humedad el 2 de febrero del 2011- Logger Cajanuma

Fecha	T	H
-------	---	---

02/02/2011 0:00	9,82	102,8
02/02/2011 0:15	9,82	102,8
02/02/2011 0:30	9,82	102,8
02/02/2011 0:45	9,82	102,8
02/02/2011 1:00	9,82	102,8
02/02/2011 1:15	9,82	102,8
02/02/2011 1:30	9,82	102,8
02/02/2011 1:45	9,82	102,8
02/02/2011 2:00	9,82	102,8
02/02/2011 2:15	9,82	102,8
02/02/2011 2:30	9,82	102,8
02/02/2011 2:45	9,82	102,8
02/02/2011 3:00	9,82	103,1
02/02/2011 3:15	9,82	103,1
02/02/2011 3:30	9,82	103,1
02/02/2011 3:45	9,82	103,1
02/02/2011 4:00	9,82	102,8
02/02/2011 4:15	9,82	102,8
02/02/2011 4:30	9,82	103,1
02/02/2011 4:45	9,82	103,1
02/02/2011 5:00	9,82	103,1
02/02/2011 5:15	9,82	102,8
02/02/2011 5:30	9,82	102,8
02/02/2011 5:45	9,82	102,8
02/02/2011 6:00	9,82	102,8
02/02/2011 6:15	9,82	102,8
02/02/2011 6:30	9,82	102,8

02/02/2011 6:45	9,82	102,8
02/02/2011 7:00	9,82	102,8
02/02/2011 7:15	9,82	102,8
02/02/2011 7:30	9,82	102,8
02/02/2011 7:45	9,82	102,8
02/02/2011 8:00	9,82	103,1
02/02/2011 8:15	9,82	103,1
02/02/2011 8:30	10,21	103,1
02/02/2011 8:45	9,82	103,1
02/02/2011 9:00	9,82	103,1
02/02/2011 9:15	9,82	103,1
02/02/2011 9:30	9,82	102,8
02/02/2011 9:45	9,82	102,8
02/02/2011 10:00	9,82	102,8
02/02/2011 10:15	9,82	102,8
02/02/2011 10:30	9,82	103,1
02/02/2011 10:45	10,21	103,1
02/02/2011 11:00	10,21	103,1
02/02/2011 11:15	10,21	102,8
02/02/2011 11:30	10,21	102,8
02/02/2011 11:45	10,6	103,1
02/02/2011 12:00	10,6	103,1
02/02/2011 12:15	10,6	103,1
02/02/2011 12:30	10,6	103,1
02/02/2011 12:45	10,21	103,1
02/02/2011 13:00	10,21	103,1
02/02/2011 13:15	10,21	102,8

02/02/2011 13:30	10,21	102,8
02/02/2011 13:45	10,21	102,8
02/02/2011 14:00	10,21	102,8
02/02/2011 14:15	10,21	102,8
02/02/2011 14:30	10,21	102,8
02/02/2011 14:45	10,21	102,8
02/02/2011 15:00	10,21	102,8
02/02/2011 15:15	10,21	102,8
02/02/2011 15:30	10,21	102,8
02/02/2011 15:45	10,21	102,8
02/02/2011 16:00	10,21	102,8
02/02/2011 16:15	10,21	102,8
02/02/2011 16:30	10,21	103,1
02/02/2011 16:45	10,21	102,8
02/02/2011 17:00	10,21	102,8
02/02/2011 17:15	10,21	103,1
02/02/2011 17:30	10,21	102,8
02/02/2011 17:45	10,21	102,8
02/02/2011 18:00	10,21	102,8
02/02/2011 18:15	10,21	102,8
02/02/2011 18:30	10,21	103,1
02/02/2011 18:45	10,21	102,8
02/02/2011 19:00	10,21	102,8
02/02/2011 19:15	10,21	102,8
02/02/2011 19:30	10,21	102,8
02/02/2011 19:45	10,21	102,8
02/02/2011 20:00	10,21	102,8

02/02/2011 20:15	10,21	102,8
02/02/2011 20:30	10,21	102,8
02/02/2011 20:45	10,21	102,8
02/02/2011 21:00	10,21	102,8
02/02/2011 21:15	10,21	102,8
02/02/2011 21:30	10,21	102,8
02/02/2011 21:45	10,21	102,8
02/02/2011 22:00	10,21	102,8
02/02/2011 22:15	10,21	102,8
02/02/2011 22:30	10,21	102,8
02/02/2011 22:45	10,21	102,8
02/02/2011 23:00	10,21	102,8
02/02/2011 23:15	10,21	103,1
02/02/2011 23:30	10,21	103,1
02/02/2011 23:45	10,21	103,1

Anexo 17: Temperatura y humedad 1 de febrero del 2011 Data logger ECSF

Fecha	T	H
02/01/2011 0:00	13,7	103,7
02/01/2011 0:15	13,7	103,7
02/01/2011 0:30	13,7	103,7
02/01/2011 0:45	13,7	103,7
02/01/2011 1:00	13,7	103,7

02/01/2011 1:15	13,7	103,7
02/01/2011 1:30	13,7	103,7
02/01/2011 1:45	13,7	103,7
02/01/2011 2:00	13,7	103,7
02/01/2011 2:15	13,7	103,7
02/01/2011 2:30	13,7	103,7
02/01/2011 2:45	13,7	103,7
02/01/2011 3:00	13,7	103,7
02/01/2011 3:15	13,7	103,7
02/01/2011 3:30	13,7	103,7
02/01/2011 3:45	13,7	103,7
02/01/2011 4:00	13,7	103,7
02/01/2011 4:15	13,7	103,7
02/01/2011 4:30	14,09	103,7
02/01/2011 4:45	14,09	103,7
02/01/2011 5:00	14,09	103,7
02/01/2011 5:15	14,09	103,7
02/01/2011 5:30	14,09	103,7
02/01/2011 5:45	14,09	103,7
02/01/2011 6:00	14,09	103,7
02/01/2011 6:15	14,09	103,7
02/01/2011 6:30	14,09	103,7
02/01/2011 6:45	14,09	103,7
02/01/2011 7:00	14,09	103,7
02/01/2011 7:15	14,09	103,7
02/01/2011 7:30	14,09	103,7
02/01/2011 7:45	14,09	103,7

02/01/2011 8:00	14,09	103,7
02/01/2011 8:15	14,09	103,7
02/01/2011 8:30	14,09	103,7
02/01/2011 8:45	14,47	103,7
02/01/2011 9:00	14,47	103,7
02/01/2011 9:15	14,85	103,7
02/01/2011 9:30	14,85	103,7
02/01/2011 9:45	15,23	101,9
02/01/2011 10:00	15,23	100,9
02/01/2011 10:15	15,62	103,7
02/01/2011 10:30	15,62	101,6
02/01/2011 10:45	16	94,6
02/01/2011 11:00	16,38	94,6
02/01/2011 11:15	16,76	91,4
02/01/2011 11:30	17,14	88,9
02/01/2011 11:45	17,52	88,1
02/01/2011 12:00	17,52	87,2
02/01/2011 12:15	17,52	89,4
02/01/2011 12:30	18,66	82,8
02/01/2011 12:45	19,42	80
02/01/2011 13:00	18,66	81,9
02/01/2011 13:15	17,9	84,6
02/01/2011 13:30	17,52	87,7
02/01/2011 13:45	17,52	83,7
02/01/2011 14:00	18,28	80,5
02/01/2011 14:15	18,66	80
02/01/2011 14:30	18,28	82,8

02/01/2011 14:45	17,52	85,9
02/01/2011 15:00	16,76	93
02/01/2011 15:15	17,14	93
02/01/2011 15:30	16,76	95,4
02/01/2011 15:45	16,38	96,8
02/01/2011 16:00	16	100,9
02/01/2011 16:15	16	101,9
02/01/2011 16:30	16	101,3
02/01/2011 16:45	15,62	101,9
02/01/2011 17:00	15,62	101,3
02/01/2011 17:15	15,62	103,7
02/01/2011 17:30	15,62	103,7
02/01/2011 17:45	15,62	103,7
02/01/2011 18:00	15,62	103,7
02/01/2011 18:15	15,23	103,7
02/01/2011 18:30	15,23	103,7
02/01/2011 18:45	15,23	103,7
02/01/2011 19:00	14,85	103,7
02/01/2011 19:15	14,85	103,7
02/01/2011 19:30	14,47	103,7
02/01/2011 19:45	14,47	103,7
02/01/2011 20:00	14,47	103,7
02/01/2011 20:15	14,47	103,7
02/01/2011 20:30	14,47	103,7
02/01/2011 20:45	14,47	103,7
02/01/2011 21:00	14,47	103,7
02/01/2011 21:15	14,47	103,7

02/01/2011 21:30	14,47	103,7
02/01/2011 21:45	14,09	103,7
02/01/2011 22:00	14,09	103,7
02/01/2011 22:15	14,09	103,7
02/01/2011 22:30	14,09	103,7
02/01/2011 22:45	13,7	103,7
02/01/2011 23:00	13,7	103,7
02/01/2011 23:15	13,7	103,7
02/01/2011 23:30	13,7	103,7
02/01/2011 23:45	13,7	103,7

Anexo 18: Tabla de Temperaturas y Humedades del 17 de febrero del 2011  
Cajanuma

Fecha	T	H
02/15/11 00:00:00,0	11,77	102,8
02/15/11 00:15:00,0	11,77	102,8
02/15/11 00:30:00,0	11,77	102,8
02/15/11 00:45:00,0	11,38	103,1
02/15/11 01:00:00,0	11,38	103,1
02/15/11 01:15:00,0	11,38	103,1
02/15/11 01:30:00,0	11,38	103,4
02/15/11 01:45:00,0	11,38	103,1
02/15/11 02:00:00,0	11,38	103,4

02/15/11 02:15:00,0	11,38	103,1
02/15/11 02:30:00,0	11,38	103,1
02/15/11 02:45:00,0	11,38	103,1
02/15/11 03:00:00,0	11,38	103,1
02/15/11 03:15:00,0	11,38	103,4
02/15/11 03:30:00,0	11,38	103,4
02/15/11 03:45:00,0	11,38	103,4
02/15/11 04:00:00,0	11,38	103,4
02/15/11 04:15:00,0	11,38	103,4
02/15/11 04:30:00,0	11,38	103,4
02/15/11 04:45:00,0	11,38	103,4
02/15/11 05:00:00,0	11,38	103,4
02/15/11 05:15:00,0	10,99	103,4
02/15/11 05:30:00,0	10,99	103,4
02/15/11 05:45:00,0	10,99	103,4
02/15/11 06:00:00,0	10,99	103,4
02/15/11 06:15:00,0	10,99	103,4
02/15/11 06:30:00,0	10,99	103,4
02/15/11 06:45:00,0	10,99	103,4
02/15/11 07:00:00,0	10,99	103,4
02/15/11 07:15:00,0	10,99	103,4
02/15/11 07:30:00,0	10,99	103,4
02/15/11 07:45:00,0	10,99	103,4
02/15/11 08:00:00,0	10,99	103,4
02/15/11 08:15:00,0	10,99	103,4
02/15/11 08:30:00,0	11,38	103,4
02/15/11 08:45:00,0	11,38	103,4

02/15/11 09:00:00,0	11,38	103,4
02/15/11 09:15:00,0	11,38	103,4
02/15/11 09:30:00,0	11,38	103,4
02/15/11 09:45:00,0	11,77	103,7
02/15/11 10:00:00,0	11,77	103,4
02/15/11 10:15:00,0	11,77	103,4
02/15/11 10:30:00,0	11,77	103,4
02/15/11 10:45:00,0	12,16	103,7
02/15/11 11:00:00,0	12,16	103,4
02/15/11 11:15:00,0	12,16	103,4
02/15/11 11:30:00,0	12,16	103,4
02/15/11 11:45:00,0	12,16	103,4
02/15/11 12:00:00,0	12,16	103,4
02/15/11 12:15:00,0	12,16	103,4
02/15/11 12:30:00,0	12,55	103,4
02/15/11 12:45:00,0	12,55	103,4
02/15/11 13:00:00,0	12,16	103,4
02/15/11 13:15:00,0	12,16	103,1
02/15/11 13:30:00,0	11,77	101,9
02/15/11 13:45:00,0	11,77	101,2
02/15/11 14:00:00,0	11,38	99,3
02/15/11 14:15:00,0	11,38	100,6
02/15/11 14:30:00,0	11,38	98,6
02/15/11 14:45:00,0	11,38	98,9
02/15/11 15:00:00,0	11,38	100,6
02/15/11 15:15:00,0	11,38	101,9
02/15/11 15:30:00,0	11,38	102,2

02/15/11 15:45:00,0	11,38	102,8
02/15/11 16:00:00,0	11,38	102,8
02/15/11 16:15:00,0	11,38	103,1
02/15/11 16:30:00,0	11,38	102,5
02/15/11 16:45:00,0	11,38	102,8
02/15/11 17:00:00,0	11,38	103,1
02/15/11 17:15:00,0	11,38	103,1
02/15/11 17:30:00,0	10,99	103,1
02/15/11 17:45:00,0	10,99	103,1
02/15/11 18:00:00,0	10,99	103,4
02/15/11 18:15:00,0	10,99	103,4
02/15/11 18:30:00,0	10,99	103,4
02/15/11 18:45:00,0	10,6	102,8
02/15/11 19:00:00,0	10,21	100,9
02/15/11 19:15:00,0	9,82	101,2
02/15/11 19:30:00,0	10,21	102,2
02/15/11 19:45:00,0	10,21	102,5
02/15/11 20:00:00,0	10,21	102,8
02/15/11 20:15:00,0	10,21	103,1
02/15/11 20:30:00,0	10,21	103,1
02/15/11 20:45:00,0	10,6	103,1
02/15/11 21:00:00,0	10,6	103,1
02/15/11 21:15:00,0	10,6	103,4
02/15/11 21:30:00,0	10,6	103,4
02/15/11 21:45:00,0	10,6	103,4
02/15/11 22:00:00,0	10,6	103,4
02/15/11 22:15:00,0	10,21	103,4

02/15/11 22:30:00,0	10,21	103,4
02/15/11 22:45:00,0	10,21	103,1
02/15/11 23:00:00,0	9,82	102,5
02/15/11 23:15:00,0	9,82	102,2
02/15/11 23:30:00,0	9,82	102,5
02/15/11 23:45:00,0	9,82	102,2

Anexo 19: Tabla Temperatura y humedad  
18/02Ç/11 ECSF

Fecha	T	H
02/18/11 00:00:00,0	13,7	101,3
02/18/11 00:15:00,0	13,7	101,6
02/18/11 00:30:00,0	13,32	102,5
02/18/11 00:45:00,0	13,32	102,8
02/18/11 01:00:00,0	13,32	103,7
02/18/11 01:15:00,0	12,93	103,4
02/18/11 01:30:00,0	12,93	103,7
02/18/11 01:45:00,0	12,93	103,7
02/18/11 02:00:00,0	12,93	103,7
02/18/11 02:15:00,0	12,93	103,7
02/18/11 02:30:00,0	12,93	103,7
02/18/11 02:45:00,0	12,93	103,7
02/18/11 03:00:00,0	12,93	103,7
02/18/11 03:15:00,0	12,55	103,7
02/18/11 03:30:00,0	12,55	103,7
02/18/11 03:45:00,0	12,55	103,7
02/18/11 04:00:00,0	12,55	103,7
02/18/11 04:15:00,0	12,55	103,7
02/18/11 04:30:00,0	12,55	103,7
02/18/11 04:45:00,0	12,55	103,7
02/18/11 05:00:00,0	12,55	103,7
02/18/11 05:15:00,0	12,55	103,7

02/18/11 05:30:00,0	12,55	103,7
02/18/11 05:45:00,0	12,16	103,7
02/18/11 06:00:00,0	12,16	103,7
02/18/11 06:15:00,0	12,16	103,7
02/18/11 06:30:00,0	12,16	103,7
02/18/11 06:45:00,0	12,16	103,7
02/18/11 07:00:00,0	11,77	103,7
02/18/11 07:15:00,0	11,77	103,7
02/18/11 07:30:00,0	12,16	103,7
02/18/11 07:45:00,0	13,7	100,9
02/18/11 08:00:00,0	14,85	96,8
02/18/11 08:15:00,0	16,76	92,2
02/18/11 08:30:00,0	17,9	87,7
02/18/11 08:45:00,0	18,66	77,2
02/18/11 09:00:00,0	19,42	72,8
02/18/11 09:15:00,0	19,81	67,3
02/18/11 09:30:00,0	20,19	66,3
02/18/11 09:45:00,0	20,19	66,8
02/18/11 10:00:00,0	21,33	66,3
02/18/11 10:15:00,0	22,09	64,2
02/18/11 10:30:00,0	22,86	57,5
02/18/11 10:45:00,0	23,24	57,5
02/18/11 11:00:00,0	24,01	52,9
02/18/11 11:15:00,0	25,17	47,2
02/18/11 11:30:00,0	25,56	51,3
02/18/11 11:45:00,0	25,95	41,6

02/18/11 12:00:00,0	26,34	48,2
02/18/11 12:15:00,0	26,34	44,6
02/18/11 12:30:00,0	26,73	44,1
02/18/11 12:45:00,0	26,73	41,1
02/18/11 13:00:00,0	26,34	42,1
02/18/11 13:15:00,0	25,95	39,6
02/18/11 13:30:00,0	25,56	41,1
02/18/11 13:45:00,0	25,56	42,6
02/18/11 14:00:00,0	25,56	46,7
02/18/11 14:15:00,0	25,17	43,6
02/18/11 14:30:00,0	25,17	47,7
02/18/11 14:45:00,0	24,79	47,7
02/18/11 15:00:00,0	24,01	49,8
02/18/11 15:15:00,0	23,63	52,4
02/18/11 15:30:00,0	23,24	55
02/18/11 15:45:00,0	23,24	57,5
02/18/11 16:00:00,0	22,86	62,7
02/18/11 16:15:00,0	22,86	63,2
02/18/11 16:30:00,0	22,48	63,7
02/18/11 16:45:00,0	22,09	65,8
02/18/11 17:00:00,0	21,71	67,8
02/18/11 17:15:00,0	21,33	68,3
02/18/11 17:30:00,0	20,95	76,2
02/18/11 17:45:00,0	20,57	67,8
02/18/11 18:00:00,0	19,81	75,2
02/18/11 18:15:00,0	19,04	77,6

02/18/11 18:30:00,0	18,66	78,1
02/18/11 18:45:00,0	17,9	80,5
02/18/11 19:00:00,0	17,52	81,4
02/18/11 19:15:00,0	17,14	84,1
02/18/11 19:30:00,0	16,76	86,4
02/18/11 19:45:00,0	16,38	88,9
02/18/11 20:00:00,0	16	89,4
02/18/11 20:15:00,0	15,62	89,8
02/18/11 20:30:00,0	15,23	91,8
02/18/11 20:45:00,0	15,23	94,6
02/18/11 21:00:00,0	14,85	94,2
02/18/11 21:15:00,0	15,23	93,8
02/18/11 21:30:00,0	15,23	95
02/18/11 21:45:00,0	15,23	96,5
02/18/11 22:00:00,0	15,23	95,7
02/18/11 22:15:00,0	15,62	95,4
02/18/11 22:30:00,0	15,62	96,8
02/18/11 22:45:00,0	15,62	96,5
02/18/11 23:00:00,0	15,62	97,2
02/18/11 23:15:00,0	15,62	98,3
02/18/11 23:30:00,0	15,62	99
02/18/11 23:45:00,0	15,23	97,9

Anexo 20.- Temperatura y humedad el 17 de febrero 2011 Bombuscaro

Fecha	T	H
02/17/11 00:00:00,0	22,09	84
02/17/11 00:15:00,0	22,09	84
02/17/11 00:30:00,0	21,71	84,4
02/17/11 00:45:00,0	21,71	84
02/17/11 01:00:00,0	21,71	84
02/17/11 01:15:00,0	21,71	84
02/17/11 01:30:00,0	21,71	84,4
02/17/11 01:45:00,0	21,33	84,4
02/17/11 02:00:00,0	21,33	84,4
02/17/11 02:15:00,0	21,33	84,4
02/17/11 02:30:00,0	21,33	84,4
02/17/11 02:45:00,0	21,33	84
02/17/11 03:00:00,0	20,95	84,4
02/17/11 03:15:00,0	20,95	84
02/17/11 03:30:00,0	20,95	84,4
02/17/11	20,95	84

03:45:00,0		
02/17/11 04:00:00,0	20,95	84
02/17/11 04:15:00,0	20,57	84,4
02/17/11 04:30:00,0	20,57	84,4
02/17/11 04:45:00,0	20,57	84
02/17/11 05:00:00,0	20,57	84
02/17/11 05:15:00,0	20,57	84
02/17/11 05:30:00,0	20,19	84,4
02/17/11 05:45:00,0	20,19	84
02/17/11 06:00:00,0	20,19	84,4
02/17/11 06:15:00,0	20,19	84,4
02/17/11 06:30:00,0	20,57	84,9
02/17/11 06:45:00,0	20,57	84,9
02/17/11 07:00:00,0	20,57	82,6
02/17/11 07:15:00,0	20,19	84
02/17/11 07:30:00,0	20,19	84,4
02/17/11	20,19	84,4

07:45:00,0		
02/17/11		
08:00:00,0	20,19	88,4
02/17/11		
08:15:00,0	20,19	89,2
02/17/11		
08:30:00,0	20,57	90,5
02/17/11		
08:45:00,0	20,57	90,5
02/17/11		
09:00:00,0	20,95	91,7
02/17/11		
09:15:00,0	21,33	91,7
02/17/11		
09:30:00,0	21,33	90,5
02/17/11		
09:45:00,0	22,09	87,9
02/17/11		
10:00:00,0	22,48	93,7
02/17/11		
10:15:00,0	23,24	90,9
02/17/11		
10:30:00,0	23,24	84,9
02/17/11		
10:45:00,0	23,24	82,6
02/17/11		
11:00:00,0	23,24	81,7
02/17/11		
11:15:00,0	23,24	80,7
02/17/11		
11:30:00,0	23,24	83,1
02/17/11	23,63	80,7

11:45:00,0		
02/17/11		
12:00:00,0	23,63	82,1
02/17/11		
12:15:00,0	23,63	83,5
02/17/11		
12:30:00,0	24,01	82,1
02/17/11		
12:45:00,0	24,01	83,5
02/17/11		
13:00:00,0	24,4	85,3
02/17/11		
13:15:00,0	24,4	83,5
02/17/11		
13:30:00,0	24,4	82,6
02/17/11		
13:45:00,0	24,4	83,5
02/17/11		
14:00:00,0	24,4	82,1
02/17/11		
14:15:00,0	24,79	81,2
02/17/11		
14:30:00,0	24,79	82,1
02/17/11		
14:45:00,0	24,79	81,7
02/17/11		
15:00:00,0	24,79	82,6
02/17/11		
15:15:00,0	24,79	80,3
02/17/11		
15:30:00,0	25,17	79,8
02/17/11	25,17	77,9

15:45:00,0		
02/17/11		
16:00:00,0	25,56	78,4
02/17/11		
16:15:00,0	25,56	78,9
02/17/11		
16:30:00,0	25,56	78,4
02/17/11		
16:45:00,0	25,56	80,7
02/17/11		
17:00:00,0	25,56	81,2
02/17/11		
17:15:00,0	25,56	81,2
02/17/11		
17:30:00,0	25,17	82,1
02/17/11		
17:45:00,0	25,17	82,1
02/17/11		
18:00:00,0	25,17	83,1
02/17/11		
18:15:00,0	25,17	81,7
02/17/11		
18:30:00,0	24,79	80,7
02/17/11		
18:45:00,0	24,79	81,2
02/17/11		
19:00:00,0	24,79	81,2
02/17/11		
19:15:00,0	24,4	81,2
02/17/11		
19:30:00,0	24,4	82,1
02/17/11	24,4	81,7

19:45:00,0		
02/17/11 20:00:00,0	24,4	81,7
02/17/11 20:15:00,0	24,01	81,7
02/17/11 20:30:00,0	24,01	82,1
02/17/11 20:45:00,0	24,01	82,1
02/17/11 21:00:00,0	24,01	82,1
02/17/11 21:15:00,0	23,63	82,1
02/17/11 21:30:00,0	23,63	82,1
02/17/11 21:45:00,0	24,01	84,9
02/17/11 22:00:00,0	24,01	83,1
02/17/11 22:15:00,0	24,01	83,5
02/17/11 22:30:00,0	24,01	83,1
02/17/11 22:45:00,0	24,01	82,1
02/17/11 23:00:00,0	23,63	83,1
02/17/11 23:15:00,0	23,63	82,6
02/17/11 23:30:00,0	23,24	82,1

02/17/11 23:45:00,0	23,24	82,6
------------------------	-------	------