



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**ESTRUCTURA FUNCIONAL DE COMUNIDADES DE
BROMELIÁCEAS CON ÉNFASIS EN EL FLUJO DE METANO,
AGUA Y NUTRIENTES A LO LARGO DE LA GRADIENTE
ALTITUDINAL DE LA CUENCA AMAZÓNICA ECUATORIANA**

Tesis de Grado, previa a la
obtención del Título de
Ingeniero Forestal

AUTOR: Nelson Armando Jaramillo Díaz

DIRECTOR: Zhofre Aguirre Mendoza, Ph. D

**Loja - Ecuador
2015**

CERTIFICACIÓN

Ing. Zhofre Aguirre Mendoza, Ph. D

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Que la tesis titulada “**ESTRUCTURA FUNCIONAL DE COMUNIDADES DE BROMELIÁCEAS CON ÉNFASIS EN EL FLUJO DE METANO, AGUA Y NUTRIENTES A LO LARGO DE LA GRADIENTE ALTITUDINAL DE LA CUENCA AMAZÓNICA ECUATORIANA**”, de autoría del egresado Nelson Armando Jaramillo Díaz, ha sido dirigida, revisada y aprobada en su integridad, por lo que autorizo su publicación y difusión.

Loja, mayo del 2015



.....
Ing. Zhofre Aguirre Mendoza Ph. D
DIRECTOR DE TESIS

EL TRIBUNAL CALIFICADOR DE LA TESIS “ESTRUCTURA FUNCIONAL DE COMUNIDADES DE BROMELIÁCEAS CON ÉNFASIS EN EL FLUJO DE METANO, AGUA Y NUTRIENTES A LO LARGO DE LA GRADIENTE ALTITUDINAL DE LA CUENCA AMAZÓNICA ECUATORIANA”

CERTIFICA:

En calidad de Tribunal de Calificación de la tesis titulada “**ESTRUCTURA FUNCIONAL DE COMUNIDADES DE BROMELIÁCEAS CON ÉNFASIS EN EL FLUJO DE METANO, AGUA Y NUTRIENTES A LO LARGO DE LA GRADIENTE ALTITUDINAL DE LA CUENCA AMAZÓNICA ECUATORIANA**”, de autoría del egresado Nelson Armando Jaramillo Díaz, ha sido dirigida, revisada e incorporadas todas las sugerencias efectuadas por el Tribunal Calificador, y luego de su revisión se ha procedido a la respectiva calificación y aprobación. Por lo tanto autorizamos su publicación definitiva.

Loja, mayo del 2015

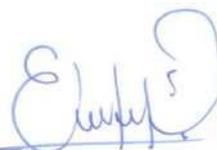
Atentamente,



Ing. Nikolay Aguirre Mendoza, Ph. D.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL CALIFICADOR



Ing. Willian Zury Ocampo, Mg. Sc.
VOCAL



Ing. Edwin Pacheco Pineda, Mg. Sc.
VOCAL

AUTORÍA

Yo Nelson Armando Jaramillo Díaz declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Autor: Nelson Armando Jaramillo Díaz

Firma: _____



Cedula: 1900520469

Loja, mayo del 2015

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo Nelson Armando Jaramillo Díaz declaro ser autor, de la tesis titulada "ESTRUCTURA FUNCIONAL DE COMUNIDADES DE BROMELIACEAS CON ÉNFASIS EN EL FLUJO DE METANO, AGUA Y NUTRIENTES A LO LARGO DE LA GRADIENTE ALTITUDINAL DE LA CUENCA AMAZÓNICA ECUATORIANA", como requisito para optar al grado de Ingeniero Forestal, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 20 días del mes de mayo de dos mil quince, firma el autor.

Firma: _____

Autor: Nelson armando Jaramillo Díaz

Número de cédula: 1900520469

Dirección: Cantón Loja

Correo electrónico: nelsjar@gmail.com

Teléfono: 072576727

Celular: 0985509398

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Zhofre Aguirre Mendoza, Ph. D.

Tribunal de Grado: Nikolay Aguirre Mendoza, Ph. D.

William Zuri Ocampo, Mg. Sc.

Edwin Pacheco Pineda, Mg. Sc.

AGRADECIMIENTO

Mi amigo, el Dr. Florian Werner por su apoyo, conocimientos, enseñanzas, paciencia y dedicación para la realización de este estudio y como persona, la demostración de su humildad y sencillez

Al Dr. Zhofre Aguirre, por sus valiosas revisiones y correcciones que me ayudaron a mejorar la tesis.

A mis amigos, en especial a Celso, por sus enseñanzas y apoyo para la culminación de esta tesis.

A José Manzanares especialista de la familia Bromeliaceae y que junto a Florian Werner guiaron mi camino al conocimiento botánico de estas plantas.

Un reconocimiento especial a las plantas, seres maravillosos que mantienen el equilibrio biológico de nuestras vidas y a las cuales debemos el mayor respeto y admiración.

DEDICATORÍA

Con mucho cariño para:

Mis padres Nelson Jaramillo y Victoria Díaz, por todos los valores y principios inculcados en mi vida y formación, lo que me ha servido para cada día tratar de ser una mejor persona.

A Pamela, mi esposa quien me apoyado con su amor y comprensión en los momentos más difíciles de nuestras vidas y que a pesar de todo aún me sigue apoyando para que logre alcanzar y cumplir con mis sueños.

A mi hermana Magaly a mis sobrinos Michael, Sebastián y Alejandro por su cariño y alegrías de cada día.

Índice General

Contenido	Pág.
PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS.....	II
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR.....	III
AUTORÍA	IV
CARTA DE AUTORIZACIÓN	V
AGRADECIMIENTO	VI
DEDICATORIA.....	VII
RESUMEN	XII
ABSTRACT.....	XIV
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
2.1. La Región Amazónica del Ecuador	6
2.2. Formaciones naturales de la Amazonia del Ecuador	6
2.2.1. Subregión norte y centro	7
2.2.1.1. Sector tierras bajas	7
2.2.1.2. Sector estribaciones de la Cordillera Oriental	8
2.2.1.3. Sector de las Cordilleras Amazónicas	8
2.2.2. Subregión sur	9
2.2.2.1. Sector tierras bajas	9
2.2.2.2. Sector estribaciones de la Cordillera Oriental y de las Cordilleras Amazónicas	10
2.3. Pisos Florísticos o altitudinales	10
2.4. Las epífitas y su importancia en las comunidades vegetales	11
2.4.1. Adaptaciones de las epífitas	12
2.4.2. Hábitat epifítico, agua y nutrientes	12
2.5. Familia Bromeliaceae	13
2.5.1. Distribución de la familia Bromeliaceae	14
2.5.2. Descripción botánica	15
2.5.3. Descripción taxonómica para Ecuador	15
2.6. Morfología de las Bromelias	17
2.7. Las bromelias como importante fitotelmata	18
2.8. Arqueas metanógenas	20
2.8.1. La metanogénesis y el ciclo del carbono	21
2.9. Impacto global del metano (CH ₄)	22
2.10. Métodos para el análisis de relaciones existentes entre variables	22
3. METODOLOGÍA	24
3.1. Localización y descripción del área de estudio	24
3.2. Información previa obtenida por el grupo de investigación alemana.....	29

3.3.	Establecimiento de parcelas de muestreo	31
3.4.	Metodología para determinar la abundancia, diversidad, representación de los diferentes tipos funcionales de bromelias y la relación que existe entre estos parámetros con la variación de altitud	32
3.4.1.	Determinación de la diversidad de morfoespecie de la familia Bromeliaceae	32
3.4.2.	Determinación de la abundancia de bromelias	33
3.4.3.	Determinación de tipos funcionales de la familia Bromeliaceae	33
3.4.4.	Conocer las relaciones existentes de la diversidad florística, abundancia, tipos funcionales con la gradiente altitudinal y estructura de la vegetación	34
3.5.	Metodología para estimar la cantidad de metano (CH ₄) por tanques de bromelia a nivel ecosistémico (ha)	35
3.6.	Metodología para establecer la cantidad de agua que almacenan las bromelias tanque en el ecosistema	37
3.7.	Metodología para determinar la biomasa de bromelias a nivel de ecosistema y el contenido de nutrientes presentes en la misma	38
4.	RESULTADOS	40
4.1.	Diversidad florística (morfoespecies) de la familia Bromeliaceae en base a la gradiente altitudinal	40
4.2.	Abundancia de la familia Bromeliaceae en base a la gradiente altitudinal	41
4.3.	Tipos funcionales de la familia Bromeliaceae en la Cuenca Amazónica Ecuatoriana	42
4.3.1.	Descripción de tipos funcionales	42
4.3.1.1.	Tipo funcional I – Guzmania	42
4.3.1.2.	Tipo Funcional II – Tanque Intermedio	43
4.3.1.3.	Tipo Funcional III – Tanque Ancho	43
4.3.1.4.	Tipo Funcional IV – Tanque Vase	44
4.3.1.5.	Tipo Funcional V – Tanque Estrella	44
4.3.1.6.	Tipo Funcional VI –Atmosféricas	45
4.3.1.7.	Tipo Funcional VII –Streptocalyx	45
4.3.1.8.	Tipo Funcional VIII –Pitcairnia	46
4.3.1.9.	Tipo Funcional IX – Piña	47
4.3.2.	Número de Tipos funcionales de Bromeliaceae en sitios de muestreo	48
4.4.	Relaciones existentes entre la diversidad florística, abundancia, tipos funcionales y la gradiente altitudinal	49
4.4.1.	Relación entre diversidad (morfoespecies) y gradiente altitudinal	49
4.4.2.	Relación entre abundancia de bromelia y gradiente altitudinal	49
4.4.3.	Relación entre tipos funcionales de bromelias y la gradiente altitudinal	50
4.5.	Emisiones de metano (CH ₄) de bromelias tanque a nivel ecosistémico (ha)	51
4.6.	Contenido de agua lluvia de bromelias tanque a nivel ecosistémico (ha)	52
4.7.	Cantidad de Biomasa de bromelias tanque a nivel ecosistémico (ha)	53
4.8.	Contenido de nutrientes (N y P) de bromelias tanque a nivel ecosistémico (ha)	54
4.8.1.	Contenido de nitrógeno (N) en bromelias	54

4.8.2.	Contenido de fósforo (P) en bromelias	55
5.	DISCUSIÓN	56
5.1.	Diversidad de la familia Bromeliaceae presente en la Cuenca Amazónica Ecuatoriana	56
5.2.	Abundancia de la familia Bromeliaceae en la Cuenca Amazónica Ecuatoriana	56
5.3.	Tipos funcionales de la familia Bromeliaceae	57
5.4.	Evaluación de las relaciones existentes entre la diversidad florística, abundancia, tipos funcionales y la gradiente altitudinal	58
5.5.	Emisión de metano (CH ₄) de bromelias	58
5.6.	Almacenamiento de agua de bromelias a nivel ecosistémico	59
5.7.	Contenido de Biomasa de bromelias	59
5.8.	Concentraciones de nutrientes (N y P) en bromelias.....	60
6.	CONCLUSIONES	61
7.	RECOMENDACIONES	62
8.	LITERATURA CITADA	63
9.	ANEXOS	70

TÍTULO

ESTRUCTURA FUNCIONAL DE COMUNIDADES DE BROMELIÁCEAS CON ÉNFASIS EN EL FLUJO DE METANO, AGUA Y NUTRIENTES A LO LARGO DE LA GRADIENTE ALTITUDINAL DE LA CUENCA AMAZÓNICA ECUATORIANA.

RESUMEN

El presente estudio se realizó para determinar la estructura funcional de comunidades de bromeliáceas con énfasis en el flujo de metano (CH_4), agua y nutrientes a lo largo de la gradiente altitudinal, en las provincias de Loja, Zamora, Napo y Orellana, entre los meses de mayo del 2012 a agosto del 2014. Se instalaron un total de 72 parcelas temporales de muestreo de 20 x 20 m (400 m^2), donde se calculó parámetros de diversidad, abundancia y diferenciación de tipos funcionales que presentan las bromelias en base a su arquitectura; en cuyo interior (fitotelma) se realizan varios procesos e interacciones como: la emisión de metano, almacenamiento de agua, contenido de biomasa y concentración de nutrientes (N y P), valores que fueron extrapolados a una hectárea de bosque.

El estudio determinó que los sitios más diversos a nivel de morfoespecies son San Francisco con 24 morfoespecies y Cajanuma con 16 morfoespecies en la región sur (RS) y Guacamayos en la región norte (RN) con 14 morfoespecies. La mayor abundancia de bromelias se encuentra en los sitios de San Francisco (RS) con 7446 individuos y Guacamayos (RN) con 3177 individuos. Se establecieron un total general de 9 tipos funcionales de bromelias para la Cuenca Amazónica Ecuatoriana.

Las mayores estimaciones de emisión de metano se dan en San Francisco en la Región Sur (RS) con 4 261,15 mg/ha y Guacamayos e la Región Norte (RN) con 3 994,48 mg/ha. La mayor cantidad de almacenamiento de agua en tanques de bromelia se encuentra en los sitios de San Francisco (RS) con 11 687,58 l/ha y Guacamayos (RN) con 8 152,42 l/ha. Los sitios que muestran mayores cantidades de biomasa de bromelias son San Francisco (RS) con 540,57 kg/ha y Guacamayos con 452,71 kg/ha. Los sitios con altas concentraciones de nutrientes en Nitrógeno son San Francisco con 97,61 Kg/ha, seguido de Cajanuma con 68,09 Kg/ha y Guacamayos con 60 Kg/ha; para Fósforo se tiene a San Francisco con 94,51 Kg/ha, Cajanuma 67,20 Kg/ha y Guacamayos con 57,26 Kg/ha.

Los resultados de este estudio muestran que los sitios localizados a 2000 m s.n.m. presentan mejores resultados en diversidad de morfotipos, abundancia, emisiones de metano,

almacenamiento de agua, cantidad de biomasa y concentración de nutrientes (N y P) por parte de los tipos funcionales que presentan las bromelias.

SUMMARY

This study was carried out in order to determine the functional structure of bromeliad communities focusing on the flow of methane (CH₄), water and nutrients along the altitudinal gradient in the provinces of Loja, Zamora, Napo and Orellana. This was carried out during May 2012 to August 2014. A total of 72 temporary sample plots measuring 20 x 20 m (400 m²) were set up, where parameters of diversity, abundance, and functional differentiation were displayed by the bromeliads in relation to their architecture. In their interior (phytotelm) several processes and interactions are performed such as methane emissions, water storage, biomass content and concentration of nutrients (N and P) whose values were extrapolated to that of a hectare of forest.

The study found that the most diverse sites in terms of morphospecies were San Francisco with 24 morphospecies and Cajanuma with 16 morphospecies in the southern region (RS) and 14 morphospecies in Guacamayos in the northern region (RN). The greatest number of bromeliads were found in San Francisco (RS) with 7446 specimens and in Guacamayos (RN) with 3177 specimens. A grand total of 9 functional types of bromeliads for the Ecuadorian Amazon basin were established.

The largest methane emission estimates are given in San Francisco in the South Region (RS) 4261.15 mg/ha and macaws and the Northern Region (RN) 3 994.48 mg/ha. Most water storage tanks bromeliads is in San Francisco sites (RS) 11 687.58 l/ha and macaws (RN) 8 152.42 l/ha. Sites that show larger amounts of biomass are bromeliads San Francisco (RS) with 540.57 kg/ha and macaws with 452.71 kg/ha. Sites with high concentrations of nitrogen nutrients are San Francisco with 97.61 kg/ha, followed by Cajanuma with 68.09 kg/ha and macaws with 60 Kg/ ha; for phosphorus you have to San Francisco with 94.51 kg/ha, Cajanuma 67.20 kg/ha and macaws with 57.26 kg/ha .

The results of this study indicated that the sites located at 2000 m s.n.m. exhibited better results with respect to morphotype diversity, abundance, methane emissions, water storage,

amount of biomass and nutrient concentrations (N and P) according the functional types bromeliads.

1. INTRODUCCIÓN

Las epífitas son un elemento característico y particular de los bosques lluviosos y bosques de neblina; en menor diversidad y abundancia se encuentran en otros tipos de vegetación, como selvas secas, manglares y desiertos (Gravendeel *et al.*, 2004); y las cuales en un sólo forófito pueden establecerse varias especies de epífitas al mismo tiempo y en diferente proporción (Granados *et al.*, 2003). Así mismo, este tipo de plantas tienen una importante influencia sobre parte de la fauna ya que muchas de ellas, sobre todo las epífitas pertenecientes a la familia Bromeliaceae, proveen de hábitat a insectos, ácaros, moluscos y pequeños anfibios (Benzing, 2000; Gentry y Dodson, 1987; Pulido-Esparza *et al.*, 2004; Stuntz *et al.*, 2002).

En la actualidad se conoce que la distribución de la familia Bromeliaceae está limitada a las latitudes subtropicales y tropicales de América con 2885 especies que ocurren en forma nativa, con la excepción de una sola especie nativa del África Occidental. En Ecuador, Bromeliaceae es una de las familias más distintivas de plantas en la vegetación, con 455 especies, aproximadamente el 16 % de la diversidad total de la familia (Manzanares, 2002).

Las Bromeliaceas son un componente importante en los bosques, tanto en lo que se refiere a la riqueza de las especies (Gentry y Dodson, 1987; Ibisch, 1996, Nieder *et al.*, 1999; Krömer *et al.*, 2005), como a su rol en los ciclos de agua y nutrientes (Nadkarni, 1984; Coxson y Nadkarni, 1995), así como también a las grandes cantidades de biomasa que acumulan (Veneklaas *et al.*, 1990).

Las bromelias dependen en su mayoría de un sistema de almacenamiento (tanques) para una mejor acumulación de agua y nutrientes (Benzin y Renfrow, 1971). Para lo cual Kitching, (2000), señala que las bromelias tanque a una densidad media de 175 000 plantas maduras por hectárea en un bosque nublado de Colombia, representa 50 000 litros de agua/ha incautados en su interior, lo cual influye en la heterogeneidad espacial del agua dentro del bosque.

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.*, 2003; Wania *et al.*, 2002). Por otro lado, las bromelias epífitas en el dosel del bosque tiene un contenido bajo de Nitrógeno (N) y Fósforo (P) debido a que en el suelo hay más disponibilidad de éstos nutrientes (Cardelús y Mack, 2009).

Hace algunos años quedó demostrado que los bosques tropicales de México, América Central, Sudamérica y el Caribe emiten grandes cantidades de metano. Sin embargo, la fuente y el proceso de emisión no habían podido ser bien establecidos. Para lo cual Martinson *et al.*, (2010), en la publicación “*Emisiones de Metano de Tanques de Bromelias en los Bosques Neotropicales*” a través de la línea *Nature Geoscience*, dan a conocer hallazgos sorprendentes: muestran que existen **humedales**¹ en miniatura que emiten metano (CH₄) y los cuales se pueden encontrar en plantas que crecen en las ramas de los árboles tropicales, específicamente bromelias; por tal razón, bromelias tanque son un claro ejemplo de plantas con alta complejidad estructural y funcional, ya que las mismas juegan un papel primordial en los procesos ecosistémicos de los bosques, debido a que en su tanque (phytotelma) se realizan un sin número de procesos e interacciones de gran importancia, como son los flujos de metano.

Al hablar de metano (CH₄), es importante conocer que el mismo es un potente gas de efecto invernadero (23 veces más elevado al del CO₂) y, después del óxido de nitrógeno (N₂O) es el de mayor significancia (296 veces más elevado al del CO₂), su concentración en la atmósfera se ha duplicado en el curso de los últimos dos siglos (Conrad, 2007), con una concentración media de 1774 **ppb**², lo que equivale del 20 % al 25 % de la radiación total de gases de efecto invernadero (Forster *et al.*, 2007).

¹ 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 atmosfera al suelo.

²Una parte por billón (ppb) es una unidad de medida para expresar concentraciones extremadamente pequeñas.

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).

Si bien las fuentes de metano son abundantes y se comportan de manera incierta, los estudios realizados en la atmósfera a través de la aplicación del espectrómetro **SCIAMACHY**³, muestran que los niveles de metano global en la atmósfera son altos y se distribuyen a lo largo de ésta, como se muestra en la Figura 1; donde se detectaron una larga escala de patrones de emisiones de metano antropogénico y natural; las regiones como principales fuentes de metano pueden ser claramente identificadas, como sucede en los humedales de Siberia, los humedales y cultivos de arroz de China y los humedales de las zonas tropicales (Buchwitz *et al.*, 2005.)

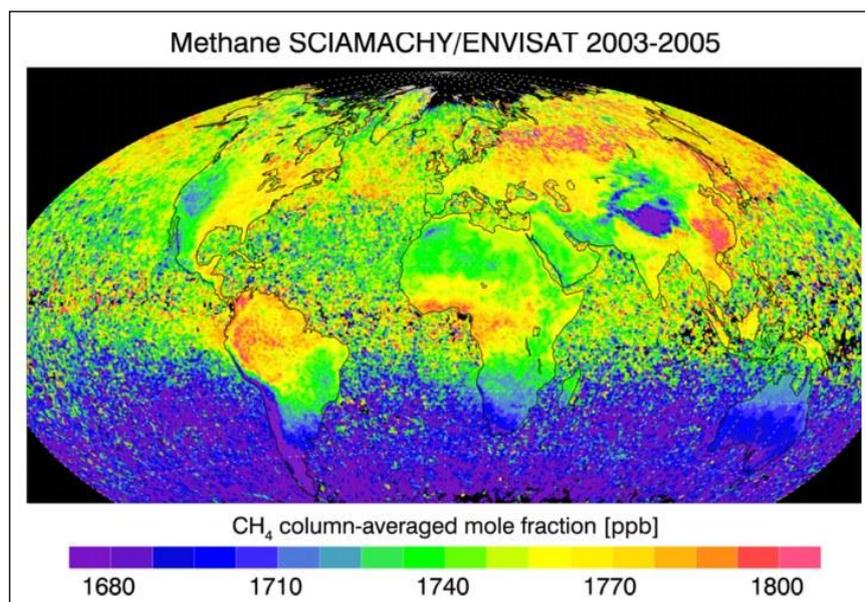


Figura 1.- Concentración de niveles de metano en la atmósfera (Fuente: Schneising *et al.*, 2008)

Del total de metano emitido a la atmósfera, 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

³ Sensor que registra la radiación solar transmitida, retrodispersada y reflejada de la atmósfera y la descompone en sus componentes espectrales. Estos resultados se filtran para encontrar “huellas” de absorción espectral de gases traza en el aire, lo cual permite llegar a conclusiones exactas sobre las concentraciones de contaminantes del aire, presentes entre la superficie de la Tierra y una altitud de 90 kilómetros.

algunos animales. Los humedales por si solos contribuyen con 100 a 200 Tg (teragramos⁴) a los niveles anuales de metano (Butenhoff y Khan, 2007).

Según Martinson *et al.*, (2010), las bromelias tanque actuarían como mini-humedales escondidos bajo el dosel del bosque , los cuales en su interior (fitotelma) se producen flujos de metano, a través de procesos de anoxia entre la combinación de agua lluvia y hojarasca proveniente de los árboles y la cual es acumulada en las axilas de la hojas (Ver Figura 2) y es donde la presencia de bacterias de comunidades activas de metanógenos-*archaea* resultantes de este proceso, producen metano (CH₄) en cantidades significativas a la atmosfera y lo cual ayudaría a explicar los altos niveles de metano detectados encima de los bosques tropicales.



Figura 2. Hojarasca y restos orgánicos en la axila de una hoja de bromelia tanque en la *Tillandsia tovariensis* (Fuente: Martinson *et al.*, 2010).

Este estudio forma parte del Macro-Proyecto de Investigación Alemán “Limitaciones en el Crecimiento de Epifitas y la Productividad de Metanógenos Asociados”, llevado a cabo en diferentes sitios de investigación. Desde octubre del 2008 hasta enero del 2009 el Grupo de Trabajo Veldkamp / Flessa en la Reserva Biológica San Francisco (RBSF) ya realizó un primer ensayo, en lo referente a la emisión de metano (CH₄) de individuos de Bromelias Tanque. Para lo cual esa metodología se tomó para el desarrollo del presente proyecto.

⁴ Medida de masa que es igual a un billón de gramos o 10¹² gramos.

La presente investigación se desarrollo en la Cuenca Amazónica Ecuatoriana (CAE), destacando el estudio de la familia Bromeliaceae, en función de parámetros de abundancia, tamaño de la planta y la arquitectura de tipos funcionales; para determinar estimaciones de flujos de metano, almacenamiento de agua lluvia, biomasa y nutrientes (N y P) interpolados a nivel de hectárea de bosque en sitios establecidos a lo largo de la gradiente altitudinal.

Los objetivos que guiaron la presente investigación fueron:

- Determinar la abundancia, diversidad y representación de los diferentes tipos funcionales de bromelias y la relación que existe entre estos parámetros con la variación de altitud.
- Estimar la cantidad de metano emitido por tanques de bromelia a nivel de ecosistema.
- Determinar la cantidad de agua lluvia que almacenan las bromelias tanque en el ecosistema.
- Determinar la biomasa de bromelias a nivel de ecosistema y el contenido de nutrientes presentes en la misma.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. La Región Amazónica del Ecuador

La Región Amazónica comprende las provincias de Orellana, Pastaza, Napo, Sucumbíos, Morona Santiago y Zamora Chinchipe. Se extiende sobre un área de 120 000 km² de exuberante vegetación, propia de los bosques húmedo-tropicales. Sus límites están marcados por la Cordillera de los Andes en la parte occidental de esta región (Paymal y Sosa, 1993).

Según Paymal y Sosa, (1993) el relieve de la Amazonía está conformado por una serie de colinas que se originan en los Andes orientales y descienden hasta la Llanura del Amazonas. Existen dos regiones geográficas: la Alta Amazonía y la Llanura Amazónica. En la primera región se pueden encontrar las cordilleras de Napo Galeras, Cutucú y Cóndor. Los relieves más importantes de la Amazonía se encuentran en la parte norte de la región, cerca al volcán Sumaco, y los más bajos hacia el este de la región.

La temperatura anual promedio oscila entre 24 y 25°C. La tercera cordillera, en esta región, se ubica al Este y en sentido paralelo a la Cordillera Real, con separación de unos 40 km. El ecosistema amazónico, en especial su bosque tropical lluvioso, contiene los hábitats vegetales y animales más ricos y complejos del mundo. La existencia de una prolífica flora y fauna junto a extraordinarias variaciones de macro y micro hábitat radica la característica más importante de esta región (Paymal y Sosa, 1993).

2.2. Formaciones naturales de la Amazonia del Ecuador

Según Sierra *et al.*, (1999) la Región Amazónica Ecuatoriana (RAE) corresponde a los territorios ubicados por debajo de 1300 m s.n.m. en las estribaciones orientales de los Andes, incluyendo todas las cordilleras y tierras bajas hacia el este. Esta región constituye aproximadamente el 50 % de la superficie nacional. Se identifican la subregión Norte, Centro y la Subregión Sur, cada una con sus respectivas formaciones naturales (o tipos de vegetación).

2.2.1. Subregión norte y centro

Comprende los territorios entre la frontera con Colombia, al norte y la unión de los ríos Zamora y Namangoza al sur, y la frontera con Perú al este.

2.2.1.1. Sector tierras bajas

A continuación se describen los tipos de vegetación:

– **Bosque siempreverde de tierras bajas**

Este tipo de vegetación incluye los bosques sobre colinas medianamente disectadas y bosques sobre tierras planas bien drenadas, es decir, no inundables, y los bosques en tierras planas pobremente drenados. Los bosques siempre verdes amazónicos son altamente heterogéneos y diversos, con un dosel que alcanza los 30 m de altura y árboles emergentes que superan los 40 m o más de altura

– **Bosque siempreverde de tierras bajas inundable por aguas blancas**

Son bosques ubicados en las terrazas sobre suelos planos contiguas a los grandes ríos (entre ellos Aguarico, Coca, Napo Pastaza y Bobonaza de aguas blancas y claras. En épocas de altas precipitaciones se inundan por varios días y los sedimentos enriquecen el suelo. Estas terrazas pueden permanecer varios años sin inundarse. La vegetación alcanza hasta los 35 m de altura.

– **Bosque siempreverde de tierras bajas inundable por aguas negras**

Se encuentra en los territorios inundables por ríos de aguas negras o en sistemas lacustres con iguales características. Los ríos de aguas negras nacen en la misma llanura amazónica y contienen grandes cantidades de compuestos orgánicos producto de la descomposición de la materia orgánica, lo que provoca su color oscuro. En estos bosques los troncos de los árboles permanecen varios meses del año sumergidos dos a tres metros. Pocas especies de plantas están adaptadas a estas condiciones.

– **Bosque inundable de palmas de tierras bajas**

Esta formación es conocida localmente como “moretal”. Ocupa grandes extensiones planas, mal drenadas y, por lo tanto, pantanosas o inundables la mayor parte del año por lluvias locales cerca de lagunas o ríos. El elemento más conspicuo de estas formaciones es la palma conocida como morete. Se localiza principalmente en la parte nororiental del país (por ejemplo, alrededor de las lagunas de Añangu y Zancudococha). El centro y suroriente tienen manchas de menor tamaño. El dosel alcanza los 30 m de altura, con sotobosque relativamente denso.

– **Herbazal lacustre de tierras bajas**

Son formaciones herbáceas muy localizadas que alcanzan hasta los cuatro metros de altura y se ubican en los márgenes de las lagunas de aguas negras transparentes, y ricas en compuestos orgánicos. Se localizan por ejemplo, en los alrededores de las lagunas de Cuyabeno, Imuya, Limoncocha y Jatuncocha.

2.2.1.2. Sector estribaciones de la Cordillera Oriental

A continuación se describe el respectivo tipo de vegetación:

– **Bosque siempreverde pie montano**

Aproximadamente entre 600 1300 m s.n.m. ocurre una franja donde el traslape entre las especies amazónicas y andinas es muy obvia. Pocas especies de árboles de las tierras bajas superan el límite superior de los 1300 m s.n.m. El dosel superior en estos bosques alcanza los 30 m de altura. El subdosel y sotobosque son muy densos.

2.2.1.3. Sector de las Cordilleras Amazónicas

A continuación se describen los respectivos tipos de vegetación:

➤ **Bosque siempreverde montano bajo**

Sobre las laderas de la Cordillera Galeras el bosque alcanza de 20 a 30 m de altura, es siempre verde y muy denso, con tres estratos difíciles de separar. Esta formación se ubica entre 1300 m s.n.m. y 1700 m s.n.m.

El número de especies epifitas y hemiepifitas aumenta considerablemente con relación a los bosques de tierras bajas, en especial dentro de las familias Piperaceae, Araceae, Melastomataceae y Orchidaceae.

➤ **Matorral húmedo montano bajo**

Sobre las crestas de las colinas de la Cordillera Galeras y Cutucú la vegetación es densa, achaparrada, no superior a 8 m de altura. Hay poca información sobre esta área, pero las primeras exploraciones indican un alto endemismo.

2.2.2. Subregión sur

Comprende el sector de tierras bajas y el sector estribaciones de la Cordillera Oriental y de las Cordilleras Amazónicas.

2.2.2.1. Sector tierras bajas

Comprende un solo tipo de formación vegetal:

➤ **Bosque siempreverde de tierras bajas**

Se localiza en las partes planas contiguas a los ríos Zamora y Nangaritza, entre 600 y 900 m s.n.m. aproximadamente. La vegetación natural en estas áreas casi ha desaparecido por completo, para ser reemplazada por cultivos y pastos. Sólo quedan árboles aislados en potreros o chacras como evidencias de lo que fue la vegetación original.

2.2.2.2. Sector estribaciones de la Cordillera Oriental y de las Cordilleras Amazónicas

Este sector incluye la Cordillera del Cóndor. Desde el punto de vista de diversidad florística, la separación de esta Cordillera de la Cordillera del Cutucú, más al norte, puede resultar errada. Sin embargo hacen falta más estudios para una mejor definición que compruebe o anule la división geográfica usada aquí.

➤ Bosque siempreverde pie montano

Al igual que en la parte norte de la RAE, entre 800 y 1300 m s.n.m., sobre las laderas de las cordilleras, ocurre una franja de vegetación donde se mezclan las especies amazónicas con algunos elementos andinos. El dosel alcanza los 30 m de altura.

➤ Matorral húmedo montano

Sobre las crestas de las colinas surorientales, donde el suelo es pobre y a menudo con afloramientos de rocas calizas, la vegetación es baja y extremadamente densa. El dosel alcanza los 8 m de altura y los árboles están cargados de epifitas. Estas formaciones contrastan drásticamente con el bosque alto a la misma altitud donde el suelo presenta otras características. El suelo está cubierto por una capa densa y gruesa de materia orgánica, donde abundan los helechos. Sobre los troncos de los árboles crecen numerosas especies de orquídeas, helechos y bromelias. Es posiblemente el tipo de bosque que tiene los mayores índices de endemismo en el suroriente.

2.3. Pisos Florísticos o altitudinales

Se refieren a la ubicación de las formaciones con respecto al nivel del mar y a los cambios florísticos, fisonómicos y fenológicos correspondientes. Debido a que el énfasis en los cambios florísticos (esto es, los rangos altitudinales de grupos botánicos característicos) son evidentes a diferentes elevaciones en distintas cordilleras (debido a su elevación total, efecto de sombra, distancia al mar) los rangos son definidos para cada grupo de regiones orográficas (cambian de región a región). Además, los rangos de elevación en los que los tipos de formación y sus formaciones vegetales ocurren, disminuyen paulatinamente de norte a sur y hacia la costa. En algunas localidades la vegetación puede encontrarse fuera del

rango sugerido debido a condiciones climáticas o geológicas locales. En general los rangos propuestos son aproximados y pueden variar de acuerdo con las condiciones locales (Sierra *et al.*, 1999).

En el cuadro 1 se muestran las zonas altitudinales del territorio ecuatoriano, propuesta por Sierra *et al.*, (1999). Para esta clasificación no se incluye una definición de la zona sobre los 3600 m s.n.m., debido a que en esta zona solo existe dos tipos de vegetación páramo y gelidofitia cuyos nombres no requieren dicha definición.

Cuadro1. Zonas altitudinales propuestas, en metros sobre el nivel del mar

	Región Pacífica		Región Andina				Región Amazónica	
	Norte	Sur	Estribaciones Occidentales		Estribaciones Orientales		Norte	Sur
			Norte	Sur	Norte	Sur		
Tierras bajas:	0-300	0-300	No se aplica	No se aplica	No se aplica	No se aplica	0-600	0-800
Piemontano:	300-450	300-450	300-1.300*	300-1.100*	600-1.300**	800-1300**	600-1.300	800-1.300
Montano bajo:	> 450	> 450	1.300-1.800	1.100-1.500	1.300-2.000	1.300-1.800	> 1.300	> 1.300
Montano:	No se aplica	No se aplica	1.800-3.000	1.500-2.900	2.000-2.900	1.800-2.800	No se aplica	No se aplica
Montano alto:	No se aplica	No se aplica	3.000-3.400	2.900-3.300	2.900-3.600	2.800-3.100	No se aplica	No se aplica

2.4. Las epífitas y su importancia en las comunidades vegetales

Ceja *et al.*, (2008) sostuvo que las epífitas es un grupo de plantas que, por diversas razones, han abandonado el hábito terrestre y se han adaptado a vivir sobre otras plantas para obtener los recursos que necesitan para desarrollarse.

Las plantas son parte fundamental de los distintos ecosistemas que se presentan en el planeta, ya que desde los más imponentes árboles hasta las más delicadas hierbas forman la base de todas las comunidades biológicas conocidas. Un componente importante dentro de algunas de estas comunidades son las epífitas, las cuales, dependiendo de las condiciones ambientales en las que se desarrollen, pueden presentar una gran diversidad de formas (Ceja *et al.*, 2008).

Ceja *et al.*, (2008) sugiere que las epífitas desempeñan un papel muy importante en la dinámica de las comunidades ya que al estratificarse verticalmente, desde los troncos de los árboles hasta las copas del dosel, ofrecen una gran variedad de nichos y recursos que son aprovechados por diversos grupos de animales, hormigas, artrópodos, anfibios, aves, entre otros, contribuyendo al incremento de la biodiversidad de las comunidades donde se encuentran.

Finalmente, es importante resaltar que las epífitas son un grupo de plantas complejo y diverso que puede ser estudiado desde distintas perspectivas con el fin de profundizar en el conocimiento de sus diferentes aspectos biológicos, con lo cual queda claro que aún hay mucho por hacer en torno a ellas (Ceja *et al.*, 2008).

2.4.1. Adaptaciones de las epifitas

Si bien crecer por encima del nivel del suelo presenta la ventaja de tener menos competencia por la luz, es desfavorable en lo que a captación de agua y minerales se refiere. Para solucionar dicho problema, las epífitas han desarrollado modificaciones morfológicas, anatómicas y fisiológicas que les permiten captar, absorber y almacenar el agua, así como evitar su pérdida y la de los solutos en ella disueltos. Además, han modificado sus flores e inflorescencias para favorecer su éxito reproductivo, lo cual les ha permitido colonizar nichos ecológicos específicos en una gran diversidad de hábitats (Ceja *et al.*, 2008).

2.4.2. Hábitat epifítico, agua y nutrientes.

Penagos y Palacino, (2006) aseguran que las mayores dificultades que enfrentan las plantas epífitas se relacionan con la falta de agua y nutrientes, esto se debe en gran parte a que no se desarrollan sobre un suelo como tal. La cantidad de agua disponible está dada por la humedad atmosférica (humedad relativa), que a su vez depende de la dirección e intensidad de los vientos y de la cantidad de precipitación pluvial (humedad líquida) en la zona.

Para afrontar con éxito el “problema” del agua, muchas epífitas tienen adaptaciones similares a las que poseen las plantas en el desierto, lo que les permite absorber de forma rápida y eficiente una gran cantidad de agua que se retiene durante un tiempo considerable, para impedir su pérdida y salirle al paso a las épocas de escasez. Entre dichas adaptaciones se encuentra por ejemplo, que muchas epífitas poseen una capa cerosa en su superficie externa, lo que les ayuda a retener agua. Muchas de las epífitas vasculares tienen una forma de metabolismo llamada CAM (Metabolismo Ácido de las Crasulaceae), el cual posibilita la absorción de CO₂ (dióxido de carbono) durante la noche (principalmente), cuando las temperaturas son más bajas. Esta característica permite que las epífitas mantengan cerrados sus estomas durante el día, para reducir la pérdida de agua por evapotranspiración (Penagos y Palacino, 2006)

Las epífitas existen en condiciones pobres de nutrientes debido a que su ubicación sobre las otras plantas, cubre distancias que van desde unos pocos centímetros del suelo, hasta varios metros de altura, lo cual impide que se favorezcan en un alto porcentaje con la materia orgánica que cae de aquellas plantas más altas. Aunque una parte de su “dieta” está relacionada con el detritus que se deposita en las ramas de los árboles (a lo que algunos estudiosos han denominado “suelo aéreo”), la obtención de la mayor parte de los nutrientes, está ligada directamente con la posibilidad de obtener agua lluvia, pues es en ella, en donde su “sustento” viene disuelto. A pesar de lo anterior, el desarrollo de esta clase de plantas es exitoso, debido a que son una forma de existencia basada en la “máxima economía”, que “lucha” por la obtención de agua y nutrientes como Nitrógeno (N), Potasio (K) y Fósforo (P), los cuales por lo regular se encuentran en bajas concentraciones. Es una vida tan única y diferente, que en muchas de las especies no son sus hojas sino sus raíces verdes y aéreas, las que realizan el proceso de fotosíntesis (Penagos y Palacino, 2006).

2.5. Familia Bromeliaceae

En 1493, al poner pie sobre la isla de Guadalupe, Cristóbal Colón y el resto de los europeos que lo acompañaban en su aventura encontraron una planta desconocida para ellos, que con el pasar de los años se convertiría en la bromelia más famosa del mundo: la piña comestible (*Ananas comosus*), a la que también se llamó ananás. El origen del nombre

genérico, que posteriormente pasaría a darle nombre a toda la familia, se remonta a 1699, cuando el naturalista francés Charles Plumier visitó las Antillas y encontró a una espinosa planta de gran rosetón que los nativos llamaban "karatas". Decidió nombrarla bromelia en honor al sueco Olaf Bromel, discípulo del padre de la botánica moderna. Carl Linneo. En 1805, el botánico Jaume Saint-Hilaire decidió utilizar el vocablo latino *aceae* para nombrar a las familias muy numerosas de las plantas, por lo que la familia pasó a llamarse Bromeliaceae (Guía EL Universal, 1999; citado por Zabala, 2002).

2.5.1. Distribución de la familia Bromeliaceae

Según Heywood, (1985) las bromelias se distribuyen en climas tropicales de zonas cálido-templadas, nativas del Nuevo Mundo. En la figura 3 se muestra su distribución a nivel global, la cual se extiende desde Chile y Argentina (Latitud 44 S) hasta Centro América y el Caribe, alcanzando el sudeste de la costa del estado Virginia (latitud 37 N) en los Estados Unidos y una sola especie (*Pitcairnia feliciana*) vive al oeste de África, específicamente en Guinea. Esta distribución sugiere que esta familia apareció en el tiempo en el cual el África y Sudamérica se estaban separando. Otros prefieren pensar que una semilla viajó en los barcos que transportaban a los esclavos (Guía El Universal, 1999; citado por Zabala, 2002).



Figura 3. Distribución mundial de la familia Bromeliaceae (Givnish 2004)
Sitio web: <http://www.mobot.org/MOBOT/Research/APweb/welcome.html>

Las regiones con mayor diversidad de bromelias son el sur de México, Centroamérica, la Cordillera Andina (desde Colombia a Perú), Venezuela y el extremo este de Brasil. El rango

altitudinal de las bromelias va desde el nivel del mar hasta los 4500 m s.n.m. en los trópicos de Sur América (Enciclopedia Británica, 2001; citado por Zabala, 2002).

2.5.2. Descripción botánica

Las Bromeliáceas son hierbas perennes, terrestres o epífitas, el desarrollo de las hojas de la mayoría de las bromelias forma una roseta. Hojas con tricomas peltados absorbentes, las laminas alargadas, triangulares o liguladas o casi filiformes, ocasionalmente comprimidas proximalmente y subpeciolada o pecioladas. Inflorescencias generalmente terminales (laterales), simples o compuestas, sépalos libres o a veces connados, pétalos libres; ovario súpero o ínfero; semillas con o sin apéndices (Utley *et al.*, 2001).

2.5.3. Descripción taxonómica para Ecuador

La familia Bromeliaceae se subdivide en tres subfamilias, **Bromelioideae**, **Pitcairnioideae** y **Tillandsioideae** (Ver Figura 4), reuniendo los géneros con características similares en la estructura floral y morfología de las semillas (Manzanares, 2002).

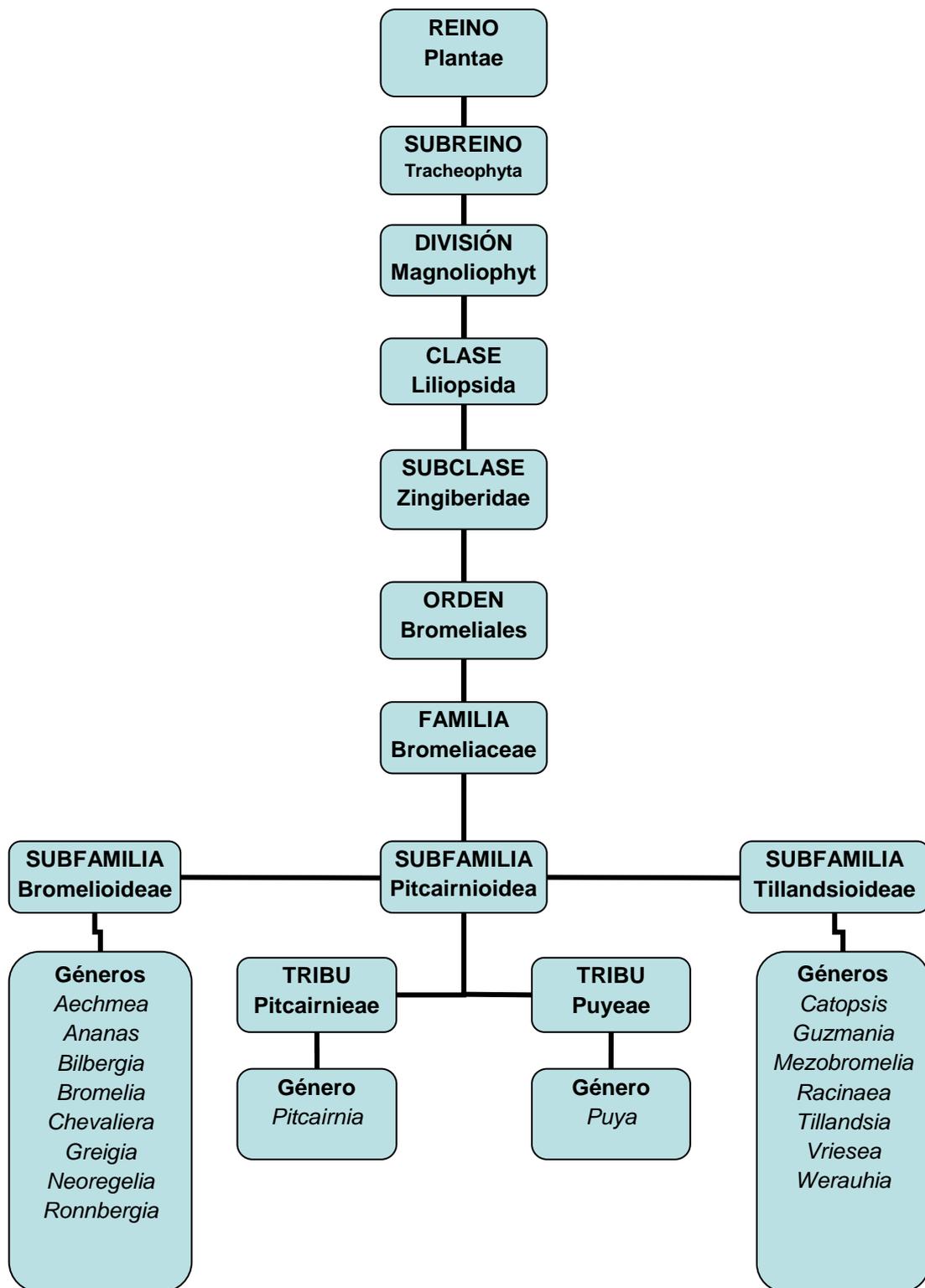


Figura 4. Clasificación de las BROMELIACEAE con los géneros presentes en el Ecuador (Manzanares, 2002).

2.6. Morfología de las Bromelias

Uno de los ejemplos más comunes de cómo la forma de las plantas se modifica para poder satisfacer su necesidad de captar y almacenar agua lluvia y materia orgánica (hojarasca), es el de las bromelias cuyas hojas se disponen formando una roseta (filotaxis polística) y constituyen una especie de embudo que permite retener el líquido y llevarlo hacia el centro, razón por la que reciben el nombre de plantas tanque, a excepción de cuatro especies en el Ecuador que presentan una filotaxis dística como son *Aechmea brevicollis*, *Tillandsia capillaris*, *Tillandsia recurvata* y la *Tillandsia usneoides* (Manzanares, 2002).

El tamaño de las bromelias varía mucho, en un mismo género se encuentran formas pequeñas, medianas y grandes. La *Tillandsia recurvata* mide de 5 - 510 cm y contrasta con la *Tillandsia pyramidata* que alcanza con su inflorescencia 2 m de altura. La mayoría tienen un crecimiento ascendente buscando la luz solar (geotropismo negativo). Un crecimiento colgante (geotropismo positivo) que lo muestra la *Tillandsia usneoides*, muy común en el Callejón Interandino y en la región de la Costa (Manzanares, 2002).

Las bromelias monocárpicas finalizan su crecimiento con la emisión de la inflorescencia en el centro de la roseta, en cambio las policárpicas que son mayoritarias en la familia, continúan con su desarrollo vegetativo; en ambos casos el ciclo vital termina cuando florecen. El tiempo que demoran en florecer depende de cada género y especie. La *Puya hamata*, desde su nacimiento por semilla hasta el momento de su floración, necesita 30 años. En los géneros *Guzmania* y *Vriesea* los ciclos son cortos, florecen a los 2 - 3 años desde la germinación de la semilla. La maduración de las semillas demorarán de un mes a un año (Manzanares, 2002).

Las raíces, su rol es de fijación, sujetando firmemente la planta a la rama de un árbol o donde se encuentra su hábitat, evitando que caigan con el peso del agua acumulada en su tanque o reservorio. Es frecuente ver en algunas especies de bromeliáceas que caen de los árboles y se fijan al suelo mediante un sistema radicular bien desarrollado (Manzanares, 2002).

Las hojas de las bromelias se componen de dos partes, el asiento y la lámina. El asiento cumple la función de conservar el agua de la lluvia y los desechos vegetales de otras plantas que caen en su interior, son descompuestos y asimilados con el agua. La lámina posee la forma idónea para que la planta pueda retener la mayor cantidad de agua y conducirla al reservorio o tanque (Manzanares, 2002).

Al finalizar el proceso de maduración de la inflorescencia, emiten nuevos brotes desde la base de la roseta o al pie del pedúnculo. Mediante la propagación asexual, se mantiene la población existente, asegurando una constante producción de semillas. Hay especies que emiten brotes adventicios en la base de la planta o en la inflorescencia, los cuales se desprenden e inician una nueva población. La reproducción sexual a través de semillas deja a la especie expandirse en su hábitat, cubriendo extensas zonas, las especies monocárpicas emiten mayor cantidad de semillas para asegurar su existencia. El viento dispersa las semillas en las subfamilias Pitcairnioideae y Tillandsioideae. Pequeños mamíferos se encargan de diseminar las semillas en la subfamilia Bromelioideae (Manzanares, 2002).

Es importante saber que el tanque de la bromelia o cavidad fitotelmática puede ser: central formada por todas las hojas (Ej. *Bilberggia*), lateral en cada asiento de la hoja (Ej. subfamilia Tillandsioideae), o carecer completamente de ella como en *Bromelia*, *Chevaliera* y en algunos géneros de la subfamilia Pitcairnioideae (Manzanares, 2002).

2.7. Las bromelias como importante fitotelmata

La familia Bromeliaceae incluye especies consideradas como plantas suculentas en el sentido de que presentan estructuras carnosas, por lo que son capaces de retener agua en sus tejidos y estructuras, facilitando adaptarse a condiciones extremas como las encontradas en climas áridos. En esta familia las especies de la subfamilia Tillandsioideae principalmente presentan la particularidad de presentar tricomas peltados absorbentes (conocidos también como escamas) en la epidermis de estructuras vegetativas y florales, los cuales se especializan en la captura y conducción de la humedad ambiental (proveniente de la neblina, agua de rocío, etc.) hacia el parénquima (Cruz *et al.*, 2010)

Otra característica de la familia es la presencia de una roseta conformada por hojas cuya disposición puede variar en la forma produciendo tipos básicos de arreglos de hojas (estructuras funcionales) desde: 1) un simpodio con hojas en disposición espiralada; 2) hojas en una macolla, 3) hojas dispuestas en una roseta tipo tanque (como en *Tillandsia complanata*), 4) hojas dispuestas en una roseta tipo cisterna. Cabe mencionar que la disposición de las hojas conformando un tanque o cisterna permite desarrollar microambientes en los que se acumula agua, hojarasca y nutrientes que favorecen el crecimiento y desarrollo de organismos dulceacuícolas (Benzing 2000; citado por Hornung, 2010). Estas plantas son consideradas fitotelmata (phytos = planta, telma = estanque; sing. phytotelma, plur. phytotelmata). Este término, acuñado por Varga, (1928) y retomado por Maguire, (1970) y Fish, (1983), hace referencia a plantas con estructuras modificadas como hojas, axilas de hojas y flores que son capaces de almacenar agua y sirven para el desarrollo de varias comunidades de organismos asociadas a la planta (Beutelspacher, 1971; Liria, 2007; García, 2008; citado por Hornung, 2010). Los diversos procesos ecológicos que se llevan a cabo en la fitotelma son importantes, especialmente en la dispersión, colonización e interacción entre especies, así como elementos estructurales de los bosques tropicales. Debido a que la mayoría de las bromeliáceas tipo tanque pueden absorber agua y nutrientes a través de los tricomas presentes en sus hojas, los fitotelmata son un componente importante en la adquisición de minerales para la planta (Hornung, 2010).

Especies con rosetas tipo tanque y cisterna de la familia Bromeliaceae son un ejemplo claro de fitotelmata, ya que en su roseta (conjunto de hojas que forman la estructura vegetativa de la bromelia) se acumula agua, hojarasca y materia orgánica, facilitando la coexistencia de organismos dentro de ella en distintas épocas. La bromelia proporciona condiciones ideales como temperatura estable, humedad, alimento y protección contra depredadores por lo que funcionaría como un refugio para la fauna (Beutelspacher, 1971; Benzing, 1990; Castaño, 2002; García, 2008; citado por Hornung, 2010).

Según Frank y Lounibos, (1987) los fitotelma son pequeños pantanos formados por el agua de lluvia y la descomposición de la materia orgánica caída de la copa de los árboles, y alojada en las cavidades caulinares, siendo el medio donde viven e interactúan microorganismos, insectos, anfibios, y mamíferos, como se muestra en la Figura 5.



Figura 5. Fauna encontrada en *Tillandsia imperialis*, dentro de la fauna de esta especie se puede encontrar arañas, chinches, lombrices, grillos, larvas, ciempiés, cucarachas, caracoles, escarabajos y mosquitos, en sentido de las agujas del reloj (Hornung, 2010).

2.8. Arqueas metanógenas

Son microorganismos **procariontes**⁵ (Figura 6) que viven en medios estrictamente anaerobios y que obtienen energía mediante la producción de gas natural, el metano (CH₄). Gracias a esta característica, este tipo de organismo tiene una gran importancia ecológica, ya que interviene en la degradación de la materia orgánica en la naturaleza, y en el ciclo del carbono (Joseph, 1999).

⁵ Se llama procarionta a las células sin núcleo celular definido, es decir, cuyo material genético se encuentra disperso en el citoplasma, reunido en una zona denominada nucleóide.

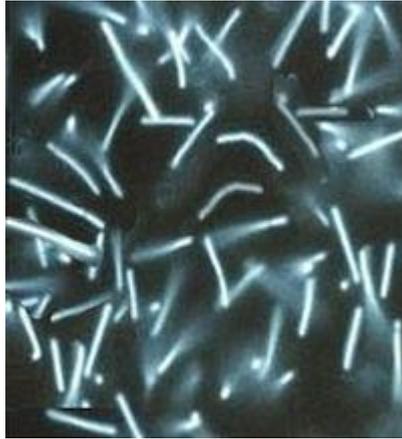


Figura 6. Arqueas metanógenas

Sitio web: http://es.wikipedia.org/wiki/Arquea_metan%C3%B3gena#cite_ref-1

Las metanógenas son un grupo filogenéticamente heterogéneo en donde el factor común que las une es la producción de gas metano y sus cofactores únicos (Boone, 2001).

Estos organismos se encuentran ampliamente distribuidos por todo el mundo, en lugares mucho más cercanos a nosotros de los que imaginamos.

2.8.1. La metanogénesis y el ciclo del carbono

La conversión de CO_2 en CH_4 por las metanógenas hace que el ciclo del carbono, las metanógenas y la metanogénesis estén íntimamente ligados.

Las metanógenas son parte importante del ciclo del carbono, ya que retornan este a la atmósfera desde condiciones anaeróbicas, en vez de que se acumule gradualmente en los lechos acuosos y atmósfera.

En algunos hábitats, no todo el metano es consumido y alcanza la atmósfera. Esto se da principalmente en sedimentos pantanosos y en sembradíos de arroz. El metano puede difundirse fuera de los sedimentos y alcanzar la atmósfera antes de oxidarse, ser transportado directamente en burbujas o salir del sistema anaeróbico a través del sistema vascular de las plantas.

El metano atmosférico eventualmente alcanza la estratosfera, donde reacciona con radicales libres, comúnmente hidroxilos, formando CH_3 , mismo que puede participar en reacciones que lleven a la formación de ozono o por el contrario a su destrucción. Su interacción con el radical cloro que provoca el agotamiento del ozono. La oxidación del metano en la estratosfera puede ser también una fuente importante de agua que forma nubes de hielo a una altura de 85 km (Boone, 2001).

2.9. Impacto global del metano (CH_4)

El metano (CH_4) es un gas invernadero importante. Aunque su concentración atmosférica actual 1,7 ppm (partes por millón); cada molécula de metano se considera treinta veces más efectivo que el dióxido de carbono, debido a su mayor absorción infrarroja. Lo que lo hace el segundo gas invernadero más importante, contribuyendo con un calentamiento del 25 % de lo que el dióxido de carbono hace (Thauer y Shima, 2006).

El cambio climático es un tema controvertido, complejo y relacionado con intereses científicos, políticos, económicos y sociales de toda la humanidad, por lo que su discusión es un proceso lento (demasiado lento) y complicado. Sin embargo, podrían tomarse medidas respecto a las emisiones de metano. Las metanogénesis ha existido desde etapas tempranas de la vida y el metano es parte importante del ciclo del carbono al evitar que el CO_2 quede atrapado en los sedimentos y el ciclo se detenga. Actualmente se está investigando las principales causas de las emisiones de metano a la atmósfera del planeta (Thauer y Shima, 2006).

2.10. Métodos para el análisis de relaciones existentes entre variables

Existen varios métodos para el análisis de relaciones existentes entre variables, uno de los más confiables son los análisis de regresión. Este método es de gran simplicidad al momento de contrastar dos variables ofreciendo una alta percepción sobre las relaciones sometidas al mismo, además es altamente factible su utilización al considerarse como una técnica usada para describir la relación matemática entre una sola variable dependiente y una sola variable independiente (Patón *et al.*, 1994), para ello se considera la medición de la confiabilidad en la tendencia de la relación presentada en cada una de estas formas mediante la interpretación del valor R^2 (Coeficiente de

Determinación lineal). De acuerdo con Dolado, (1999) el coeficiente R^2 es una medida de la relación lineal entre dos variables, a medida que su valor es mayor, el ajuste de la recta a los datos es mejor. Si todas las observaciones están en la línea de regresión, el valor de R^2 es 1, y si no hay relación lineal entre las variables dependiente e independiente, el valor de R^2 es 0.

3. METODOLOGÍA

3.1. Localización y descripción del área de estudio

El trabajo de investigación se realizó en 12 sitios de bosque primario a lo largo de la Cuenca Amazónica Ecuatoriana (Figura7); cubriendo una gradiente altitudinal desde 200 m s.n.m. hasta 4200 m s.n.m. en las siguientes ubicaciones:

➤ **Parque Nacional Yasuni**

El Parque Nacional Yasuní es el área protegida más grande del Ecuador continental, se ubica dentro de las provincias de Orellana, Pastaza y Napo, cuenta con 982 000 hectáreas de Bosque Húmedo Tropical en plena Cuenca Amazónica, con altitudes que varían de 300 m s.n.m a 800 m s.n.m. El clima cálido húmedo, varía fuertemente de acuerdo a la geografía y a la geomorfología. La línea ecuatorial determina en su clima tórrido, influenciado por una serie de factores como el viento, la humedad, la altitud y la precipitación. La temperatura oscila entre los 18 y 36°C y precipitaciones anuales que varía entre 2000 y 3000 mm.

Yasuní es una de las zonas de la Tierra más biodiversas, en cuanto a flora se han identificado 2113 especies y se estima que existirían alrededor de 3 100 especies (Bass *et al.*, 2010).

➤ **Reserva Biológica Jatun Sacha**

Se localiza en la provincia de Napo, Cantón Tena, Parroquia Ahuano; con una extensión de 2500 hectáreas de bosque húmedo tropical. Situada a una altura de 450 m s.n.m. La temperatura promedio anual es de 25°C, llueve cerca de 4500 mm. al año, en un promedio de 200 días lluviosos anuales. La menor precipitación ocurre durante los meses de noviembre a enero, y la más alta entre abril y julio, siendo junio el mes más lluvioso.

Jatun Sacha protege el Bosque Tropical, identificado dentro de los Bosques Húmedos Tropicales, una fina franja que conecta la Cordillera de los Andes y la Cuenca Amazónica. Esta franja de Bosque Húmedo está catalogada como una de las zonas de más alta biodiversidad, un Punto Caliente de Alta Biodiversidad (Alpha Biodiversity Hot Spot).

➤ **Reserva Narupa**

Se localiza en la provincia del Napo Parroquia Cotundo, sector Jondachi, la Reserva Narupa abarca 512 hectáreas, entre 1 000 y 1 580 m de altitud, se sitúa en el costado norte de la vía a Loreto, en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Sumaco Napo-Galeras y protege bosques que sirven para formar un corredor ecológico entre Sumaco y la cordillera de Galeras. Este corredor facilita el tránsito de animales silvestres en un paisaje que cada vez se muestra más fragmentado.

➤ **Parque Nacional Sumaco**

Se encuentra al nororiente de Ecuador, entre las provincias de Napo y Orellana, con una extensión de 205 249 ha, con dos sectores: la zona del volcán Sumaco y sus áreas adyacentes (190 562 ha) y la zona de la Cordillera de Galeras (14 687 ha). Su rango altitudinal va desde 500 m s.n.m. – 3 732 m s.n.m. y precipitaciones de 2 000–6 000 mm. La temperatura oscila entre 6–8°C a 3 400– 3 732 msnm, mientras que en elevaciones menores a los 600 m s.n.m. la temperatura alcanza 24°C.

Tipo de vegetación: Páramo de pajonal, bosque de neblina montano, bosque siempreverde montano bajo, bosque siempreverde piemontano, bosque siempreverde de tierras bajas y matorral húmedo montano bajo

La región del Sumaco contiene más de 6000 especies de plantas vasculares identificadas en los diferentes pisos altitudinales (Valarezo *et al.*, 2002). Más de 90 especies endémicas han sido colectadas dentro del Parque (Valencia *et al.*, 2000), entre las cuales por lo menos 21 especies son orquídeas y 8 son bromelias (Mogollón y Guevara, 2004).

➤ **Reserva Ecológica Antisana**

La Reserva Ecológica Antisana, se localiza en la cordillera Oriental de los Andes, entre las provincias de Napo y Pichincha, y comprende los bosques andinos y páramos localizados en las planicies y estribaciones del volcán del mismo nombre. Esta reserva colinda con los Parques Nacionales Cayambe-Coca y Sumaco Napo-Galeras.

La Reserva alberga formaciones vegetales diversas, como el bosque siempreverde montano bajo, bosque de neblina montano, bosque siempreverde montano alto, páramo herbáceo, páramo de almohadillas y herbazal lacustre montano alto, así como numerosos humedales. La vegetación en las zonas altas se caracteriza por la presencia de almohadillas, chuquiragua, asociaciones de musgos, orquídeas y remanentes de bosques de Polylepis y Pumamaqui, además de extensos pajonales.

La Reserva posee una gran variedad florística, que se encuentra relacionada con el amplio rango altitudinal que cubre. La zona alta, situada entre los 3 100 y 4 700 m s.n.m., de vegetación herbácea y arbustiva de poca altura, con algunas plantas provistas de hojas vellosas y gruesas que les permiten soportar los vientos y cambios drásticos de temperatura. En las zonas de los páramos altos existe un alto porcentaje de endemismo, registrándose 6 especies de las familias Brassicaceae, Gentianaceae y Poaceae.

La zona baja, ubicada entre los 1 200 y 3 100 m s.n.m., abarca las dos terceras partes de la Reserva Ecológica y comprende bosques de alta montaña poco intervenidos, principalmente por las pendientes pronunciadas y la dificultad de acceso.

➤ **Estación de Investigación San Francisco**

La Estación Científica 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 ° 58' 30" S y 79 ° 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 pacifico y el océano atlántico (Bussmann, 2002).

La reserva se extiende desde 1 800 a 3 600 m s.n.m, dentro de los límites del Parque nacional Podocarpus, constituyendo así parte de su zona de amortiguamiento. La ECSF y el Parque Nacional Podocarpus protegen el bosque que van desde 900 a 3 400 m s.n.m. y páramos sobre 3 700 m s.n.m.

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 40-60° llegando en algunos casos hasta 90°.

➤ **Parque Nacional Podocarpus**

El Parque Nacional Podocarpus está ubicado en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe, en el sur oriente del Ecuador. El Parque es una zona de megadiversidad y una zona de alto grado de endemismo debido a su ubicación entre sistemas biológicos diversos.

Se extiende sobre 146.280 hectáreas, en las dos estribaciones de la Cordillera Oriental de Los Andes hasta las cuencas de los ríos Nangaritza, Numbala y Loyola. Cerca del 85 % del parque está en la provincia de Zamora Chinchipe y cerca del 15 % en la provincia de Loja.

El parque posee una flora excepcional, pues está situado en el territorio donde se sobreponen los centros de endemismo de los Andes del Norte y Tumbes.

En sus ecosistemas de bosques húmedo montano y montano bajo, localizados en el Nudo de Sabanilla, así como de los bosques muy húmedo montano y premontano en la cuenca del río Numbala, hay más de 4000 especies de plantas entre las que se destacan árboles que pueden medir hasta 40 metros como el romerillo, del cual lleva el nombre el parque, y muchas otras valiosas como la cascarilla, denominado el árbol nacional del Ecuador, y una diversidad muy alta de orquídeas.

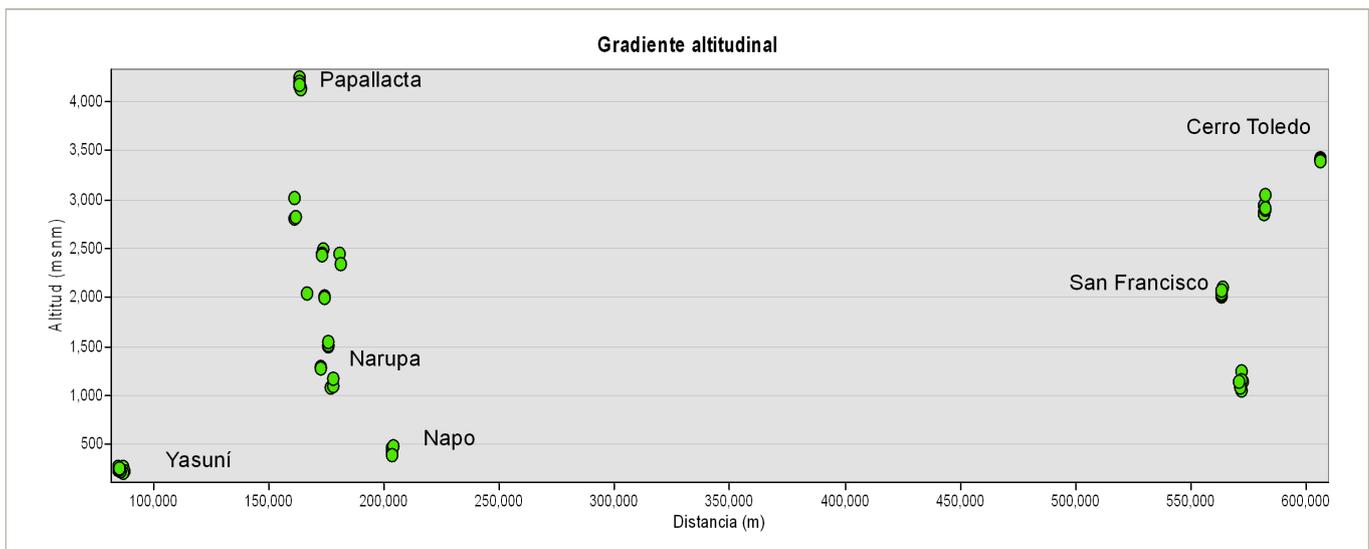
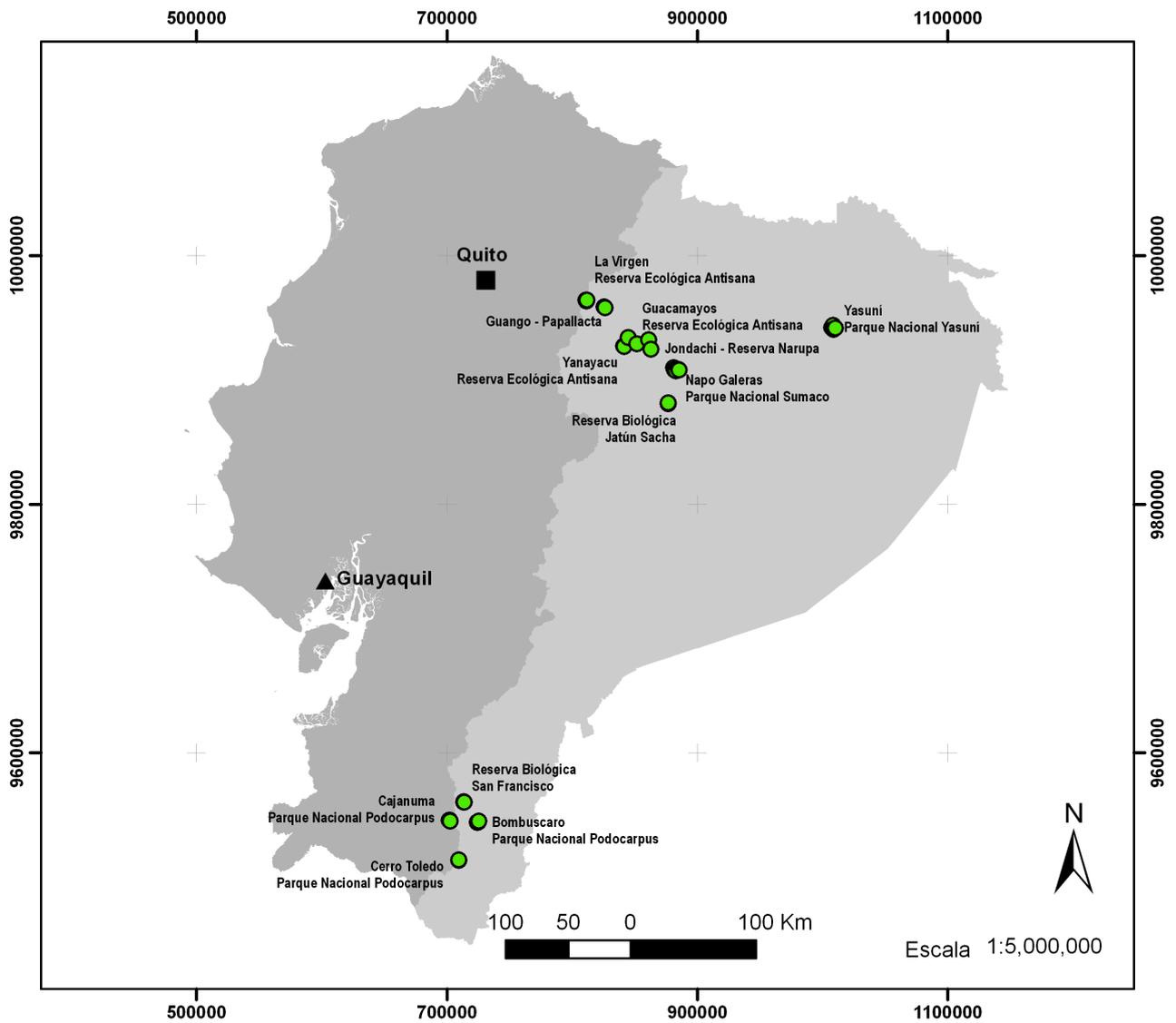


Figura 7. Ubicación espacial de los sitios de muestreo en la Cuenca Amazónica Ecuatoriana

3.2. Información previa obtenida por el Grupo de Investigación Alemana

El presente estudio forma parte del Macro proyecto “Limitaciones en el Crecimiento de Epifitas y la Productividad de Metanógenos Asociados”, realizado por el Grupo de Investigación Alemana, el cual ya realizó una primera fase para la obtención de datos iniciales de campo y laboratorio, para determinar el flujo de metano per cápita de bromelias, contenido de agua y biomasa, en base a la metodología aplicada por Martinson *et al.*, (2010). A continuación se detalla la metodología inicial

➤ Análisis de gas metano (CH₄) en tanque de bromelia

En campo, se colectaron al azar individuos de bromelias de distintos tipos funcionales, tomando en consideración sus diferentes diámetros y la ubicación de las mismas en los tres tipos de estratos (dosel, sotobosque y suelo). También se tomaron en consideración condiciones ambientales variables (por ejemplo, inmediatamente después de lluvias torrenciales, en periodos secos del transcurso de una semana). Luego para la toma de muestras de gas que emiten las bromelias en campo, fueron introducidas individualmente en baldes de acrilonitrilo-butadieno-estireno de cerrado hermético, para posteriormente con ayuda de una jeringa extraer el gas del interior del recipiente, el mismo que será inyectado o depositado en tubos de cristal; antes de la toma de muestras de gas, el tubo de muestreo fue evacuado utilizando la jeringa y la integridad del vacío fue comprobado con un medidor de presión. Las muestras de gas obtenidas se analizaron posteriormente en un cromatógrafo.



Figura 8. Obtención de la muestra de flujo de gas de individuos de bromelia en campo (Yasuni)

➤ **Contenido de agua de tanque de bromelia**

Una vez colectadas las plantas en campo son trasladadas a un laboratorio fijo o improvisado dependiendo del sitio. Luego se procedió a realizar la medición del volumen de agua que contiene el tanque de bromelia en sus diferentes tipos funcionales, para lo cual a cada planta se la colocó en un sistema de fijación, el mismo que permitirá replicar las condiciones de retención de agua en su medio natural, para lo cual se procedió con una regadera a una altura de un metro, regar a la planta en su totalidad de manera uniforme, hasta el punto de saturarla de agua. Posteriormente en un lapso de cinco minutos se procedió a vaciar el agua de la bromelia en un recipiente plástico, para luego ser depositada en una probeta de 1000 ml y así determinar el volumen de agua que almacena la bromelia tanque.



Figura 9. Bromelia tanque ubicada en sistema de fijación para determinar el contenido de agua

➤ **Biomasa de bromelias**

Se colectaron plantas de bromelias en el bosque y se determinaron dos tipos de peso: peso inicial y peso final. El peso inicial se lo obtuvo de las plantas vivas; mientras que para obtener el peso final, las plantas fueron introducidas en una secadora para eliminar su contenido de agua y seguidamente pesadas.

3.3. Establecimiento de parcelas de muestreo

En la fase de campo se estableció un total de 72 parcelas. El número de parcelas fue variable en cada sitio, debido a la criticidad de características que se presentaron en cada zona de estudio para la obtención de datos, lo cual no permitió definir un número exacto de parcelas de muestreo, estas fueron rango altitudinal, accesibilidad, estado de conservación del bosque, permisos de ingreso y condiciones topográficas. En el Cuadro 2 se detallada el número de parcelas por sitios de muestreo y sus respectivas altitudes:

Cuadro 2. Sitios de muestreo en base a la gradiente altitudinal.

Región	Lugar	Abreviatura Sitio	Nº Parcelas/Sitio	Altitud (m s.n.m.)
Norte	PARQUE NACIONAL YASUNI – NAPO WILIFE CENTER	YASU	16	200
N	RESERVA BIOLÓGICA JATUN SACHA – PARROQUIA AHUANO	JS	5	400
N	RESERVA NARUPA – JONDACHI	RN	3	1200
N	PARQUE NACIONAL SUMACO - NAPO GALERAS	NG	6	1500
N	RESERVA ECOLÓGICA ANTISANA – GUACAMAYOS	GUAY	3	2000
N	RESERVA ECOLÓGICA ANTISANA – YANAYACU	YNCU	5	2500
N	GUANGO – PAPALLACTA	GNG	3	2900
N	RESERVA ECOLÓGICA ANTISANA - LA VIRGEN	LV	8	4200
Sur	PARQUE NACIONAL PODOCARPUS – BOMBUSCARO	BOM	8	1000
S	ESTACIÓN CIENTÍFICA SAN FRANCISCO	SF	6	2000
S	PARQUE NACIONAL PODOCARPUS - CAJANUMA	CAJ	6	2900
S	PARQUE NACIONAL PODOCARPUS - CERRO TOLEDO	CT	3	3400

En bosque se establecieron parcelas temporales de muestreo de 20 x 20 m (400 m²) distribuidas de forma al azar (Aguirre y Aguirre, 1999). Seleccionado el sitio de estudio, con la ayuda de una cinta métrica y brújula se procedió a instalar, delimitar y cuadrar la parcela de muestreo (Figura 10), la misma que se subdividió en cuatro subparcelas de 100 m² lo que ayudo a la precisión en el conteo de los individuos de bromelias. Los vértices de las parcelas fueron marcados con estacas y las parcelas y sus subdivisiones delimitadas con piola plástica,

posteriormente se procedió a marcar con una cinta temporal a cada árbol (hospedero) y así evitar repeticiones o confusiones durante el muestreo de individuos de bromelias.

Una vez instalada la parcela se procedió a recopilar datos generales como: lugar, fecha y coordenadas geográficas con ayuda del GPS (Anexo 1)

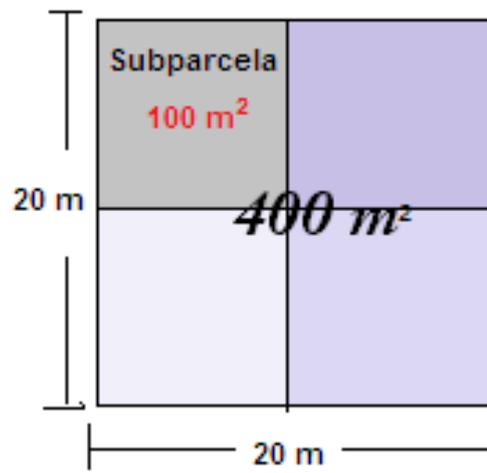


Figura 10. Diseño y delimitación de la parcela de muestreo

3.4. Metodología para determinar la abundancia, diversidad, representación de los diferentes tipos funcionales de bromelias y la relación que existe entre estos parámetros con la variación de altitud

3.4.1. Determinación de la diversidad de morfoespecie de la familia Bromeliaceae

Durante el muestreo de individuos de bromelias, se detalló los diferentes tipos de especie de Bromeliaceae presentes en la parcelas de investigación, basados en la categoría de diferenciación denominada morfoespecie, que son el conjunto de individuos con características que permite diferenciarse de un grupo dentro de una comunidad (Aguirre, 2012); categoría utilizada debido a que el rango de muestreo es muy extenso y a los problemas existentes en la identificación de especies de individuos jóvenes y adultos, debido a la ausencia de material fértil, ya que el tiempo que demoran en florecer la mayoría de géneros o especies es largo, de 2 – 3 años (Manzanares, 2002).

Así mismo, para ayudar a la diferenciación e identificación de tipos de morfoespecie, se tomaron fotografías de los individuos fértiles encontrados en cada parcela. La identificación se realizó en el campo y en el Herbario Reinaldo Espinosa de la Universidad Nacional de Loja, con la ayuda de literatura especializada y comparación con el material vegetal existente.

3.4.2. Determinación de la abundancia de bromelias

Se utilizó la matriz propuesta por el grupo de trabajo Gradstein/Veldkamp en el 2008 en la Reserva Biológica San Francisco (Anexo 2), modificada para este estudio y en la que se registró el muestreo de toda la población de bromelias presentes en las parcelas seleccionadas.

El conteo de individuos (abundancia) de bromelias se realizó uno a uno en toda la parcela. Para los individuos situados en dosel y sotobosque se hizo uso de binoculares cuando sea necesario.

3.4.3. Determinación de tipos funcionales de la familia Bromeliaceae

Para determinar los tipos funcionales que presentan las bromelias, se tomó en cuenta la arquitectura que presenta la planta, es decir la estructura morfológica de la disposición de las hojas en roseta, ya que en la mayoría de especies de bromelia forma un tanque o cisterna, para almacenar agua y materia orgánica y en otros casos carece de ella. Para esto se utilizó como referencia los tres tipos funcionales de bromelias establecidos por Martinson *et al.*, (2010) en la Estación de Investigación San Francisco, estos son: TF I “Tanque Efímero”, TF II “Tanque Ancho” y TF III “Tanque Intermedio Atmosférico”, tal como se muestra en la Figura 11.



Figura 11. Tipos funcionales de bromelias, propuestos por Martinson *et al.*, 2010

De los 3 tipos funcionales propuestos por Martinson y colegas, para este estudio se evidenció o definió un total de nueve tipos funcionales dentro de la familia Bromeliaceae, debido a que este se realizó en diferentes sitios y a diferentes altitudes, donde la composición florística cambia y por ende se pueden identificar nuevos tipos funcionales.

3.4.4. Relaciones existentes de la diversidad florística, abundancia, tipos funcionales con la gradiente altitudinal.

La evaluación de las relaciones entre las variables antes mencionadas, se realizó mediante un análisis de Regresión Lineal, Exponencial, Logarítmica o Polinómica, como un proceso de determinación del tipo de relación que se mantiene entre cada uno de los parámetros que conforman la variable diversidad florística y la variable gradiente altitudinal.

El análisis de regresión fue sustentado a través del cálculo del valor R^2 (Coeficiente de determinación múltiple), estableciendo la significancia de la relación evaluada.

Los parámetros evaluados frente a la gradiente altitudinal y estructura de la vegetación, fueron: Diversidad de morfoespecies, Abundancia y Tipos Funcionales de la familia Bromeliaceae.

3.5. Metodología para estimar la cantidad de metano (CH₄) por tanques de bromelia a nivel ecosistémico (ha)

Para estimar la proyección de emisión de metano por tanques de bromelia a nivel de hectárea de bosque, se procedió de la siguiente manera:

Se aplicó la matriz propuesta por el grupo de trabajo Gradstein/Veldkamp en el 2008 en la Estación de Investigación San Francisco (Anexo 2), modificada para el presente estudio, donde se determinaron y registraron datos de abundancia de individuos, tipos funcionales de bromelias tanque y tamaño de la planta (diámetro), variables que se establecen para el desarrollo de este objetivo. Según Martinson *et al.*, (2010), la emisión de metano es fuertemente relacionado con el volumen del tanque, así como el diámetro indica una relación exponencial positiva, es decir mientras crece el diámetro de la planta, también crece el volumen del tanque. Por tal razón se utilizó el diámetro como medida de tamaño de la planta, debido a que se pudo estimar con rapidez en el campo, mientras que estimar el volumen de agua que contienen las bromelias de manera exacta y replicable, sería difícil.

El diámetro efectivo que presentan las bromelias se lo determinó en base a la estimación promedial (estimación visual) de la roseta con filotaxis polística⁶, la cual da la forma de una circunferencia ideal, posteriormente en la planta se realizó dos mediciones en cm, tanto de la línea horizontal como de la vertical, para finalmente obtener un promedio y valor más preciso ($DT = (D1 + D2) / 2$), tal como se muestra en la Figura 12. El diámetro se dio en intervalos de clase de 5 cm y a partir de 10 cm (Ejem. 10-15, 15-20, 20-25,.....195-200 cm), excluyendo a los juveniles < a 10 cm de diámetro debido a que menores a este tamaño no almacenan agua ni materia orgánica, datos que no son representativos para este estudio.

⁶ Ordenamiento de las hojas en varias ringleras

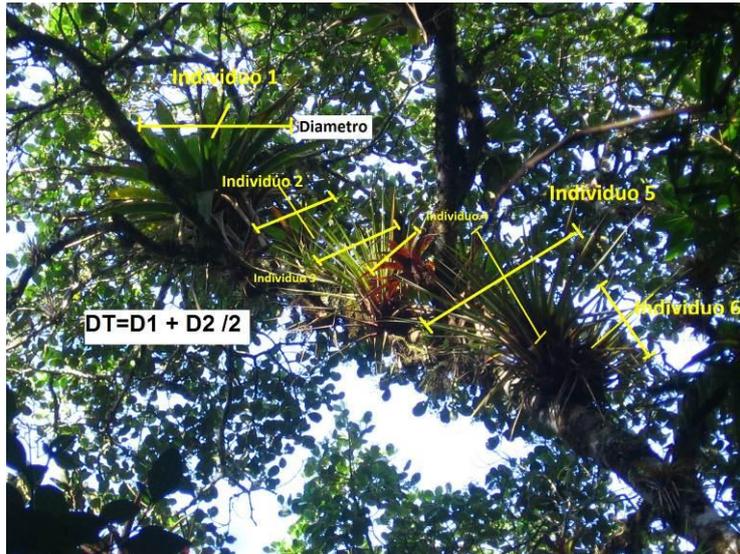


Figura 12. Estimación del diámetro de bromelias *in situ*

Finalmente, con valores obtenidos a través de las matrices de muestreo del total del número de individuos por tamaños (diámetros) y tipo funcional encontrados en las parcelas de 400 m² en los diferentes pisos altitudinales se extrapolan con los modelos propuestos por Martinson *et al.*, (2010); posteriormente se determinó la estimación del total de metano emitido en una superficie (parcela de muestreo) de 400 m²; dato con el cual ya se realizó una primera proyección (extrapolación) y estimación de la cantidad de metano que emiten las bromelias a través de sus tanques o fitotelmas en una superficie de 1 ha de bosque.

Para proyectar (extrapolar) los datos de emisión de metano a nivel de hectárea de bosque se utilizaron las ecuaciones propuestas por Martinson *et al.*, (2010) de tres tipos funcionales de bromelia presentes en la Reserva Biológica San Francisco, estos son:

1. Plant type I: Ephemeral tank

$$E = \exp(-37.69) * \exp(2.24 * \log(D)) * \exp(3.47 * T) * \exp(-0.1 * T^2)$$

2. Plant type II: Absorbing trichome tank

$$E = \exp(-36.74) * \exp(2.24 * \log(D)) * \exp(3.47 * T) * \exp(-0.1 * T^2)$$

3. Plant type III: Intermediate atmospheric tank

$$E = \exp(-37.62) * \exp(2.24 * \log(D)) * \exp(3.47 * T) * \exp(-0.1 * T^2)$$

Donde:

E= emisión de CH₄ del tanque de bromelia

D= es el diámetro medio del tanque de bromelia

T= temperatura del agua del tanque de bromelia (17°C)

3.6. Metodología para establecer la cantidad de agua que almacenan las bromelias tanque en el ecosistema.

Primeramente con los datos de valores per cápita de volumen de agua a partir de los diferentes tipos funcionales de bromelias y diámetros respectivos, obtenidos por colaboradores del Grupo de Investigación Alemana del Macro proyecto “Limitaciones en el Crecimiento de Epifitas y la Productividad de Metanógenos Asociados”, se procedió a realizar regresiones Exponencial, Polinómica 3^o y Potencial, de las cuales la última es el modelo que mejor describe los datos y de acuerdo al cálculo del valor R² (Coeficiente de determinación múltiple) estableciendo la significancia de la relación evaluada.

Posteriormente para establecer la cantidad de agua que almacenan las bromelias tanque proyectada a nivel de hectárea (ha) en el bosque, se procedió a extrapolar los datos de individuos, por diámetro y tipos funcionales obtenidos en el presente estudio, con las ecuaciones descritas en el modelo de regresión potencial (TF1: $y = 0,001x^{2,839}$, TF2: $y = 0,066x^{1,816}$, TF3: $y = 0,003x^{2,858}$, TF4: $y = 0,002x^{3,006}$ y TF5: $y = 0,032x^{2,261}$), método con el cual ya se puede realizar una primera proyección o estimación del volumen de agua (L/ha) que almacenan las bromelias tanque por la intercepción de agua lluvia en una hectárea de bosque.

3.7. Metodología para determinar la biomasa de bromelias a nivel de ecosistema y el contenido de nutrientes presentes en la misma.

Primeramente con los datos de valores per cápita de peso total de la planta a partir de los diferentes tipos funcionales de bromelias y diámetros respectivos obtenidos por el Grupo de Investigación Alemana del Macro proyecto “Limitaciones en el Crecimiento de Epifitas y la Productividad de Metanógenos Asociados”, se procedió a realizar regresiones Exponencial, Polinómica 3º y Potencial, de las cuales la última es el modelo que mejor describe los datos y de acuerdo al cálculo del valor R^2 (Coeficiente de determinación múltiple) estableciendo la significancia de la relación evaluada.

Para determinar la cantidad de biomasa que contienen las bromelias tanque proyectada a nivel de hectárea (ha) de bosque, se procedió a extrapolar los datos de individuos, por diámetro y tipos funcionales obtenidos en el presente estudio, con las ecuaciones descritas en el modelo de regresión potencial (TF1: $y = 0,003x^{2,257}$, TF2: $y = 0,020x^{1,950}$, TF3: $y = 0,007x^{2,296}$, TF4: $y = 0,062x^{1,843}$ y TF5: $y = 0,014x^{2,136}$), con el cual ya se podría realizar una primera proyección o estimación de la cantidad de biomasa que presentan las bromelias, en una hectárea de bosque.

Para el cálculo de concentraciones de nutrientes (N y P), se utilizó los valores totales de las extrapolaciones de biomasa (expresado en gr/ha) obtenidos para cada sitio de muestreo del presente estudio. Luego estos datos se multiplican por un valor promedial de nitrógeno y fósforo presentes en bromelias provenientes de dos tipos de bosque, el cual fue establecido por Richardson *et al.*, (2000), los valores utilizados se presentan en la Figura 13:



Table 5. Nutrient concentrations (dry weight) of bromeliad plant tissue, debris within plants, bromeliad invertebrates and representative canopy dominants according to forest type in the Luquillo Experimental Forest (n = number of samples).

	n	Concentration ¹									
		C	N	S	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Al
		%		mg g ⁻¹							
Plant											
Tab	4	47.76 ^a	0.72 ^a	0.24 ^a	0.48 ^a	25.51 ^a	1.88 ^a	2.16 ^a	0.04 ^a	0.09 ^a	0.14
PC	3	47.39 ^a	0.75 ^a	0.26 ^a	0.35 ^b	27.25 ^a	1.80 ^a	2.41 ^a	0.06 ^b	0.25 ^b	0.07
DF	3	50.39 ^a	0.75 ^a	0.22 ^a	0.19 ^c	15.56 ^b	0.71 ^b	1.01 ^b	0.01 ^c	0.08 ^c	0.06
Coarse debris											
Tab	4	52.01 ^a	1.40 ^a	0.40 ^a	0.24 ^a	1.86 ^a	9.77 ^a	1.95 ^a	0.21 ^a	0.40 ^a	1.80
PC	3	60.23 ^b	1.16 ^a	0.27 ^b	0.18 ^{ab}	1.07 ^{bc}	5.68 ^b	1.00 ^b	0.24 ^a	0.47 ^a	0.87
DF	3	54.81 ^a	1.24 ^a	0.36 ^a	0.14 ^b	0.73 ^c	4.11 ^b	1.30 ^a	0.51 ^b	0.04 ^b	0.71
Medium debris											
Tab	5	53.04	2.06	0.62	0.54 ^a	1.07 ^a	7.79 ^a	1.15	1.66 ^{ab}	0.27 ^a	3.66
PC	6	53.73	1.81	0.55	0.27 ^b	0.66 ^b	4.69 ^{ab}	0.95	1.00 ^a	0.40 ^a	1.93
DF	4	51.25	1.39	0.52	0.19 ^c	0.81 ^a	2.99 ^b	1.24	2.17 ^b	0.03 ^b	2.99
Fine debris											
Tab	5	50.38 ^a	2.31 ^a	0.81 ^a	0.77 ^a	1.10 ^a	8.02 ^a	1.37 ^a	2.53 ^a	0.20 ^a	5.60 ^a
PC	3	50.71 ^a	1.65 ^b	0.72 ^b	0.38 ^b	0.93 ^a	4.60 ^b	1.40 ^a	2.49 ^a	0.25 ^a	5.10 ^a
DF	4	43.81 ^b	1.87 ^{ab}	0.58 ^c	0.30 ^b	1.70 ^b	5.24 ^{ab}	2.51 ^b	4.96 ^b	0.06 ^b	9.47 ^b
All debris²											
Tab	18	51.83	1.81	0.57	0.45	1.46	8.81	1.60	1.19	0.31	3.27
PC	13	56.09	1.45	0.46	0.25	0.93	5.15	1.09	1.03	0.39	2.26
DF	13	51.01	1.45	0.46	0.20	1.01	4.13	1.60	2.10	0.04	3.60

Figura 13. Concentración de nutrientes (N y P) de bromelias, propuesto por Richardson *et al.*, (2000).

4. RESULTADOS

4.1. Diversidad florística (morfoespecies) de la familia Bromeliaceae en base a la gradiente altitudinal

En la Figura 14 se muestran los datos obtenidos en cuanto a la diversidad de morfoespecies de la familia Bromeliaceae presente en cada sitio de muestreo, en la gradiente altitudinal de 200 – 4 200 m s.n.m.

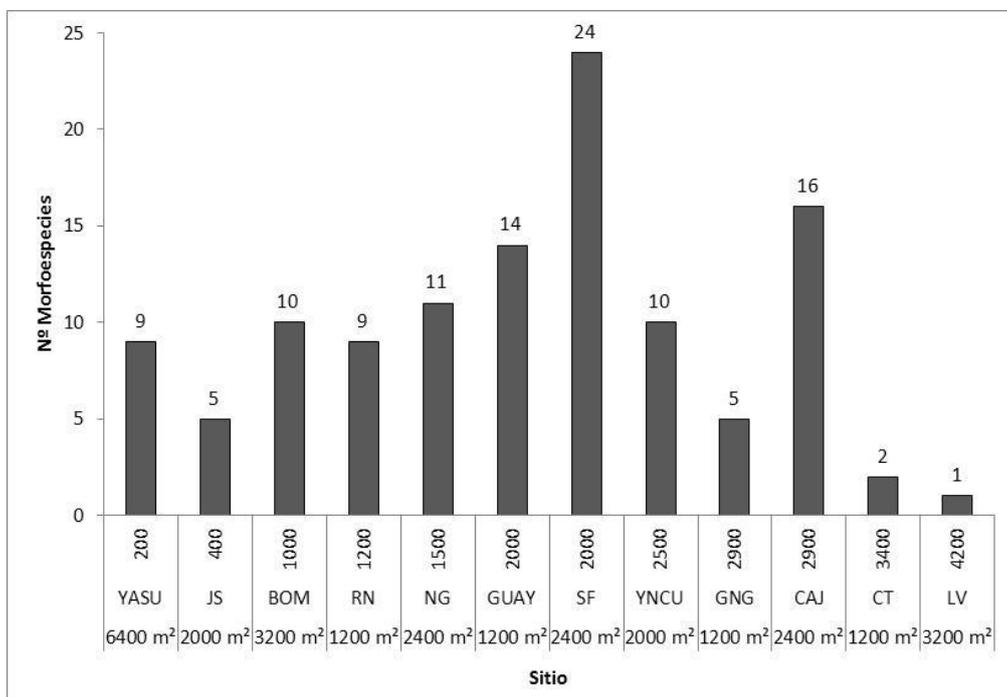


Figura 14. Diversidad de morfoespecies de la familia Bromeliaceae presente en la Cuenca Amazónica. Leyenda: YASU=Yasuni; JS=Jatun Sacha; BOM= Bombuscaro; RN=Reserva Narupa; NG=Napo Galeras; GUAY=Guacamayos; SF=San Francisco; YNCU=Yanayacu; GNG=Guango; CAJ=Cajanuma; CT=Cerro Toledo; LV=La Virgen.

La mayor cantidad de morfoespecies se concentra a los 2 000 m s.n.m. representada en los sitios de San Francisco donde se registra un total de 24 morfoespecies y Guacamayos con un total de 14 morfoespecies, mientras que a los 2 900 m s.n.m. en el sitio Cajanuma con 16 morfoespecies. A partir de 3 400 m s.n.m. en el sitio de Cerro Toledo la diversidad se reduce notablemente a un total de 2 morfoespecies, a los 4 200 m de altura solamente se registra 1 morfoespecie, en el sitio La Virgen.

4.2. Abundancia de la familia Bromeliaceae en base a la gradiente altitudinal

Los datos obtenidos en cuanto a la abundancia de individuos de la familia Bromeliaceae en función de la gradiente altitudinal de 200 – 4 200 m s.n.m. y al sitio de muestreo, se presenta en la Figura 15.

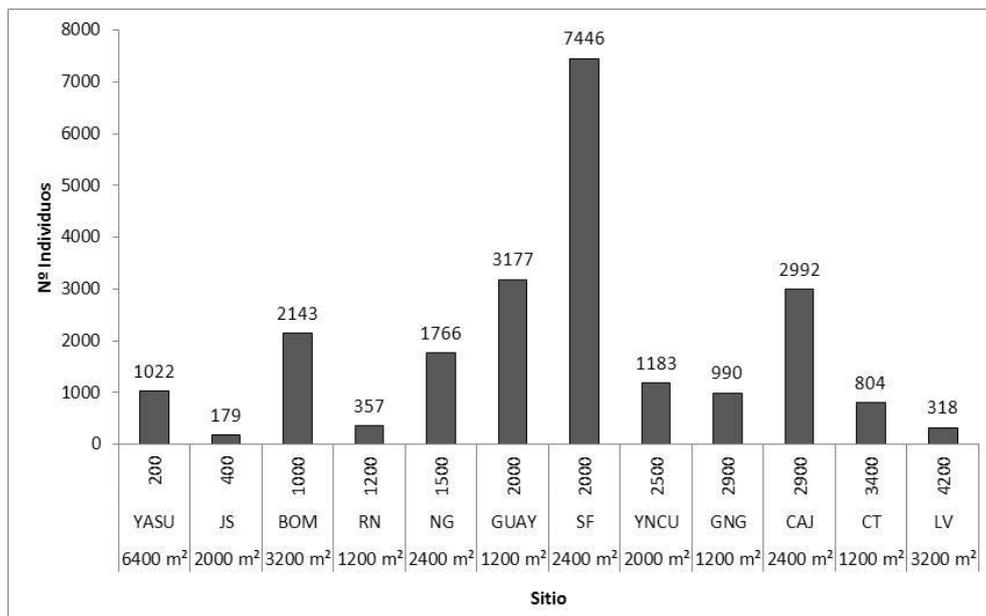


Figura 15. Abundancia altitudinal de la familia Bromeliaceae presente en la Cuenca Amazónica Ecuatoriana. Leyenda: YASU=Yasuni; JS=Jatun Sacha; BOM=Bombuscaro; RN=Reserva Narupa; NG=Napo Galeras; GUAY=Guacamayos; SF=San Francisco; YNCU=Yanayacu; GNG=Guango; CAJ=Cajanuma; CT=Cerro Toledo; LV=La Virgen.

El sitio San Francisco, ubicado a 2 000 m s.n.m. registra la mayor abundancia de bromelias, con un total de 7 446 individuos. A la misma altitud el sitio Guacamayos con un total de 3 177 individuos, mientras que a 2 900 m de altura la abundancia indica un total de 2 992 individuos. La abundancia disminuye drásticamente a 400 m s.n.m. con un total de 179 individuos y en el límite del bosque a 4 200 m de altura en el sitio La Virgen la abundancia indica un número de 318 individuos.

4.3. Tipos funcionales de la familia Bromeliaceae encontrados en la Cuenca Amazónica Ecuatoriana

Se establecieron un total de nueve tipos funcionales, que significan seis adicionales de los tres encontrados por Martinson *et al.*, (2010). Estos tipos se determinaron en base a la arquitectura que presenta la planta y donde un tipo funcional puede reunir a una o más especies de bromelias.

4.3.1. Descripción de tipos funcionales

En el Cuadro 3 se presentan las denominaciones que se han establecido para cada tipo funcional de bromelia encontrado en la Cuenca Amazónica Ecuatoriana (CAE).

Cuadro 3. Clases de tipos funcionales de bromelias de la CAE.

Tipos Funcionales de Bromelias	
Número	Denominación
TF I	Guzmania
TF II	Tanque Intermedio
TF III	Tanque Ancho
TF IV	Tanque Vase
TF V	Tanque Estrella
TF VI	Atmosférica
TF VII	Streptocalyx
TF VIII	Pitcairnia
TF IX	Piña

Del total de los nueve tipos funcionales, los cinco primeros fueron objeto de nuestro estudio (TF I, TF II, TF III, TF IV y TF V), debido a que éstos presentan en su arquitectura la forma de un tanque o cisterna (fitotelma) donde almacenan agua lluvia y materia orgánica, valores que servirán para estimaciones de metano, agua, biomasa y nutrientes. El resto de los cuatro tipos funcionales (TF VI, TF VII, TF VIII y TF IX) no presentan un tanque en su estructura, por lo cual sólo serán utilizados para cálculos de diversidad, abundancia y representación de tipos funcionales.

A continuación se presentan gráficamente nueve tipos funcionales de bromelias *in situ* con sus características morfológicas. La descripción de algunas especies que definen a cada uno de éstos, se muestran en el Anexo 3:

4.3.1.1. Tipo funcional I – Guzmania

El Tipo Funcional I “Guzmania” presenta un tanque/cisterna abierto, con roseta de hojas muy poco compacta, tanque no profundo (Figura 16).

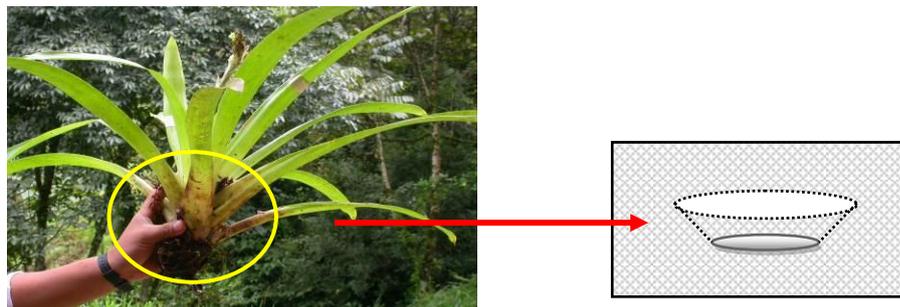


Fig. 16 Tipo Funcional “Guzmania” en la *Guzmania confusa* (Sector Bombuscaro)

4.3.1.2. Tipo Funcional II – Tanque Intermedio

Combinación de TF I – Guzmania y TF II – Tanque Ancho, de ahí su nombre “Tanque Intermedio”, sus hojas presentan una estructura más definida y compacta que TF I – Guzmania, tanque poco profundo (Figura 17).

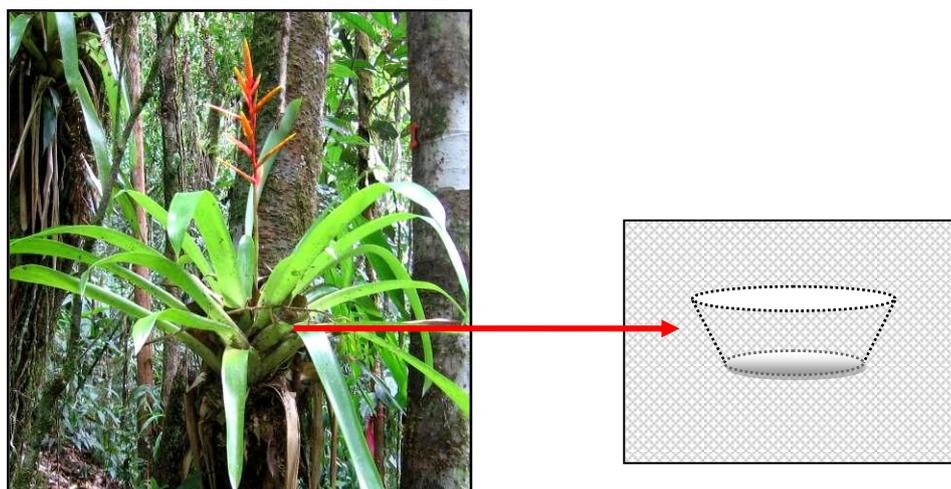


Figura 17. Tipo Funcional “Tanque Intermedio” en la *Vriesea zamorensis* (PNP, sector Bombuscaro)

4.3.1.3. Tipo Funcional III – Tanque Ancho

El tipo funcional III “Tanque Ancho” presenta un tanque/cisterna ensanchado en toda su base, con roseta de hojas muy compactas, tanque profundo (Figura 18).

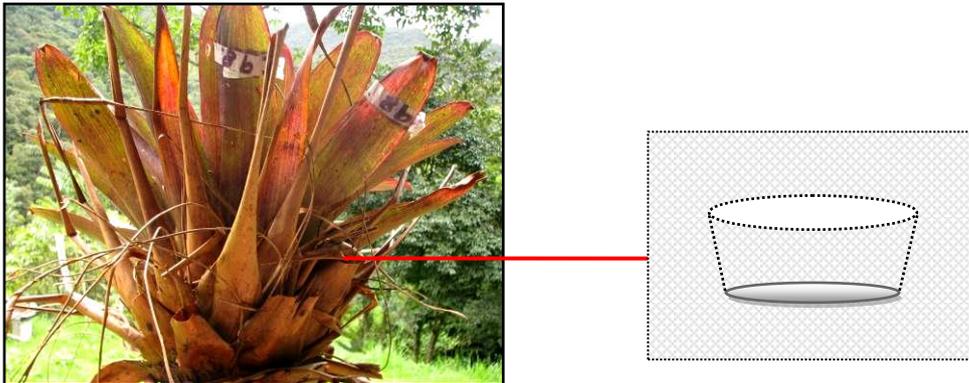


Figura 18. Tipo Funcional “Tanque Ancho” en la *Tillandsia complanata* (PNP sector Cajanuma).

4.3.1.4. Tipo Funcional IV – Tanque Vase

El tipo funcional IV “Tanque Vase” presenta un tanque/cisterna alargado en toda su base (semejante a un cilindro), con roseta de hojas muy compactas, tanque muy profundo (Figura 19).

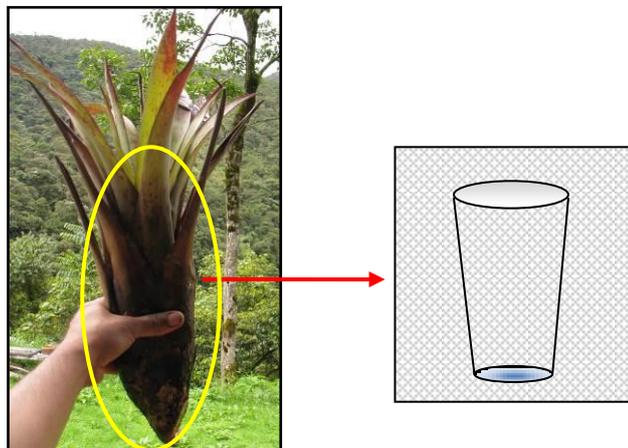


Figura 19. Tipo Funcional “Tanque Vase” en la *Tillandsia buseri* (PNP, sector Cajanuma)

4.3.1.5. Tipo Funcional V – Tanque Estrella

El tipo funcional V “Tanque Estrella” presenta un tanque/cisterna poco ensanchado en su base, con roseta de hojas muy poco compacta, tanque poco profundo (Figura 20).

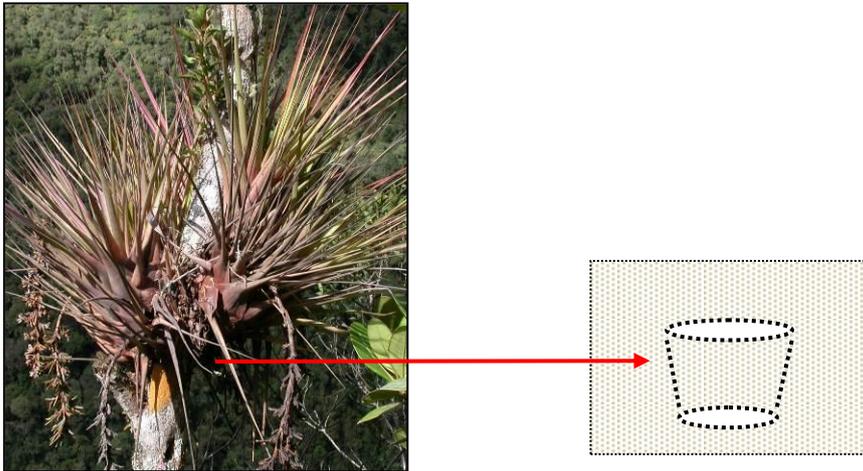


Figura 20. Tipo Funcional “Tanque Estrella” en la *Vriesea appendiculata* (RBSF)

4.3.1.6. Tipo Funcional VI - Atmosféricas

El tipo funcional VI “Atmosférica” presenta un tanque/cisterna muy reducido, en ciertos casos carece del mismo, con roseta de hojas pequeñas y muy poco compacta (Figura 21).



Figura 21. Tipo Funcional “Atmosférica” en la *Racinaea sp.* (PNP, Sector Cajanuma)

4.3.1.7. Tipo Funcional VII - Streptocalyx

El tipo funcional VII “Streptocalyx” carece de un tanque/cisterna ya que su roseta de hojas es muy limitada en número y la misma es abierta en la base (Figura 22).



Figura 22. Tipo Funcional “Streptocalyx” en la *Aechmea sp.* (Sector Yasuni)

4.3.1.8. Tipo Funcional VIII - Pitcairnia

El tipo funcional VIII “Streptocalyx” desprovisto de tanque/cisterna, no forma roseta (Figura 23).



Figura 23. Tipo Funcional “Pitcairnia” en la *Pitcairnia sp.* (RBSF)

4.3.1.9. Tipo Funcional IX – Piña

El tipo funcional IX “Piña” desprovisto de tanque/cisterna, no forma roseta, como se ilustra en la Figura 24.



Figura 24. Tipo Funcional “Piña” en la *Greigia sp.* (PNP, sector Cajanuma)

4.3.2. Número de Tipos funcionales de Bromeliaceae en los sitios de muestreo

En la Figura 25 se presenta el número de tipos funcionales encontrados en cada sitio de muestreo, con base en la gradiente altitudinal de 200 – 4 200 m s.n.m.

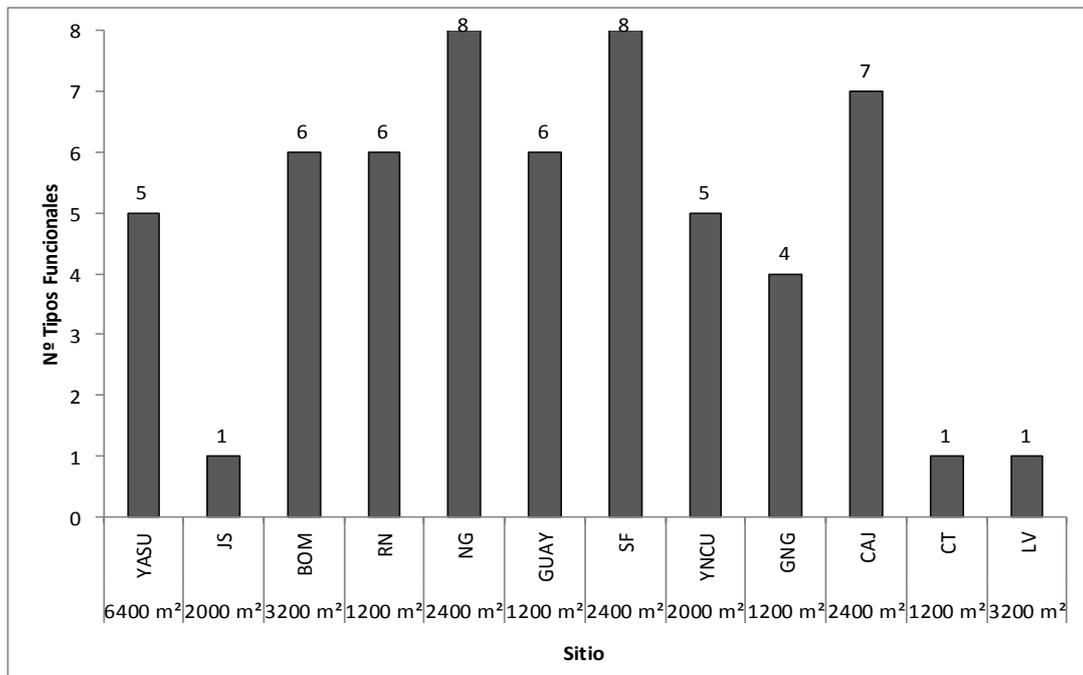


Figura 25. Tipos Funcionales de la familia Bromeliaceae presentes en la cuenca Amazónica Ecuatoriana. Leyenda: YASU=Yasuni; JS=Jatun Sacha; BOM= Bombuscaro; RN=Reserva Narupa; NG=Napo Galeras; GUAY=Guacamayos; SF=San Francisco; YNCU=Yanayacu; GNG=Guango; CAJ=Cajanuma; CT=Cerro Toledo; LV=La Virgen.

Los sitios Napo Galeras a una altitud de 1 500 m y San Francisco a los 2 000 m s.n.m. registran la mayor cantidad de tipos funcionales (TF) de bromelias, con un total de 8 tipos funcionales; mientras que en Cajanuma a los 2 900 m de altitud se obtiene un total de 7 tipos funcionales. En el rango altitudinal de 3 400 (Cerro Toledo) a 4 200 m s.n.m. (La Virgen), la cantidad de tipos funcionales disminuye notablemente abarcando solamente 1 tipo funcional de bromelia.

4.4. Relaciones existentes entre la diversidad florística, abundancia, tipos funcionales y la gradiente altitudinal.

La forma en que se relacionan los parámetros que conforman la diversidad florística, abundancia, tipos funcionales con la gradiente altitudinal, se describen a continuación:

4.4.1. Relación entre diversidad (morfoespecies) y gradiente altitudinal

De los cuatro tipos de regresión aplicados (exponencial, lineal, logarítmica, polinómica), el que más se ajusta es la función polinómica con un $R^2 = 0,638$ (Figura. 26), lo que sugiere una relación positiva entre la diversidad de morfoespecies de Bromeliáceas con la variable gradiente altitudinal.

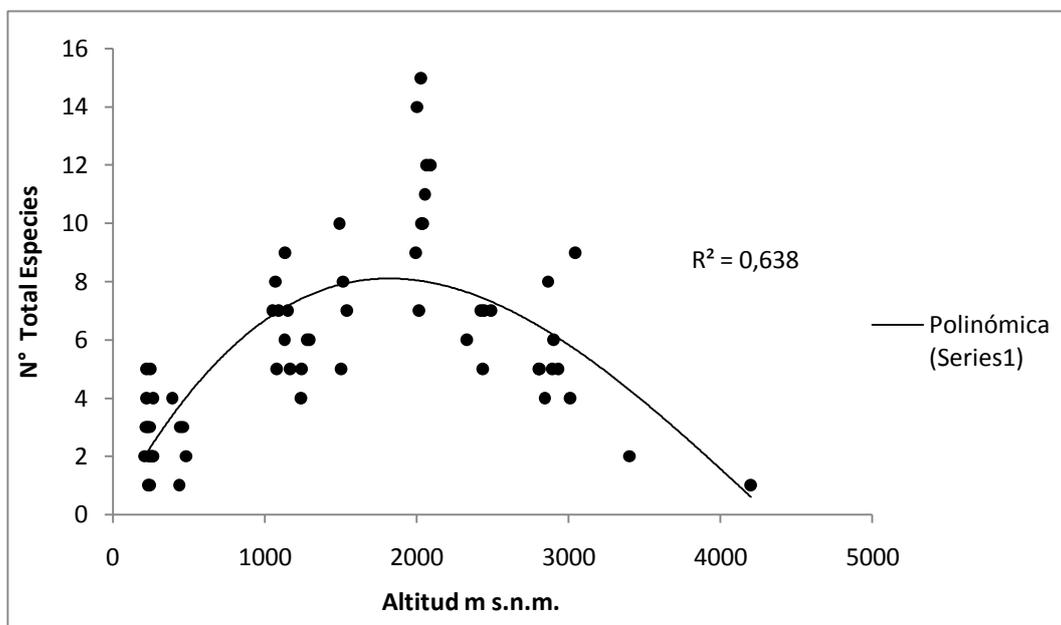


Figura 26. Regresión (polinómica de tercer grado) del número de morfoespecies vs. la altitud (m s.n.m.)

4.4.2. Relación entre abundancia de bromelia y gradiente altitudinal

De los cuatro tipos de regresión aplicados (exponencial, lineal, logarítmica, polinómica), el que más se ajusta es la función polinómica con un $R^2 = 0,322$ (Figura.27), lo que indica una relación baja entre la abundancia de individuos de bromelias con la variable gradiente altitudinal.

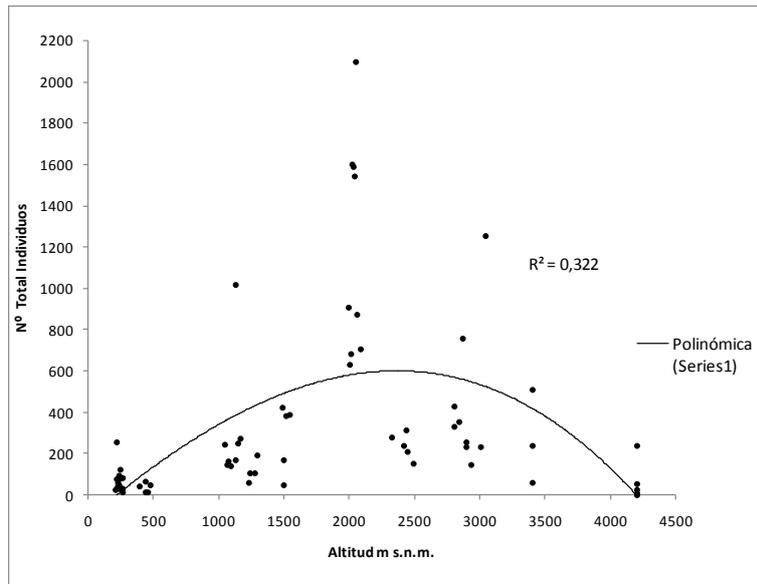


Figura 27. Regresión (polinómica de tercer grado) del número de individuos vs la altitud (m s.n.m.).

4.4.3. Relación entre tipos funcionales de bromelias y la gradiente altitudinal

De los cuatro tipos de regresión aplicados (exponencial, lineal, logarítmica, polinómica), el que más se ajusta es la función polinómica con un $R^2 = 0,695$ (Figura 28), lo que sugiere una relación positiva entre el número de tipos funcionales de bromelias con la variable gradiente altitudinal.

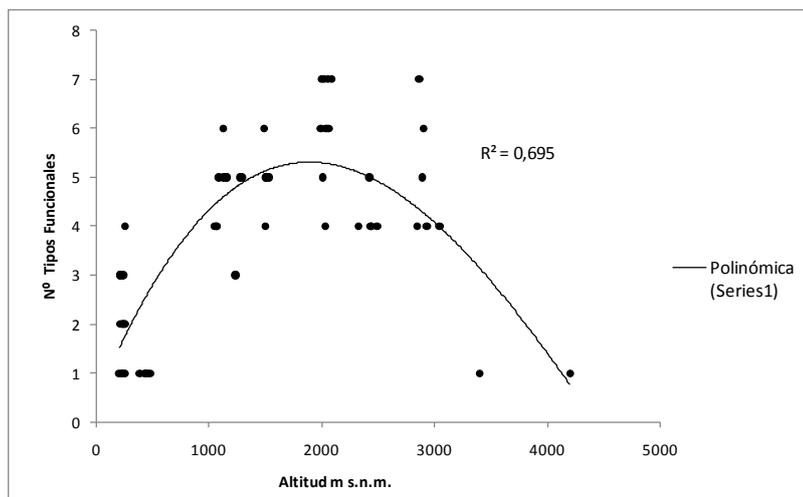


Figura 28. Regresión (polinómica de tercer grado) del número de tipos funcionales vs la altitud (m s.n.m.).

4.5. Emisiones de metano (CH₄) de bromelias tanque a nivel ecosistémico

En el Cuadro 4 se presentan los valores promedios de emisiones de metano (CH₄) de bromelias tanque, interpolados a razón de una hectárea de bosque (mg/ha) para cada sitio de muestreo, datos que fueron registrados y calculados en base al diámetro de la planta y a los diferentes tipos funcionales que se presentaron en cada sitio, en la gradiente altitudinal de 200 - 4 200 m s.n.m.

Cuadro 4. Emisiones de metano en mg/ha, de los tipos funcionales de bromelias tanque.

SITIO	Región	Altitud (m s.n.m.)	TF1: Guzmania	TF2: T. Intermedio	TF3: T. Ancho	TF4: T. Vase	TF5: T. Estrella	Total CH ₄ (mg/ha)
PARQUE NACIONAL YASUNI – NWC	N	200	261,77	34,14	44,90	68,30	0,00	409,11
RESERVA BIOLÓGICA JATUN SACHA	N	400	141,93	0,00	0,00	0,00	0,00	141,93
BOMBUSCARO - PNP	S	1000	147,23	300,21	398,84	49,92	16,80	913,00
RESERVA NARUPA	N	1200	168,36	7,71	295,54	0,00	0,00	471,60
NAPO GALERAS - PNS	N	1500	471,67	57,70	416,16	7,61	53,09	1006,23
GUACAMAYOS - REA	N	2000	1686,70	95,75	1844,71	65,85	301,46	3994,48
RESERVA ECOLOGICA SAN FRANCISCO	S	2000	2128,95	42,75	1473,88	223,93	391,64	4261,15
YANAYACU - REA	N	2500	469,82	0,00	504,06	0,00	51,17	1025,05
GUANGO – PAPALLACTA	N	2900	103,71	0,00	1041,98	311,07	0,00	1456,76
CAJANUMA - PNP	S	2900	145,78	157,92	1310,25	572,60	35,00	2221,55
CERRO TOLEDO - PNP	S	3400	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
LA VIRGEN - REA	N	4200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

NWC= Napo Wilife Center, PNP=Parque Nacional Podocarpus, PNS=Parque Nacional Sumaco, REA=Reserva Ecológica Antisana, TF=Tipo Funcional, CH₄=Metano, mg/ha=miligramo por hectárea

A 2 000 m s.n.m. tanto en la región norte y sur de la Cuenca Amazónica, se registran en promedio las mayores concentraciones de emisión de metano, con los sitios San Francisco con un total de 4 261,15 mg/ha y Guacamayos con un total de 3 994,48 mg/ha, mientras que la mayor emisión por tipo funcional corresponde a *Guzmania* con 2 128,95 mg/ha para el primer sector y Tanque Ancho con 1 844,71 mg/ha para el segundo. A partir de los 3400 m s.n.m. en la región sur, en el sitio Cerro Toledo hasta el límite del bosque con el sitio La Virgen en la región norte, no se registran valores de emisiones de metano.

4.6. Contenido de agua lluvia de bromelias tanque a nivel ecosistémico (ha)

En el Cuadro 5 se presentan los valores promediales de contenido de agua lluvia que almacenan las bromelias tanque, interpolados a razón de una hectárea de bosque para cada sitio de muestreo, datos que fueron registrados y calculados con base en el diámetro de la planta y a los diferentes tipos funcionales que se presentaron en cada sitio, en la gradiente altitudinal de 200 - 4 200 m s.n.m.

Cuadro 5. Contenido de agua lluvia expresado en l/ha, de los tipos funcionales de bromelias tanque.

SITIO	Región	Altitud (m s.n.m.)	TF1: <i>Guzmania</i>	TF2: T. Intermedio	TF3: T. Ancho	TF4: T. Vase	TF5: T. Estrella	Total Agua (l/ha)
PARQUE NACIONAL YASUNI – NWC	N	200	3055,09	11,92	11,46	29,17	29,17	3136,80
RESERVA BIOLÓGICA JATUN SACHA	N	400	1315,84	0,00	0,00	0,00	0,00	1315,84
BOMBUSCARO - PNP	S	1000	508,03	105,50	73,78	12,37	6,52	706,20
RESERVA NARUPA	N	1200	320,67	2,74	108,81	0,00	0,00	432,23
NAPO GALERAS - PNS	N	1500	1221,12	15,27	268,79	2,07	24,82	1532,06
GUACAMAYOS - REA	N	2000	7254,48	34,28	678,36	10,88	174,43	8152,42
RESERVA ECOLÓGICA SAN FRANCISCO	S	2000	10843,17	12,87	541,50	42,60	247,44	11687,58
YANAYACU - REA	N	2500	2018,66	0,00	161,93	0,00	23,69	2204,27
GUANGO – PAPALLACTA	N	2900	138,89	0,00	250,72	34,73	0,00	424,34
CAJANUMA - PNP	S	2900	168,96	51,87	317,34	106,61	16,01	660,79
CERRO TOLEDO - PNP	S	3400	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
LA VIRGEN - REA	N	4200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

NWC= Napo Wilife Center, PNP=Parque Nacional Podocarpus, PNS=Parque Nacional Sumaco, REA=Reserva Ecológica Antisana, TF=Tipo Funcional, CH₄=Metano, l/ha=litros por hectárea

En los 2 000 m s.n.m. para la región norte y sur de la Cuenca Amazónica Ecuatoriana, se registran en promedio las mayores concentraciones de contenido de agua por tanques de bromelia, con los sitios San Francisco (región sur) con un total de 11 687,58 L/ha y Guacamayos (región norte) con un total de 8 152,42 L/ha, mientras que la mayor capacidad de agua por tipo funcional corresponde a *Guzmania* para los dos sitios, con un valor total de 10 843,17 L /ha para el primer sector y 7 254,48 L/ha para el segundo. A partir de los 3 400 m s.n.m. en la región sur, en el sitio Cerro Toledo hasta el límite del bosque con el sitio La Virgen en la región norte, no se registran valores de contenido de agua en bromelias.

4.7. Cantidad de Biomasa de bromelias tanque a nivel ecosistémico (ha)

En el Cuadro 6 se dan a conocer los valores promedios del contenido de biomasa de bromelias tanque, interpoladas a razón de una hectárea de bosque por cada sitio de muestreo, datos que fueron calculados con base en la abundancia de individuos, al tamaño de las plantas (diámetros) y a los diferentes tipos funcionales que se presentaron en cada sitio de muestreo, en la gradiente altitudinal de 200 - 4 200 m s.n.m.

Cuadro 6. Contenido de biomasa en kg/ha, de tipos funcionales de bromelias tanque.

SITIO	Región	Altitud (m s.n.m.)	TF1:	TF2: T.	TF3: T.	TF4: T.	TF5: T.	Total Biomasa (Kg/ha)
			Guzmania	Intermedio	Ancho	Vase	Estrella	
PARQUE NACIONAL YASUNI – NWC	N	200	70,14	5,97	3,39	10,15	0,00	89,66
RESERVA BIOLÓGICA JATUN SACHA	N	400	30,39	0,00	0,00	0,00	0,00	30,39
BOMBUSCARO - PNP	S	1000	15,76	52,14	24,06	6,02	1,95	99,93
RESERVA NARUPA	N	1200	12,73	1,36	28,10	0,00	0,00	42,19
NAPO GALERAS - PNS	N	1500	44,17	7,31	58,07	0,95	7,43	117,93
GUACAMAYOS - REA	N	2000	208,17	17,05	170,39	7,03	50,07	452,71
RESERVA ECOLÓGICA SAN FRANCISCO	S	2000	302,17	6,16	137,91	24,37	69,96	540,57
YANAYACU - REA	N	2500	64,21	0,00	44,45	0,00	6,93	115,58
GUANGO – PAPALLACTA	N	2900	6,32	0,00	74,79	28,02	0,00	109,13
CAJANUMA - PNP	S	2900	8,10	25,77	94,12	62,48	4,67	195,14
CERRO TOLEDO - PNP	S	3400	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
LA VIRGEN - REA	N	4200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

NWC= Napo Wilife Center, PNP=Parque Nacional Podocarpus, PNS=Parque Nacional Sumaco, REA=Reserva Ecológica Antisana, TF=Tipo Funcional, CH₄=Metano, kg/ha=kilogramos por hectárea

Los sitios San Francisco (región sur) con un valor total de 540,57 kg/ha y Guacamayos (región norte) con un total de 452,71 registran las mayores cantidades de biomasa de bromelias dentro de la Cuenca Amazónica Ecuatoriana, a una altitud de 2 000 m s.n.m., mientras que el mayor contenido de biomasa por tipo funcional corresponde a Guzmania para los dos sitios, con un valor total de 302,17 kg /ha para el primer sector y 208,17 kg/ha para el segundo. A partir de 3 400 m s.n.m. en la región sur, en el sitio Cerro Toledo hasta el límite del bosque con el sitio La Virgen en la región norte, no se registran valores de contenido de biomasa en bromelias tanque.

4.8. Concentración de nutrientes (N y P) de tipos funcionales de bromelias a nivel ecosistémico (ha)

Valores promedios del contenido de nutrientes (N y P) de bromelias, extrapolados a una hectárea de bosque en cada sitio de muestreo, en la gradiente altitudinal de 200 - 4 200 m s.n.m. de la Cuenca Amazónica Ecuatoriana.

4.8.1. Contenido de nitrógeno en bromelias

En el Cuadro 7 se presentan los valores de Nitrógeno (N) que contiene las bromelias.

Cuadro 7. Contenido de nitrógeno en kg/ha, de tipos funcionales de bromelias

SITIO	Región	Altitud (m.s.n.m.)	TF1: Guzmania	TF2: T. Intermedio	TF3: T. Ancho	TF4: T. Vase	TF5: T. Estrella	Total N (Kg/ha)
PARQUE NACIONAL YASUNI – NWC	N	200	0,52	0,04	0,02	0,07	0,00	0,66
RESERVA BIOLÓGICA JATUN SACHA	N	400	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22
BOMBUSCARO - PNP	S	1000	0,12	0,38	0,18	6,02	1,95	8,64
RESERVA NARUPA	N	1200	0,09	0,21	0,21	0,00	0,00	0,51
NAPO GALERAS - PNS	N	1500	0,32	0,05	0,43	0,95	7,43	9,19
GUACAMAYOS - REA	N	2000	1,53	0,13	1,25	7,03	50,07	60,00
RESERVA ECOLÓGICA SAN FRANCISCO	S	2000	2,22	0,05	1,01	24,37	69,96	97,61
YANAYACU - REA	N	2500	0,47	0,00	0,33	0,00	6,93	7,72
GUANGO – PAPALLACTA	N	2900	0,55	0,00	0,55	28,02	0,00	29,12
CAJANUMA - PNP	S	2900	0,06	0,19	0,69	62,48	4,67	68,09
CERRO TOLEDO - PNP	S	3400	0	0	0	0	0	0,00
LA VIRGEN - REA	N	4200	0	0	0	0	0	0,00

NWC= Napo Wilife Center, PNP=Parque Nacional Podocarpus, PNS=Parque Nacional Sumaco, REA=Reserva Ecológica Antisana, TF=Tipo Funcional, N=Nitrógeno, kg/ha=kilogramos por hectárea

A 2 000 m s.n.m. se registran en promedio las mayores concentraciones de contenido de nitrógeno en bromelias, en los sitios de San Francisco (región sur) con un total de 97,61 kg/ha y Guacamayos (región norte) con un total de 60,00 kg/ha, mientras que el valor más alto de contenido de nitrógeno por tipo funcional corresponde a Tanque Estrella para los dos sitios, con un valor total de 69,96 kg/ha para el primer sector y 50,07 kg/ha para el segundo. Seguidamente Cajanuma (región sur) a una altitud de 2 900 m representa un alto promedio de 68,09 kg/ha y cuyo tipo funcional con el más alto contenido de nitrógeno corresponde a Tanque Vase con un valor de 62,48 kg/ha.

Desde los 3 400 m s.n.m. en la región sur, en el sitio Cerro Toledo hasta 4200 m s.n.m. en el sitio La Virgen de la región norte, no se registran valores de contenido de nitrógeno en bromelias.

4.8.2. Contenido de fósforo en bromelias

En el Cuadro 8 se presentan los valores del contenido de Fósforo (P) que presentan las bromelias tanque.

Cuadro 8. Contenido de nutrientes en kg/ha, de tipos funcionales de bromelias tanque.

SITIO	Región	Altitud (m s.n.m.)	TF1: Guzmania	TF2: T. Intermedio	TF3: T. Ancho	TF4: T. Vase	TF5: T. Estrella	Total P (Kg/ha)
PARQUE NACIONAL YASUNI – NWC	N	200	0,03	0,00	0,00	10,15	0,00	10,18
RESERVA BIOLÓGICA JATUN SACHA	N	400	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
BOMBUSCARO - PNP	S	1000	0,01	0,02	0,01	6,02	1,95	8,01
RESERVA NARUPA	N	1200	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02
NAPO GALERAS - PNS	N	1500	0,02	0,00	0,02	0,95	7,43	8,43
GUACAMAYOS - REA	N	2000	0,09	0,01	0,07	7,03	50,07	57,26
RESERVA ECOLÓGICA SAN FRANCISCO	S	2000	0,13	0,00	0,06	24,37	69,96	94,51
YANAYACU - REA	N	2500	0,03	0,00	0,02	0,00	6,93	6,97
GUANGO – PAPALLACTA	N	2900	0,00	0,00	0,03	28,02	0,00	28,05
CAJANUMA - PNP	S	2900	0,00	0,01	0,04	62,48	4,67	67,20
CERRO TOLEDO - PNP	S	3400	0	0	0	0	0	0,00
LA VIRGEN - REA	N	4200	0	0	0	0	0	0,00

NWC= Napo Wilife Center, PNP=Parque Nacional Podocarpus, PNS=Parque Nacional Sumaco, REA=Reserva Ecológica Antisana, TF=Tipo Funcional, P=Fósforo, kg/ha=kilogramos por hectárea

En 2 000 m s.n.m. se registran en promedio las mayores concentraciones de contenido de fosforo (P) en bromelias, en San Francisco (región sur) con un valor de 97,61 kg/ha y Guacamayos (región norte) con 60,00 kg/ha, mientras que el valor más alto de contenido de fósforo por tipo funcional corresponde a Tanque Estrella para los dos sitios, con un valor total de 69,96 kg/ha para el primer sector y 50,07 kg/ha para el segundo. Cajanuma (región sur) a una altitud de 2900 m también representa un alto promedio con 67,20 kg/ha, mientras el tipo funcional con el más alto contenido de fósforo corresponde a Tanque Vase con un valor de 62,48 kg/ha.

A partir de 3400 m s.n.m. en la región sur, en el sitio Cerro Toledo hasta 4200 m s.n.m. en el sitio La Virgen en la región norte, no se registran valores de contenido de fósforo en bromelias.

5. DISCUSIÓN

5.1. Diversidad de la familia Bromeliaceae de la Cuenca Amazónica Ecuatoriana

De los estudios sobre los patrones de diversidad de epífitas en gradientes altitudinales, se ha establecido que la mayor diversidad se encuentra en un cinturón localizado entre 1 500 y los 2 000 m.s.n.m. (Benzing, 2000; Wolf y Flamenco, 2003; Zotz, 2005). En este estudio, se determinó la diversidad de epífitas de la familia Bromeliaceae, siendo los más diversos los sitios San Francisco en la región sur y Guacamayos en la región norte, registrando estos la mayor diversidad de morfoespecies a 2 000 m s.n.m., lo cual establece, que la diversidad de bromelias se concentra a altitudes intermedias, corroborando de esta manera lo que afirman los autores antes mencionados, y resaltando que los bosques montanos tropicales son los ecosistemas más diversos del mundo, por lo que Myers *et al.*, 2000 los define como “puntos calientes” de biodiversidad.

En el caso particular de las plantas epífitas, hay un aumento en el tamaño y la diversidad de la población en ambientes con condiciones altas de humedad (Gentry y Dodson, 1987; Gentry, 1988); según esta teoría, se predeciría que bosques alto andinos, considerados muy húmedos por la presencia de nubosidad constante (Melo y Vargas, 2003), deberían albergar una alta diversidad de epífitas; teoría que se ratifica con la alta diversidad encontrada en el sitio de Cajanuma a 2900 m s.n.m.

5.2. Abundancia de la familia Bromeliaceae en la Cuenca Amazónica Ecuatoriana

Los resultados de una comparación de tierras bajas a 380 m s.n.m. y de montaña a 1 780 m s.n.m. realizada en los bosques en el Ecuador (Grubb *et al.*, 1963 y Richards, 1952), definen que los hábitats montanos son más favorables para las epífitas que los hábitats de tierras bajas; determinándose que la densidad de población en 1780 m s.n.m. era casi diez veces mayor que a 380 m s.n.m. Esta afirmación se confirma con los resultados obtenidos en este estudio, donde la mayor concentración de abundancia de bromelias se dio en los sitios San Francisco y Guacamayos a 2 000 m s.n.m. y en Cajanuma a 2 900 m s.n.m.

Concentraciones de abundancia que se atribuyen a factores climáticos, los cuales y según Sugden y Richard (1979) parecen ser principalmente importantes en la determinación de la distribución de especies epifitas a una altitud de 2350-2600 m s.n.m. y después de ello una disminución constante al aumentar la altitud, lo que es corroborado con los resultados de este estudio, donde la abundancia de bromelias comenzó a disminuir drásticamente a partir de 3400 m s.n.m. en el sector Cerro Toledo.

La humedad de las nubes y la niebla es más importante para las epifitas que la humedad de la lluvia directa; por tal motivo, las epifitas son muy abundantes en los bosques lluviosos montanos y bosques andinos, donde la humedad del aire es más alta que los bosques tropicales (Luttge, 1997), lo que se ratifica con la gran cantidad de individuos de bromelias presentes en los bosques montanos de San Francisco, Cajanuma y Guacamayos, y con una disminución considerable de individuos en el sector de tierras bajas en los sitios de Yasuni y Jatun Sacha.

5.3. Tipos funcionales de la familia Bromeliaceae

La mayoría de especies de la familia Bromeliaceae tienen la capacidad de almacenar agua y materia orgánica en descomposición, lo cual está relacionado con las formas y estructuras que presentan estas plantas (Benzing y Renfrow, 1974). Esto se corrobora con los resultados de este estudio realizado en la gradiente altitudinal de 200 - 4 200 m s.n.m, donde se determinaron nueve formas estructurales (tipos funcionales) de bromelias, los mismos que registran el mayor número de individuos de tipos funcionales en los sitios de Napo Galeras, San Francisco y Cajanuma. Así mismo, Martinson *et al.*, (2010), definió tres tipos funcionales de plantas de la familia Bromeliaceae para emisión de metano a una altitud de 2100 m s.n.m., lo que es similar a lo encontrado en este estudio.

5.4. Relaciones existentes entre la diversidad florística, abundancia, tipos funcionales y la gradiente altitudinal.

La evaluación de la relación aplicada a las variables anteriormente mencionadas y a través del valor de correlación R^2 , se describe a través de una relación de tipo polinomial de tercer grado con la cual puede explicarse que la diversidad de morfoespecies y tipos funcionales de la familia Bromeliaceae están íntimamente relacionados con los patrones altitudinales, es decir, que a altitudes intermedias la diversidad y tipos funcionales se incrementan, lo que no sucede con parámetros como la abundancia donde el tipo de relación es muy débil, en consecuencia la abundancia de individuos disminuye conforme a la altitud.

5.5. Emisión de metano (CH_4) de bromelias

Al analizar y comparar los valores propuestos por Martinson *et al.*, (2010) en la proyección de la liberación de metano de tanques de bromelia, en el cual propone que en una superficie de 1 ha de bosque tropical, produce una fuerza de la fuente mundial de $9,50 \times 10^{-6}$ ml (miligramos) de metano por año. Ante esto el presente estudio reporta emisiones de flujo de metano menores, emisiones que se concentran en mayor cantidad en los sitios de San Francisco con 4 261,15 mg CH_4 /ha y Guacamayos con 3 994,48 mg CH_4 /ha a un altitud de 2 000 m s.n.m.

Las emisiones de metano registradas a alturas más bajas como es el caso de Yasuni a 200 m s.n.m. con un tipo de bosque húmedo tropical, son bajas de 409,11 mg CH_4 /ha respecto a emisiones en altitudes intermedias, lo cual puede ser debido a la poca diversidad de morfoespecies encontradas, bajo número de individuos y a la diversidad de tipos funcionales; en cambio arriba de 3 400 m de altura en el sitio Cerro Toledo y a 4200 m s.n.m. en el sitio La Virgen no se registran datos de emisiones debido a que en estas sitios la diversidad de morfoespecies se reduce drásticamente a una sola (TF: Piña), así como la presencia del TF 9: Piña), el cual no emite flujos metano a la atmosfera.

5.6. Almacenamiento de agua de bromelias a nivel ecosistémico

De todas las formas de vida, las epifitas son las que dependen más directamente de la precipitación para obtener su aprovisionamiento de agua y nutrimentos transportados por este medio, por ello, las epifitas necesitan medios ingeniosos para sacar el mejor partido posible de los irregulares abastecimientos de agua y nutrientes. Muchas tienen tallos hinchados y hojas en forma de embudo para recoger mejor el agua (Granados *et al.*, 2003). Debido a su alta densidad en muchos bosques tropicales, las bromelias tanque puede incautar tanto como 50 000 l de agua/ha (Peces, 1983); lo cual se ratifica con las altas concentraciones de almacenamiento de agua por parte de las bromelias a través de sus tipos funcionales, en los diferentes sitios donde se realizó el presente estudio, donde San Francisco con un total de 11687,58 l/ha y Guacamayos con 8 152,42 l/ha, situados a 2 000 m s.n.m., son los sitios que representan los más altos niveles de contenido de agua de bromelias y es a partir de 3 400 m de altura en Cerro Toledo donde se presenta únicamente el tipo funcional Piña, el cual no almacena agua.

5.7. Contenido de Biomasa de bromelias

Las plantas epífitas son componentes importantes de los bosques tropicales, tanto por la riqueza como por la biomasa que aportan (Golley 1971; Nadkarni 1984; Gentry y Dodson 1987; Benzing 1990; Nieder *et al.*, 2001; Merwin *et al.*, 2003; Isaza y Betancur 2009), lo que se corrobora con los resultados obtenidos en esta investigación, donde a altitudes intermedias a 2 000 m s.n.m. registran un alto contenido de biomasa, debido a la alta concentración de individuos y formas de tipos funcionales presentes en esta franja altitudinal, con valores máximos de 540,57 kg/ha en el sector San Francisco (región sur) y un total de 452,71 kg/ha en el sector de Guacamayos (región norte); lo cual sugiere que las bromelias a altitudes intermedias albergan mayor cantidad de biomasa, que en sitios con altitudes bajas como es el caso de Yasuni a 200 m s.n.m. con un total de 89,66 kg/ha o altas a partir de 3 400 m s.n.m. con un total de 0,00 kg/ha en el sector de Cerro Toledo.

5.8. Concentración de nutrientes (N y P) en bromelias

Las epífitas 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). Según Walker y Ataroff, (2002) en una selva nublada andina de Venezuela en un rango de 2 300 a 2 800 m s.n.m., determinaron que los estimados de contenido de nutrientes en epífitas indicaron montos muy altos en P 17,2 kg/ha y N 17 kg/ha; lo cual discrepa con los datos obtenidos en el presente estudio, donde el sitio Cajanuma ubicado en la región sur a 2 900 m s.n.m. con una cobertura vegetal de iguales características, presenta un alto valor en concentraciones de N 68,09 kg/ha y P 67,20 kg/ha, mientras que en la región norte donde el sitio Guango presenta concentraciones inferiores de N de 29,12 kg/ha y P de 28,05 kg/ha.

Pero es a 2 000 m s.n.m. tanto en la región norte como sur de la Cuenca Amazónica Ecuatoriana, donde se registran las más altas concentraciones de nutrientes en bromelias, en los sitios de San Francisco con un total de N 97 kg/ha y P 94 kg/ha en la región sur, mientras que Guacamayos ubicado en la región norte disminuye a una concentración de N 60,00 kg/ha y P 57,26 kg/ha; lo que determina que estas formaciones vegetales de la región sur del Ecuador albergan altas concentraciones de N y P, presentes en los tipos funcionales de bromelias.

6. CONCLUSIONES

- La mayor diversidad, abundancia y tipos funcionales de bromelias, se concentran en la región Sur del Ecuador, lo que evidencia que esta región es florísticamente más diversa y abundante, principalmente a 2000 m s.n.m., lo cual se atribuye a que estas áreas biológicamente son las más diversas del mundo y por esto es un punto caliente de biodiversidad.
- Se definió un total de nueve tipos funcionales para la familia Bromeliaceae basado en su arquitectura, siendo los que emiten metano (CH₄): TF I Guzmania, TF II Tanque Intermedio, TF III Tanque Ancho, TF IV Tanque Vase y TF V Tanque Estrella.
- Las Bromelias no son únicamente un elemento importante en términos de número de individuos y de diversidad florística, si no que tienen un papel muy importante en flujos de metano, almacenamiento de agua, contenido de biomasa y concentración de nutrientes dentro del ecosistema de un bosque
- Se evidencia que los bosques montanos albergan gran cantidad de individuos de bromelias tanque, tanto en abundancia como en morfoespecies, por lo que son un factor determinante dentro del bosque, en el almacenamiento de agua lluvia, contenido de biomasa y concentración de nutrientes
- En la Reserva Biológica San Francisco y en la Reserva Ecológica Antisana, sector Guacamayos situadas a 2000 m s.n.m., se registran las mayores concentraciones de metano a nivel kg/ha, así como almacenamiento de agua (L/ha), biomasa (kg/ha) y nutrientes (kg/ha).
- Las plantas bromelias acumulan grandes cantidades de agua entre sus hojas, proporcionando una vía alterna en la dinámica de este recurso dentro del bosque, nutrimentos esenciales como fósforo y nitrógeno los cuales posteriormente son reciclados, brindando rutas alternas al ciclo de nutrimentos y a la dinámica del agua en las comunidades.

7. RECOMENDACIONES

- Plantear una investigación direccionada a la emisión de metano y almacenamiento de agua, la determinación de tipos funcionales (descritos en esta investigación) a nivel de especie de bromelias.
- Para estudios posteriores en ecosistemas que se sitúan a 2000 m s.n.m., donde se obtuvieron los mejores resultados de emisiones de metano (CH₄), como es el caso de los sitios Guacamayos en la región norte y San Francisco en la región sur, se recomienda realizar un monitoreo a largo plazo de estos sitios, para así determinar la contribución mundial de metano a la atmósfera, como un método de variación y adaptación del cambio climático.
- En estudios de Valoración Ambiental, se recomienda establecer a las Bromelias como parte de los Servicios Ecosistémicos que prestan los bosques, ya que en su interior (fitotelma) almacenan importantes cantidades de agua, lo cual juega un rol ecológico muy interesante en la regulación del régimen hídrico de una Cuenca Hidrográfica proveedora de agua, donde con base en los resultados de este estudio se muestra que una hectárea de bosque (sitio San Francisco) puede almacenar **11687, 58 l/ha**.
- Replicar este estudio para otros tipos de ecosistemas, especialmente andinos, donde existen gran cantidad de bromelias.
- Los resultados aquí presentados pueden servir de base para desarrollar métodos alternativos que permitan estimar cantidades de Metano, Agua, Biomasa y Nutrientes de bromelias tanque a escala global. Estas consideraciones son bastante importantes para su cuidado y conservación.

8. LITERATURA CITADA

- Aguirre, Z; Aguirre N. 1999. Guía para realizar estudios en comunidades vegetales. Herbario Reinaldo Espinoza. Universidad Nacional de Loja. Loja- Ecuador. 50 p.
- Benzing, D. and Renfrow, A. 1971. The Biology of the atmospheric Bromeliad *Tillandsia circinata* Schlecht. I. The nutrient status of populations in South Florida. *Amer. J. Bot.* vol. 58. pp. 867 –873.
- Benzing, D. 1990. Vascular Epiphytes. *General Biology and Related Biota*. Cambridge University Press. P. 354
- Benzing, D. 2000. *Bromeliaceae: Profile of an Adaptative Radiation*. Cambridge University Press, Cambridge 346 pp.
- Beutelspacher, C. 1971. Una bromelia como ecosistema. Instituto de Biología, UNAM, México. Pp. 82-88.
- Boone. 2001. *Manual of Systematic Bacteriology Volume 1: The Archaea and the deeply branching and phototrophic Bacteria (2nd edición)*. New York: Springer Verlag. p. 169.
- Buchwitz, M.; Schneising, O.; Reuter, M.; Bovensmann, H.; Burrows, J. 2005. Greenhouse Gases from SCIAMACHY/ENVISAT Nadir Observations: CO₂ and CH₄ During 2003-2005. Institute of Environmental Physics (IUP), University of Bremen, Otto Hahn Allee 1, 28334 Bremen, Germany. 7 p.
- Bussmann R. W. (2002). Estudio Fitosociológico de la Vegetación en la Reserva Biológica San Francisco (ECSF) Zamora - Chinchipe. Departamento de Botánica y Ecología. 106 p.
- Butenhoff, C. and Khan, M. 2007. 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. pp 4032-4037.

- Cardelús, L. and Mark, M. 2009. The Nutrient status of Epiphytes and their Host trees along an Elevational gradient in Costa Rica. *Plant Ecology* Vol. 207. DOI: 10.1007/s11258-009-9651. pp. 25-37.
- Ceja, J.; Espejo, A.; López, A.; García, J.; Mendoza, A. y Pérez, B. 2008. Las Plantas epífitas, su diversidad e importancia. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma De México. *Revista de Cultura Científica*. 34-41p.
- Conrad, R. 1989. Control of Methane Production in Terrestrial Ecosystems. “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. 2007. 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. p 2-30.
- Coxson, D. S. and Nadkarni, N. M. 1995. Ecological roles of epiphytes in nutrient cycles of forest ecosystems pp. 27-44. In: Lowman, M. D. and Nadkarni, N. M. (eds.). *Forest canopies*. Academic Press, San Diego.
- Cruz, M.; Aurelio, O. y Ríos V. 2003. Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Universidad del Tolima. 235 p. ISBN 956-9243-03-07. p. 57.
- Dolado, J. 1999. Validez de las predicciones en la Estimación de Costes.
- 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 Vandorland, R. 2007. 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.
- Frank, J. H. and Lounibos L. P. 1987. Phytotelmata: swamps or islands. The Florida Entomologist, Vol. 70, No. 1, pp. 14-20
 - Gauslaa, Y. 1985. The ecology of Lobarion-pulmonariae and Parmelion-capraeratae in Quercus dominated forests in southwest Norway. Lichenologist. Vol. 17. pp. 117–140.
 - Granados, D.; López, G. F.; Hernández, M. Á.; Sánchez, A. 2003. Ecología de las plantas epífitas (Revista Chapingo). Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. p. 12.
 - Gravendeel, B.; Smithson, A.; Slik, W. and Schuiteman, A. 2004. Epiphytism and Pollinator Specialization: drivers for orchid diversity? The Royal Society 359, 1523-1535
 - Gentry, H. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographic gradients. Annals of the Missouri Botanical Garden. 75 1-34
 - Gentry, H. A. and Dodson, C. H. 1987. Diversity and Biogeography of Neotropical vascular epiphytes. Ann. Missouri Botanical Garden, 74: 205-233.
 - Goward, T. and Arsenault, A. 2000. Cyanolichen Distribution in young Unmanaged Forests: a Dripzone Effect? Bryologist. Vol. 10. pp 28–37.
 - Grubb, P. J.; Lloyd, J. R.; Pennington, T. D.; Whitmore, T. C. 1963. A Comparison of Montane and Lowland Rain Forest in Ecuador, I. The Forest Structure, Physiognomy, and Floristics. J. Ecol. 51: 567-601.
 - Hauck, M. and Runge, M. 2002. Stem flow chemistry and epiphytic lichen diversity in dieback - affected spruce forest of the Harz Mountains, Germany. Flora. Vol. 197. P 250–261.

- Heywood, V. H. 1985. Las plantas con flores. Ed. Reverté. España. pp. 139-141
- Hietz, P.; Wanek, W. 2002. Size-dependent variation of carbon and nitrogen isotope abundances in epiphytic bromeliads. *Plant Biology*. Vol. 5. pp. 137-142.
- Hornung, C. y Gavira, J. 2010. Glosario y Clave Ilustrada de las Bromeliáceas del Estado de Mérida-Venezuela. *Plántula* 2: 119-140.
- Ibisch, P. L. 1996. Neotropische Epiphyten-diversität - das Beispiel Bolivien. Martina Galunder-Verlag, Wiehl. 357 p.
- Isaza, C., Betancur, J. 2009. Relación entre la biomasa y algunas características morfológicas de las bromelias fitotelmatas de un bosque alto andino colombiano. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Apartado 7495, Bogotá, Colombia.
- Joseph, L. 1999. *Biology of the Prokaryotes*. Stuttgart: Thieme. p. 796.
- Keppler, F.; Hamilton, T.; Brab, M.; Rockmann, T. 2006: Methane Emissions from Terrestrial Plants under Aerobic Conditions *Nature*. 439, 187-191.
- Kitching, R. L. 2000. Food webs and container habitats: the natural history and ecology of phytotelmata. Cambridge: Cambridge University Press. 448 p.
- Krömer, T.; Kessler, M.; Gradstein, S. and Acebey, A. 2005. Diversity Patterns of Vascular Epiphytes along an Elevational Gradient in the Andes. *Journal of Biogeography* 32: 1799-1809.
- Luttge, U. 1997. *Physiological Ecology of Tropical Plants*. Berlin and Heidelberg. Pp. 387.

- Maguirre, B. 1970. Aquatic communities in bromeliad leaf axils and the influence of radiation. p. E. 95-E.101. En: Odum, H.T., Pigeon, R. F. (eds.). A tropical rain forest. Oak Ridge, Tennessee: Division of Technical Information, U. S. Atomic Energy Commission. USA.

- Manzanares, J. 2002. Joyas en la selva BROMELIACEAE del ecuador parte I - Bromelioideae. Pág. 8, 31.

- Martinson, G.; Werner F.; Scherber, C.; Conrad, R.; Corre, M.; Flessa, H.; Wolf, K.; Klose, M.; Gradstein, S.; and Veldkamp, E. 2010. Methane Emissions from Tank Bromeliads in Neotropical Forests. *Nature Geoscience* 3: 766-769.

- Merwin, M. C., S. A. Rentmeester & N. M. Nadkarni. 2003. The influence of host tree species on the distribution of epiphytic Bromeliads in experimental monospecific plantations, La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 35(1): 37-47.

- Myers, N.; Mittermeier R.; Mittermeier, C., Fonseca, G. and Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853 –858

- Nadkarni, N. M. 1984. Epiphyte biomass and nutrient capital of a neotropical elfin forest. *Biotropica* 16: 249-256.

- Nieder, J.; Engwald, S. and Barthlott, W. 1999. Patterns of neotropical epiphyte diversity. *Selbyana* 20: 66-75.

- Nieder, J.; Properl, J. & Michaloud, G. 2001. Epiphytes and their contribution to canopy diversity. *Plant Ecology* 153: 51- 63.

- Paymal, N. and Sosa, C. 1993. Amazon Wordls peoples an cultures of Ecuador`s amazon region, , Sinchichichi Sacha Fundation, Quito, Ecuador.

- Penagos, A. y Palacino, F. 2006. El “Exclusivo” Mundo de las Epífitas. *Docentes de Ciencias Naturales y Educación Ambiental*. Cundinamarca, Colombia.

- Pulido, V.; A. López, A. y Espejo, A. 2004. Flora Bromeliológica del Estado de Guerrero México: Riqueza y Distribución. Bol. Soc. Bot. Mex. 75: 55-104.
- Richardson, A.; Richardson, M.; Scatena, F. and McDowell, W. 2000. Effects of Nutrient Availability and Other Elevational Changes on Bromeliad Populations and Their Invertebrate Communities in a Humid Tropical Forest in Puerto Rico. University of Pennsylvania. pp. 167-188.
- Richardson, B. 1999. The Bromeliad Microcosm and the Assessment of Faunal Diversity in a Neotropical Forest.
- Stewart, G. R.; Handley, L. L.; Turnbull, M. H.; Erskine, P. D. and Joly, C. A. 1995. Natural Abundance of Vascular rainforest Epiphytes - Implications for nitrogen source and acquisition. Plant Cell Environ vol. 18. pp. 85-90
- Stuntz, S.; Ziegler, C. and Simon, U. 2002. Diversity and Structure of the Arthropod fauna within tree Canopy Epiphyte Species in Central Panama. J. Trop. Ecol. 18:161-176.
- Sudgen, A. M and Robins R. J. 1979. "Aspects of the Ecology of Vascular Epiphytes in Colombian Cloud Forests, I. The Distribution of the Epiphytic Flora". Biotropica, Vol. 11, No. 3., pp. 173-188: 173
- Sierra, R.; Cerón, C. and Valencia, R. 1999. Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF – BIRF y EcoCiencia. Quito, Ecuador.
- Thauer, R. K. and Shima, S. 2006. "Biogeochemistry: Methane and microbes". Nature, 440: 878-879
- Tukey, H. 1970. Leaching of substances from plants. Ann. Rev. Plant Physio. Vol. 21. P 305 – 324.
- Utley, J.; Burt- Utley, K.; Huft, M. en: Stevens, W.; Ulloa, C.; Pool, A.; Montiel, O. 2001. Flora de Nicaragua. Mo., EE.UU. Missouri Botanical Garden Press. v. 85, tomo 1, p. 460-495.

- Veneklaas, E. J.; Zagt, R. J.; Van Leerdam A.; Vanek R.; Broekhoven, A. J. and Van Genderen, M. 1990. Hydrological Properties of the Epiphyte mass of a Montane Tropical Rain Forest, Colombia Vegetation vol. 89. pp. 183-192

- Walker, R. y Ataroff, M. 2002. Biomasa Epífita y su Contenido de Nutrientes en una Selva Nublada Andina. Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Mérida. P. 6.

- Wania, R.; Hietz, P. and Wanek, W. 2002. Natural ¹⁵N abundance of epiphytes depends on the position within the forest canopy: source signals and isotope fractionation. Plant Cell Environ. Vol. 25. pp. 581–589.

- Wolf, J. and Flamenco, A. 2003. Patterns in species richness and distribution of vascular epiphytes in Chiapas, Mexico. Journal of Biogeography, 30: 1689–1707. doi: 10.1046/j.1365-2699.2003.00902.x

- Zabala, S. 2002. Inventario de bromelias epífitas del bosque nebuloso de la montaña El Volcán, El Paraíso, Honduras. pp. 19-20.

- Zotz, G. 2005. Differences in vital demographic rates in three populations of the epiphytic bromeliad, *Werauhia sanguinolenta*. Acta Oecologica 28: 306-312.

9. ANEXOS

Anexo 1: Matriz de datos

Lugar	Fecha	Nº Parcela	Ubicación Geográfica		Nº Morfoespecies	Nº Tipos Funcionales	Observaciones
			X	Y			
Ejemplo:							
Bombuscaro	10/08/2012	BO1	725315	9544605	8	4	Bosque Primario
Bombuscaro	11/08/2012	BO2	725090	9544389	7	4	Bosque Primario
Bombuscaro	11/08/2012	BO3	725575	9544917	9	6	Bosque Primario
Bombuscaro	12/08/2012	BO4	724584	9544015	6	5	Bosque Primario
Bombuscaro	13/08/2012	BO5	724499	9544202	5	3	Bosque Primario

Anexo 2: Matriz modificada para el muestreo de individuos de bromelias por sus respectivas clases diamétricas (10-15, 15-20,...95-200 cm de diámetro y tipos funcionales, estructurada en base a la información obtenida por el grupo de trabajo Gradstein/Veldkamp en el 2008 en la RBSF.

Lugar:	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	75-80	80-85	85-90	90-95	95-100
Deseñ	Guzmania																	
	T. Intermedio																	
	T. Ancho																	
	T. Vase																	
	Otros:																	
Sotobosque	Guzmania																	
	T. Intermedio																	
	T. Ancho																	
	T. Vase																	
	Otros:																	
Suelo	Guzmania																	
	T. Intermedio																	
	T. Ancho																	
	T. Vase																	
	Otros:																	

Anexo 2: Continuación

Lugar:		100-105	105-110	110-115	115-120	120-125	125-130	130-135	135-140	140-145	145-150	150-155	155-160	160-165	165-170	170-175	175-180	185-190	190-195	195-200		
Understory	Guzmania																					
	T. Intermedio																					
	T. Ancho																					
	T. Vase																					
	Otros:																					
Midstory	Guzmania																					
	T. Intermedio																					
	T. Ancho																					
	T. Vase																					
	Otros:																					
Canopy	Guzmania																					
	T. Intermedio																					
	T. Ancho																					
	T. Vase																					
	Otros:																					

Anexo 3. Características utilizadas para la representación de tipos funcionales de la familia Bromeliaceae.

TIPOS FUNCIONALES ESTABLECIDOS PARA BROMELIACEAE										
TIPOS FUNCIONALES		TF I	TF II	TP III	TP IV	TP V	TP VI	TF VII	TP VIII	TP IX
		Guzmania / Trampa de hojarasca	Tanque Intermedio	Tanque ancho	Tanque profundo/Vase	Tanque estrella	Atmosfericas	Streptocalyx	Pitcairnia	Puya
CARACTERÍSTICAS	Tipo de crecimiento	Epifita, Terrestre	Epifita	Epifita, terrestre	Epifita	Epifita	Epifita	Epifita	Terrestre, o raramente epifitas	Terrestre
	Estructura del tanque	La roseta de hojas que forman la estructura del tanque no es muy compacta.	La roseta de hojas que forman la estructura del tanque es ensanchado, con roseta de hojas compactas en la base.	La roseta de hojas que forman la estructura del tanque es muy compacta y ensanchada.	La roseta de hojas que forman la estructura del tanque es alargada y muy compacta.	La roseta de hojas que forman la estructura del tanque es poco compacta.	La roseta de hojas que forman la estructura del tanque no es compacta.	La roseta de hojas que forman la estructura del tanque es abierta	Sus hojas no forman una roseta en la base de la planta, por lo cual no presentan cisterna.	La roseta de hojas que forman el tanque es abierta, no compacta, por lo que la roseta no esta provista de fitotelma.
		Cisterna poco profunda	Cisterna poco profunda	Cisterna profunda	Cisterna profunda	Cisterna poco profunda	Cisterna muy pequena y angosta, similar a un bulbo.	No presentan cisterna	No presentan cisterna	No presentan cisterna
	Forma de las hojas	Hojas lineares en su mayoría, largas, verde brillante, lisas, tienen la forma de cinturón, tan largas y suaves que la lamina foliar se inclina. Las hojas vibran en brisas fuertes).	Hojas linguiformes o lineares, cortas o largas, rígidas, suaves como en Guzmania, color verde brillante.	Hojas linguiformes en su mayoría, cortas, rígidas, anchas, color verde brillante.	Hojas linguiformes, lanceoladas o triangulares, rígidas, anchas, cortas, color verde opaco	Hojas lanceoladas o triangulares (agujadas), relativamente delgadas pero tiesas, gruesas, por lo regular de color gris (o verde opaco) por la gran cantidad de escamas (tricomas foliares), tanto en el haz como en el envés	Hojas triangulares (agujadas), relativamente delgadas, de color gris (o verde opaco) por la presencia de tricomas foliares.	Hojas lanceoladas, finas y largas, provistas de espinas.	Hojas pecioladas, provistas de espinas	Hojas triangulares, rígidas, provistas de espinas.
	¿Almacena Agua?	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO
	Emiten CH4	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO
	Tipo de filotaxis	Polística	Polística	Polística	Polística	Polística	Polística	Polística	Distica	Polística
	Tipo de estrato en que se localizan	Dosel, Sotobosque, Suelo	Dosel, Sotobosque	Dosel, Sotobosque	Dosel, Sotobosque	Dosel y en ciertos casos sotobosque	Dosel y en ciertos casos sotobosque	Dosel, Sotobosque	Suelo	Suelo
REPRESENTANTES / ESPECIES PARA CADA TIPO FUNCIONAL	BROMELOIDEAE	<i>Aechmea longifolia</i> <i>Aechmea penduliflora</i> <i>Aechmea biflora</i> <i>Aechmea hoppii</i>	<i>Aechmea penduliflora</i>	<i>Aechmea romeroi</i>	<i>Aechmea zebrina</i> <i>Aechmea drakeana</i>			<i>Aechmea sp.</i>	<i>Ronnbergia sp.</i>	<i>Greigia mulfordii</i> <i>Greigia sodiroana</i>
	TILLANDSIOIDEAE	<i>Guzmania killippiana</i> <i>Guzmania squarosa</i> <i>Guzmania confusa</i> <i>Guzmania paniculata</i> <i>Guzmania retusa</i> <i>Guzmania roezlii</i> <i>Guzmania besseae</i> <i>Guzmania morreniana</i> <i>Guzmania farcimiformis</i> <i>Mezobromelia bicolor</i> <i>Tillandsia truncata</i> <i>Tillandsia laminata</i> <i>Tillandsia schimperiana</i>	<i>Guzmania gloriosa</i> <i>Vriesea zamorensis</i> <i>Mezobromelia fulgens</i> <i>Guzmania retusa</i>	<i>Tillandsia complanata</i> <i>Tillandsia tovariensis</i> <i>Tillandsia barbeyana</i> <i>Tillandsia fendleri</i> <i>Tillandsia biflora</i> <i>Tillandsia denudata</i> <i>Tillandsia asplundii</i> <i>Tillandsia platyrrhachis</i> <i>Guzmania claviformis</i> <i>Mezobromelia fulgens</i>	<i>Racinaea tetrantha</i> <i>Racinaea monticola</i> <i>Tillandsia naundorffiae</i> <i>Tillandsia confinis</i> <i>Tillandsia stenoura</i> <i>Tillandsia buseri</i>	<i>Tillandsia barthlottii</i> <i>Vriesea appendiculata</i> <i>Vriesea incurva</i> <i>Vriesea tequendamae</i>	<i>Racinaea undulifolia</i> <i>Racinaea penlandii</i> <i>Racinaea seemannii</i> <i>Vriesea fragrans</i>			
	PITCAIRNIOIDEAE								<i>Pitcairnia maidifolia</i> <i>Pitcairnia poortmani</i> <i>Pitcairnia riparia</i> <i>Pitcairnia trianae</i>	<i>Puya eryngioides</i> <i>Puya nitida</i> <i>Puya cuevae</i>

Anexo 4. Datos de campo obtenidos en el presente estudio

Nº Parcela	Sitio de Muestreo	Región Norte/Sur	Altitud (m s.n.m.)	Coordenadas (UTM)		Nº Total individuos/Parcela	Nº Total Morfoespecie/Parcela	Nº Tipos Funcionales/Parcelas
				X	Y			
Y01	Yasuni - NWC	N	261	339178	9942187	28	2	1
Y02	Yasuni - NWC	N	240	339018	9942170	30	1	1
Y03	Yasuni - NWC	N	220	339476	9942177	78	4	2
Y04	Yasuni - NWC	N	264	340506	9941047	9	2	2
Y05	Yasuni - NWC	N	206	340598	9940833	25	2	1
Y06	Yasuni - NWC	N	215	340496	9941012	28	3	3
Y07	Yasuni - NWC	N	225	340542	9940691	59	3	3
Y08	Yasuni - NWC	N	251	340447	9941162	26	2	2
Y09	Yasuni - NWC	N	240	?	?	48	2	1
Y10	Yasuni - NWC	N	255	?	?	31	2	2
Y11	Yasuni - NWC	N	218	342136	9941734	257	5	3
Y12	Yasuni - NWC	N	244	342219	9941793	120	5	3
Y13	Yasuni - NWC	N	236	342207	9941861	73	2	2
Y14	Yasuni - NWC	N	230	?	?	39	1	1
Y15	Yasuni - NWC	N	240	340103	9943888	90	3	2
Y16	Yasuni - NWC	N	264	340080	9943868	81	4	4
JS01	Jatun Sacha	N	440	208827	9881755	63	3	1
JS02	Jatun Sacha	N	460	208858	9881611	13	3	1
JS03	Jatun Sacha	N	480	208924	9880986	47	2	1
JS04	Jatun Sacha	N	390	208974	9881491	42	4	1
JS05	Jatun Sacha	N	436	208811	9881741	14	1	1
BO1	Bombuscaro	S	1069	725315	9544605	145	8	4
BO2	Bombuscaro	S	1049	725090	9544389	242	7	4
BO3	Bombuscaro	S	1132	725575	9544917	1018	9	6
BO4	Bombuscaro	S	1129	724584	9544015	168	6	5
BO5	Bombuscaro	S	1240	724499	9544202	104	5	3
BO6	Bombuscaro	S	1150	724663	9544125	251	7	5
BO7	Bombuscaro	S	1500	724676	9544144	48	5	4
BO8	Bombuscaro	S	1500	724669	9544151	167	5	5
RN01	Reserva Narupa	N	1293	195134	9924875	193	6	5
RN02	Reserva Narupa	N	1277	195137	9924865	105	6	5
RN03	Reserva Narupa	N	1235	?	?	59	4	3
NG01	Napo Galeras	N	1540	217742	9908245	390	7	5
NG02	Napo Galeras	N	1514	217370	9908273	381	8	5
NG03	Napo Galeras	N	1490	217100	9908332	420	10	6
NG04	Napo Galeras	N	1090	214077	9908045	141	7	5

NG05	Napo Galeras	N	1165	215051	9907329	270	5	5
NG06	Napo Galeras	N	1077	213097	9909927	164	5	4
GY01	Guacamayos	N	1993	183988	9929150	905	9	6
GY02	Guacamayos	N	2013	183936	9929191	684	7	5
GY03	Guacamayos	N	2030	193356	9932337	1588	10	4
SF01	San Francisco	S	2002	713721	9560455	632	14	7
SF02	San Francisco	S	2026	713726	9560391	1600	15	7
SF03	San Francisco	S	2054	714028	9560354	2096	11	7
SF04	San Francisco	S	2063	714040	9560321	870	12	6
SF05	San Francisco	S	2089	713666	9560143	706	12	7
SF06	San Francisco	S	2039	714029	9560383	1542	10	6
YNCU01	Yanayacu	N	2442	173244	9927373	208	7	4
YNCU02	Yanayacu	N	2330	173619	9926807	279	6	4
YNCU03	Yanayacu	N	2490	176815	9934020	151	7	4
YNCU04	Yanayacu	N	2434	177073	9934248	310	5	4
YNCU05	Yanayacu	N	2422	177073	9934248	235	7	5
GNG01	Guango	N	3011	826182	9958517	231	4	3
GNG02	Guango	N	2802	825619	9958595	429	5	4
GNG03	Guango	N	2809	826215	9957995	330	5	4
C01	Cajanuma - PNP	S	2865	702017	9545590	756	8	7
C02	Cajanuma - PNP	S	3043	702420	9545274	1253	9	4
C03	Cajanuma - PNP	S	2932	702243	9545574	142	5	4
C04	Cajanuma - PNP	S	2844	702260	9545591	354	4	4
C05	Cajanuma - PNP	S	2893	702312	9545279	256	5	5
C06	Cajanuma - PNP	S	2900	702595	9545043	231	6	6
CT01	Cerro Toledo	S	3412	709454	9513749	508	2	1
CT02	Cerro Toledo	S	3381	709592	9513757	237	2	1
CT03	Cerro Toledo	S	3395	709533	9513636	59	2	1
V01	La Virgen - REA	N	4241	811605	9964295	2	1	1
V02	La Virgen - REA	N	4235	811228	9964219	0	1	1
V03	La Virgen - REA	N	4196	811472	9964107	23	1	1
V04	La Virgen - REA	N	4199	811688	9964158	4	1	1
V05	La Virgen - REA	N	4162	811711	9964026	0	1	1
V06	La Virgen - REA	N	4155	811578	9963942	3	1	1
V07	La Virgen - REA	N	4129	811593	9963743	50	1	1
V08	La Virgen - REA	N	4125	811613	9963600	236	1	1

Anexo 5. Datos de emisión de metano (CH₄) en tipos funcionales de bromelia, en las parcelas de muestreo establecidos en cada sector a través de la gradiente altitudinal.

YASUNI Emision de CH4 en mg/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total CH4 (mg/ha)
1	261	0,00	82,36	0,00	0,00	0,00	82,36
2	240	187,03	0,00	0,00	0,00	0,00	187,03
3	220	443,51	34,66	0,00	0,00	0,00	478,17
4	264	29,65	12,95	0,00	0,00	0,00	42,60
5	206	193,24	0,00	0,00	0,00	0,00	193,24
6	215	62,38	22,33	0,00	121,48	0,00	206,19
7	225	10,33	31,29	396,01	0,00	0,00	437,62
8	251	52,32	0,00	0,00	140,81	0,00	193,13
9	240	179,52	0,00	0,00	0,00	0,00	179,52
10	255	99,71	71,70	0,00	0,00	0,00	171,42
11	218	819,94	261,97	0,00	737,28	0,00	1819,19
12	244	619,80	0,00	322,45	0,00	0,00	942,25
13	236	342,78	0,00	0,00	0,00	0,00	342,78
14	230	173,29	0,00	0,00	0,00	0,00	173,29
15	240	595,35	0,00	0,00	0,00	0,00	595,35
16	264	379,47	28,96	0,00	93,23	0,00	501,66
Valor total		4188,32	546,23	718,45	1092,81	0,00	6545,81
Valor promedial		261,77	34,14	44,90	68,30	0,00	409,11

JATUN SACHA Emision de CH4 en mg/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total CH4 (mg/ha)
1	440	257,00	0,00	0,00	0,00	0,00	257,00
2	460	72,06	0,00	0,00	0,00	0,00	72,06
3	480	112,86	0,00	0,00	0,00	0,00	112,86
4	390	190,79	0,00	0,00	0,00	0,00	190,79
5	436	76,93	0,00	0,00	0,00	0,00	76,93
Valor total		709,64	0,00	0,00	0,00	0,00	709,64
Valor promedial		141,93	0,00	0,00	0,00	0,00	141,93

BOMBUSCARO Emision de CH4 en mg/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total CH4 (mg/ha)
1	1069	198,93	127,06	219,79	42,66	11,62	600,06
2	1049	289,09	228,87	285,47	67,80	0,00	871,23
3	1132	178,58	1675,54	808,07	120,13	53,24	2835,57
4	1129	195,80	125,10	150,28	77,03	18,38	566,58
5	1240	216,15	12,78	135,21	0,00	0,00	364,13
6	1150	95,60	208,42	432,16	69,11	33,81	839,11
7	1500	0,00	6,31	199,85	0,00	8,67	214,83
8	1500	3,72	17,63	959,87	22,59	8,67	1012,48
Valor total		1177,88	2401,72	3190,70	399,32	134,38	7304,00
Valor promedial		147,23	300,21	398,84	49,92	16,80	913,00

RESERVA NARUPA Emision de CH4 en mg/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total CH4 (mg/ha)
1	1293	246,54	14,37	534,64	0,00	0,00	795,56
2	1277	122,93	8,75	333,98	0,00	0,00	465,65
3	1235	135,60	0,00	18,01	0,00	0,00	153,61
Valor total		505,07	23,12	886,63	0,00	0,00	1414,81
Valor promedial		168,36	7,71	295,54	0,00	0,00	471,60

NAPO GALERAS Emision de CH4 en mg/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total CH4 (mg/ha)
1	1540	315,77	230,14	455,07	0,00	149,27	1150,26
2	1514	519,57	62,47	724,63	0,00	62,07	1368,74
3	1490	775,57	34,65	547,78	0,00	36,24	1394,24
4	1090	214,12	0,00	137,72	0,00	0,00	351,84
5	1165	783,60	6,96	149,25	0,00	22,72	962,53
6	1077	221,41	11,98	482,50	45,63	48,24	809,76
Valor total		2830,05	346,20	2496,96	45,63	318,54	6037,37
Valor promedial		471,67	57,70	416,16	7,61	53,09	1006,23

GUACAMAYOS Emisión de CH₄ en mg/ha

Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total CH ₄ (mg/ha)
1	1993	1465,38	31,88	1575,02	197,55	145,08	3414,92
2	2013	1539,44	20,99	1109,77	0,00	182,96	2853,15
3	2030	2055,28	234,39	2849,34	0,00	576,34	5715,35
Valor total		5060,10	287,26	5534,13	197,55	904,38	11983,43
Valor promedial		1686,70	95,75	1844,71	65,85	301,46	3994,48

SAN FRANCISCO Emisión de CH₄ en mg/ha

Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total CH ₄ (mg/ha)
1	2002	205,20	30,85	1782,50	282,03	441,15	2741,73
2	2026	2106,33	40,76	3008,09	388,34	434,12	5977,64
3	2054	4264,05	90,02	1030,95	419,55	621,74	6426,31
4	2063	1681,36	50,25	813,39	80,37	426,68	3052,05
5	2089	934,72	0,00	391,11	11,71	240,49	1578,03
6	2039	3582,02	44,62	1817,25	161,59	185,64	5791,12
Valor total		12773,68	256,50	8843,29	1343,59	2349,82	25566,88
Valor promedial		2128,95	42,75	1473,88	223,93	391,64	4261,15

YANAYACU Emisión de CH₄ en mg/ha

Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total CH ₄ (mg/ha)
1	2442	205,25	0,00	457,65	0,00	63,09	725,99
2	2330	109,21	0,00	981,55	0,00	107,26	1198,02
3	2490	301,61	0,00	486,72	0,00	38,47	826,80
4	2434	1008,29	0,00	397,77	0,00	33,49	1439,55
5	2422	724,73	0,00	196,61	0,00	13,53	934,87
Valor total		2349,09	0,00	2520,31	0,00	255,83	5125,23
Valor promedial		469,82	0,00	504,06	0,00	51,17	1025,05

GUANGO Emisión de CH4 en mg/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total CH4 (mg/ha)
1	3011	152,66	0,00	530,72	521,53	0,00	1204,92
2	2802	114,94	0,00	1735,30	32,60	0,00	1882,83
3	2809	43,53	0,00	859,91	379,08	0,00	1282,52
Valor total		311,12	0,00	3125,93	933,22	0,00	4370,27
Valor promedial		103,71	0,00	1041,98	311,07	0,00	1456,76

CAJANUMA Emisión de CH4 en mg/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total CH4 (mg/ha)
1	2865	166,26	593,77	793,72	829,09	210,03	2592,87
2	3043	0,00	0,00	6907,90	691,22	0,00	7599,12
3	2932	18,26	0,00	38,10	486,87	0,00	543,23
4	2844	408,67	148,85	0,00	552,64	0,00	1110,16
5	2893	204,12	21,67	0,00	411,71	0,00	637,50
6	2900	77,36	183,22	121,76	464,05	0,00	846,39
Valor total		874,67	947,51	7861,48	3435,58	210,03	13329,27
Valor promedial		145,78	157,92	1310,25	572,60	35,00	2221,55

CERRO TOLEDO Emisión de CH4 en mg/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total CH4 (mg/ha)
1	3412	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	3381	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	3395	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor total		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor promedial		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

LA VIRGEN Emisión de CH4 en mg/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total CH4 (mg/ha)
1	4241	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	4235	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	4196	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	4199	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	4162	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	4155	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	4129	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	4125	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor total		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor promedial		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Anexo 6. Datos de Contenido de Agua (H2O) de tipos funcionales de bromelia, en las parcelas de muestreo establecidos en cada sector a través de la gradiente altitudinal.

YASUNI Capacidad de Agua L/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total H2O (L/ha)
1	261	0,00	32,45487479	0,00	0,00	0,00	32,45
2	240	2529,21	0,00	0,00	0,00	0,00	2529,21
3	220	5569,47	9,78	0,00	0,00	0,00	5579,26
4	264	151,70	3,80	0,00	0,00	0,00	155,50
5	206	2490,10	0,00	0,00	0,00	0,00	2490,10
6	215	630,26	7,43	0,00	61,39	61,39	760,46
7	225	41,86	13,42	86,17	0,00	0,00	141,45
8	251	189,49	0,00	0,00	57,71	57,71	304,90
9	240	650,74	0,00	0,00	0,00	0,00	650,74
10	255	656,97	29,45	0,00	0,00	0,00	686,42
11	218	11092,75	84,17	0,00	318,34	318,34	11813,60
12	244	10080,99	0,00	97,11	0,00	0,00	10178,11
13	236	3061,58	0,00	0,00	0,00	0,00	3061,58
14	230	1084,77	0,00	0,00	0,00	0,00	1084,77
15	240	6971,13	0,00	0,00	0,00	0,00	6971,13
16	264	3680,35	10,25	0,00	29,29	29,28681105	3749,18

JATUN SACHA Capacidad de Agua L/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total H2O (L/ha)
1	440	2372,34	0,00	0,00	0,00	0,00	2372,34
2	460	700,81	0,00	0,00	0,00	0,00	700,81
3	480	235,96	0,00	0,00	0,00	0,00	235,96
4	390	2806,09	0,00	0,00	0,00	0,00	2806,09
5	436	463,99	0,00	0,00	0,00	0,00	463,99

BOMBUSCARO Capacidad de Agua L/ha

Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total H2O (L/ha)
1	1069	759,88	34,13	44,67	9,25	4,43	852,35
2	1049	650,41	64,12	52,76	14,39	0,00	781,67
3	1132	897,37	639,15	144,02	34,84	20,87	1736,25
4	1129	365,65	35,63	22,26	22,42	7,38	453,34
5	1240	1292,75	3,31	22,21	0,00	0,00	1318,26
6	1150	90,83	62,14	67,52	12,78	12,81	246,07
7	1500	0,00	1,24	56,11	0,00	3,34	60,69
8	1500	7,36	4,28	180,71	5,26	3,34	200,95

RESERVA NARUPA Capacidad de Agua L/ha

Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total H2O (L/ha)
1	1293	425,43	5,60	175,63	0,00	0,00	606,67
2	1277	290,89	2,63	146,86	0,00	0,00	440,39
3	1235	245,70	0,00	3,93	0,00	0,00	249,64

NAPO GALERAS Capacidad de Agua L/ha

Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total H2O (L/ha)
1	1540	862,33	56,92	360,29	0,00	63,43	1342,97
2	1514	1151,06	19,19	568,86	0,00	37,50	1776,61
3	1490	2426,32	10,04	408,54	0,00	17,12	2862,02
4	1090	369,87	0,00	67,79	0,00	0,00	437,66
5	1165	2074,35	2,11	47,96	0,00	10,12	2134,53
6	1077	442,75	3,36	159,31	12,42	20,74	638,58

GUACAMAYOS Capacidad de Agua L/ha

Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total H2O (L/ha)
1	1993	3172,56	10,33	956,42	32,64	79,49	4251,44
2	2013	11486,44	8,70	290,42	0,00	90,87	11876,43
3	2030	7104,42	83,81	788,25	0,00	352,92	8329,40

SAN FRANCISCO Capacidad de Agua L/ha

Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total H2O (L/ha)
1	2002	604,76	8,39	511,03	53,69	309,70	1487,56
2	2026	11177,56	13,13	1031,74	97,77	244,28	12564,48
3	2054	19814,24	32,39	581,92	69,19	399,22	20896,97
4	2063	11127,41	13,36	281,37	12,00	266,56	11700,70
5	2089	5718,00	0,00	174,85	1,33	158,70	6052,88
6	2039	16617,08	9,97	668,07	21,61	106,19	17422,91

YANAYACU Capacidad de Agua L/ha

Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total H2O (L/ha)
1	2442	461,15	0,00	120,61	0,00	23,36	605,13
2	2330	262,37	0,00	349,57	0,00	62,88	674,81
3	2490	1318,89	0,00	187,60	0,00	13,68	1520,17
4	2434	4837,15	0,00	107,17	0,00	13,85	4958,17
5	2422	3213,73	0,00	44,68	0,00	4,69	3263,09

GUANGO Capacidad de Agua L/ha

Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total H2O (L/ha)
1	3011	205,46	0,00	158,65	65,57	0,00	429,68
2	2802	151,86	0,00	421,26	3,73	0,00	576,86
3	2809	59,34	0,00	172,23	34,90	0,00	266,48

CAJANUMA Capacidad de Agua L/ha

Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total H2O (L/ha)
1	2865	276,98	184,74	206,95	146,54	96,04	911,24
2	3043	0,00	0,00	1671,16	108,98	0,00	1780,14
3	2932	26,32	0,00	6,95	102,02	0,00	135,30
4	2844	431,66	47,96	0,00	96,07	0,00	575,69
5	2893	129,57	6,56	0,00	77,50	0,00	213,63
6	2900	149,20	71,99	19,00	108,56	0,00	348,76

CERRO TOLEDO Capacidad de Agua L/ha

Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total H2O (L/ha)
1	3412	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	3381	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	3395	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

LA VIRGEN Capacidad de Agua L/ha

Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total H2O (L/ha)
1	4241	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	4235	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	4196	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	4199	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	4162	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	4155	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	4129	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	4125	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Anexo 7. Datos de **Contenido de Biomasa** de tipos funcionales de bromelia, en las parcelas de muestreo establecidos en cada sector a través de la gradiente altitudinal.

YASUNI Cantidad de Biomasa Kg/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total (kg/ha)
1	261	0,00	16,49	0,00	0,00	0,00	16,49
2	240	55,80	0,00	0,00	0,00	0,00	55,80
3	220	125,34	4,73	0,00	0,00	0,00	130,07
4	264	4,76	1,85	0,00	0,00	0,00	6,62
5	206	56,57	0,00	0,00	0,00	0,00	56,57
6	215	15,26	3,69	0,00	18,84	0,00	37,79
7	225	1,41	6,98	26,88	0,00	0,00	35,27
8	251	6,43	0,00	0,00	20,60	0,00	27,03
9	240	21,71	0,00	0,00	0,00	0,00	21,71
10	255	18,82	15,13	0,00	0,00	0,00	33,95
11	218	247,83	41,57	0,00	111,02	0,00	400,43
12	244	210,14	0,00	27,35	0,00	0,00	237,49
13	236	75,65	0,00	0,00	0,00	0,00	75,65
14	230	29,69	0,00	0,00	0,00	0,00	29,69
15	240	161,39	0,00	0,00	0,00	0,00	161,39
16	264	91,50	5,14	0,00	11,93	0,00	108,56

JATUN SACHA Cantidad de Biomasa Kg/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total (kg/ha)
1	440	55,55	0,00	0,00	0,00	0,00	55,55
2	460	16,77	0,00	0,00	0,00	0,00	16,77
3	480	8,76	0,00	0,00	0,00	0,00	8,76
4	390	57,38	0,00	0,00	0,00	0,00	57,38
5	436	13,48	0,00	0,00	0,00	0,00	13,48

BOMBUSCARO Cantidad de Biomasa Kg/ha

Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total (kg/ha)
1	1069	24,63	16,29	14,32	4,60	1,31	61,15
2	1049	25,12	30,73	17,43	7,45	0,00	80,72
3	1132	25,34	318,96	47,21	16,25	6,21	413,96
4	1129	14,78	17,16	7,94	9,97	2,19	52,04
5	1240	31,22	1,56	7,76	0,00	0,00	40,53
6	1150	4,71	29,95	23,49	7,35	3,84	69,34
7	1500	0,00	0,57	15,27	0,00	1,01	16,84
8	1500	0,31	1,94	59,06	2,55	1,01	64,89

RESERVA NARUPA Cantidad de Biomasa Kg/ha

Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total (kg/ha)
1	1293	17,66	2,82	46,77	0,00	0,00	67,26
2	1277	10,72	1,24	36,29	0,00	0,00	48,26
3	1235	9,82	0,00	1,24	0,00	0,00	11,06

NAPO GALERAS Cantidad de Biomasa Kg/ha

Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total(kg/ha)
1	1540	30,75	26,88	73,17	0,00	19,03	149,83
2	1514	43,10	9,41	118,18	0,00	11,29	181,98
3	1490	81,46	4,89	83,79	0,00	5,18	175,31
4	1090	15,46	0,00	16,60	0,00	0,00	32,07
5	1165	76,58	1,03	13,21	0,00	3,06	93,89
6	1077	17,67	1,63	43,44	5,70	6,05	74,49

GUACAMAYOS Cantidad de Biomasa Kg/ha

Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total(kg/ha)
1	1993	116,58	5,01	209,01	21,08	22,97	374,65
2	2013	282,37	4,44	82,57	0,00	26,48	395,86
3	2030	225,57	41,71	219,58	0,00	100,76	587,63

SAN FRANCISCO Cantidad de Biomasa Kg/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total(kg/ha)
1	2002	19,43	3,71	140,53	30,92	86,01	280,62
2	2026	309,12	6,52	269,46	46,22	70,22	701,53
3	2054	559,33	16,20	130,40	44,89	112,67	863,49
4	2063	283,72	5,97	73,63	7,72	75,23	446,27
5	2089	153,72	0,00	43,03	1,00	45,01	242,76
6	2039	487,70	4,54	170,43	15,45	30,63	708,75

YANAYACU Cantidad de Biomasa Kg/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total (kg/ha)
1	2442	17,00	0,00	35,59	0,00	7,03	59,63
2	2330	9,61	0,00	92,91	0,00	17,94	120,46
3	2490	42,99	0,00	48,96	0,00	4,13	96,08
4	2434	148,93	0,00	31,11	0,00	4,13	184,16
5	2422	102,50	0,00	13,70	0,00	1,40	117,59

GUANGO Cantidad de Biomasa Kg/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total (kg/ha)
1	3011	9,11	0,00	44,33	48,52	0,00	101,96
2	2802	7,10	0,00	125,47	3,71	0,00	136,28
3	2809	2,75	0,00	54,57	31,83	0,00	89,15

CAJANUMA Cantidad de Biomasa Kg/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total (kg/ha)
1	2865	11,95	91,33	60,14	86,38	27,99	277,80
2	3043	0,00	0,00	495,59	72,10	0,00	567,69
3	2932	1,19	0,00	2,35	54,04	0,00	57,58
4	2844	21,80	23,43	0,00	57,98	0,00	103,21
5	2893	7,63	3,23	0,00	47,68	0,00	58,55
6	2900	6,04	36,65	6,61	56,72	0,00	106,02

CERRO TOLEDO Cantidad de Biomasa Kg/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total (kg/ha)
1	3412	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	3381	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	3395	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

LA VIRGEN Cantidad de Biomasa Kg/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total (kg/ha)
1	4241	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	4235	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	4196	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	4199	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	4162	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	4155	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	4129	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	4125	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Anexo 9. Datos de contenido de Nitrógeno (N) en tipos funcionales de bromelias, en las parcelas de muestreo establecidos en cada sector a través de la gradiente altitudinal.

YASUNI - Contenido de Nitrógeno en kg/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total N (kg/ha)
1	261	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,12
2	240	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41
3	220	0,92	0,03	0,00	0,00	0,00	0,96
4	264	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05
5	206	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42
6	215	0,11	0,03	0,00	0,14	0,00	0,28
7	225	0,01	0,05	0,20	0,00	0,00	0,26
8	251	0,05	0,00	0,00	0,15	0,00	0,20
9	240	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
10	255	0,14	0,11	0,00	0,00	0,00	0,25
11	218	1,82	0,31	0,00	0,82	0,00	2,94
12	244	1,54	0,00	0,20	0,00	0,00	1,75
13	236	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,56
14	230	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22
15	240	1,19	0,00	0,00	0,00	0,00	1,19
16	264	0,67	0,04	0,00	0,09	0,00	0,80
Valor Total		8,25	0,70	0,40	1,19	0,00	10,54
Valor Promedial		0,52	0,04	0,02	0,07	0,00	0,66

JATUN SACHA - Contenido Nutrientes en kg/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total N (kg/ha)
1	440	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41
2	460	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12
3	480	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
4	390	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42
5	436	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
Valor Total		1,12	0,00	0,00	0,00	0,00	1,12
Valor Promedial		0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22

BOMBUSCARO - Contenido Nitrógeno en kg/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total N (kg/ha)
1	1069	0,18	0,12	0,11	4,60	1,31	6,31
2	1049	0,18	0,23	0,13	7,45	0,00	7,99
3	1132	0,19	2,34	0,35	16,25	6,21	25,34
4	1129	0,11	0,13	0,06	9,97	2,19	12,46
5	1240	0,23	0,01	0,06	0,00	0,00	0,30
6	1150	0,03	0,22	0,17	7,35	3,84	11,61
7	1500	0,00	0,00	0,11	0,00	1,01	1,13
8	1500	0,00	0,01	0,43	2,55	1,01	4,02
Valor Total		0,93	3,07	1,41	48,18	15,57	69,15
Valor Promedial		0,12	0,38	0,18	6,02	1,95	8,64

RESERVA NARUPA - Contenido Nitrógeno en kg/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total N (kg/ha)
1	1293	0,13	0,34	0,34	0,00	0,00	0,82
2	1277	0,08	0,27	0,27	0,00	0,00	0,61
3	1235	0,07	0,01	0,01	0,00	0,00	0,09
Valor Total		0,28	0,62	0,62	0,00	0,00	1,52
Valor Promedial		0,09	0,21	0,21	0,00	0,00	0,51

NAPO GALERAS - Contenido Nitrógeno en kg/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total N (kg/ha)
1	1540	0,23	0,20	0,54	0,00	19,03	19,99
2	1514	0,32	0,07	0,87	0,00	11,29	12,54
3	1490	0,60	0,04	0,62	0,00	5,18	6,43
4	1090	0,11	0,00	0,12	0,00	0,00	0,24
5	1165	0,56	0,01	0,10	0,00	3,06	3,73
6	1077	0,13	0,01	0,32	5,70	6,05	12,21
Valor Total		1,95	0,32	2,56	5,70	44,60	55,13
Valor Promedial		0,32	0,05	0,43	0,95	7,43	9,19

GUACAMAYOS - Contenido Nitrógeno en kg/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total N (kg/ha)
1	1993	0,86	0,04	1,54	21,08	22,97	46,48
2	2013	2,08	0,03	0,61	0,00	26,48	29,19
3	2030	1,66	0,31	1,61	0,00	100,76	104,34
Valor Total		4,59	0,38	3,76	21,08	150,20	180,01
Valor Promedial		1,53	0,13	1,25	7,03	50,07	60,00

SAN FRANCISCO - Contenido Nitrógeno en kg/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total N (kg/ha)
1	2002	0,14	0,03	1,03	30,92	86,01	118,14
2	2026	2,27	0,05	1,98	46,22	70,22	120,74
3	2054	4,11	0,12	0,96	44,89	112,67	162,75
4	2063	2,09	0,04	0,54	7,72	75,23	85,62
5	2089	1,13	0,00	0,32	1,00	45,01	47,46
6	2039	3,58	0,03	1,25	15,45	30,63	50,95
Valor Total		13,33	0,27	6,08	146,20	419,77	585,65
Valor Promedial		2,22	0,05	1,01	24,37	69,96	97,61

YANAYACU - Contenido Nitrógeno en kg/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total N (kg/ha)
1	2442	0,12	0,00	0,26	0,00	7,03	7,42
2	2330	0,07	0,00	0,68	0,00	17,94	18,69
3	2490	0,32	0,00	0,36	0,00	4,13	4,81
4	2434	1,09	0,00	0,23	0,00	4,13	5,45
5	2422	0,75	0,00	0,10	0,00	1,40	2,25
Valor Total		2,36	0,00	1,63	0,00	34,63	38,62
Valor Promedial		0,47	0,00	0,33	0,00	6,93	7,72

GUANGO - Contenido Nitrógeno en kg/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total N (kg/ha)
1	3011	0,33	0,00	0,33	48,52	0,00	49,18
2	2802	0,92	0,00	0,92	3,71	0,00	5,55
3	2809	0,40	0,00	0,40	31,83	0,00	32,63
Valor Total		1,65	0,00	1,65	84,06	0,00	87,36
Valor Promedial		0,55	0,00	0,55	28,02	0,00	29,12

CAJANUMA - Contenido Nitrógeno en kg/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total N (kg/ha)
1	2865	0,09	0,67	0,44	86,38	27,99	115,58
2	3043	0,00	0,00	3,64	72,10	0,00	75,74
3	2932	0,01	0,00	0,02	54,04	0,00	54,07
4	2844	0,16	0,17	0,00	57,98	0,00	58,31
5	2893	0,06	0,02	0,00	47,68	0,00	47,76
6	2900	0,04	0,27	0,05	56,72	0,00	57,08
Valor Total		0,36	1,14	4,15	374,91	27,99	408,54
Valor Promedial		0,06	0,19	0,69	62,48	4,67	68,09

CERRO TOLEDO - Contenido Nitrógeno en kg/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total N (kg/ha)
1	3412	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	3381	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	3395	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor Total		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor Promedial		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

LA VIRGEN - Contenido Nitrógeno en kg/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total N (kg/ha)
1	4241	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	4235	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	4196	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	4199	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	4162	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	4155	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	4129	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	4125	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor Total		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor Promedial		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Anexo 10. Datos de contenido de Fósforo (P) en tipos funcionales de bromelias, en las parcelas de muestreo establecidos en cada sector a través de la gradiente altitudinal.

YASUNI - Contenido de Fósforo en kg/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total P (kg/ha)
1	261	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
2	240	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
3	220	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
4	264	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	206	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
6	215	0,01	0,00	0,00	18,84	0,00	18,85
7	225	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
8	251	0,00	0,00	0,00	20,60	0,00	20,60
9	240	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
10	255	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
11	218	0,10	0,02	0,00	111,02	0,00	111,14
12	244	0,09	0,00	0,01	0,00	0,00	0,10
13	236	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
14	230	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
15	240	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
16	264	0,04	0,00	0,00	11,93	0,00	11,97
Valor Total		0,47	0,04	0,02	162,39	0,00	162,92
Valor Promedial		0,03	0,00	0,00	10,15	0,00	10,18

JATUN SACHA - Contenido Fósforo en kg/ha							
Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total P (kg/ha)
1	440	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
2	460	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
3	480	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	390	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
5	436	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Valor Total		0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
Valor Promedial		0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01

BOMBUSCARO - Contenido Fosforo en kg/ha

Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total P (kg/ha)
1	1069	0,01	0,01	0,01	4,60	1,31	5,93
2	1049	0,01	0,01	0,01	7,45	0,00	7,48
3	1132	0,01	0,13	0,02	16,25	6,21	22,62
4	1129	0,01	0,01	0,00	9,97	2,19	12,18
5	1240	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
6	1150	0,00	0,01	0,01	7,35	3,84	11,21
7	1500	0,00	0,00	0,01	0,00	1,01	1,02
8	1500	0,00	0,00	0,02	2,55	1,01	3,59
Valor Total		0,05	0,17	0,08	48,18	15,57	64,05
Valor Promedial		0,01	0,02	0,01	6,02	1,95	8,01

RESERVA NARUPA - Contenido Fósforo en kg/ha

Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total P (kg/ha)
1	1293	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,03
2	1277	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02
3	1235	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor Total		0,02	0,00	0,03	0,00	0,00	0,05
Valor Promedial		0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02

NAPO GALERAS - Contenido Fósforo en kg/ha

Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total P (kg/ha)
1	1540	0,01	0,01	0,03	0,00	19,03	19,08
2	1514	0,02	0,00	0,05	0,00	11,29	11,36
3	1490	0,03	0,00	0,03	0,00	5,18	5,25
4	1090	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
5	1165	0,03	0,00	0,01	0,00	3,06	3,10
6	1077	0,01	0,00	0,02	5,70	6,05	11,77
Valor Total		0,11	0,02	0,14	5,70	44,60	50,57
Valor Promedial		0,02	0,00	0,02	0,95	7,43	8,43

GUACAMAYOS - Contenido Fósforo en kg/ha

Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total P (kg/ha)
1	1993	0,05	0,00	0,09	21,08	22,97	44,19
2	2013	0,12	0,00	0,03	0,00	26,48	26,63
3	2030	0,09	0,02	0,09	0,00	100,76	100,96
Valor Total		0,26	0,02	0,21	21,08	150,20	171,78
Valor Promedial		0,09	0,01	0,07	7,03	50,07	57,26

SAN FRANCISCO - Contenido Fosforo en kg/ha

Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total P (kg/ha)
1	2002	0,01	0,00	0,06	30,92	86,01	117,01
2	2026	0,13	0,00	0,11	46,22	70,22	116,68
3	2054	0,23	0,01	0,05	44,89	112,67	157,85
4	2063	0,12	0,00	0,03	7,72	75,23	83,10
5	2089	0,06	0,00	0,02	1,00	45,01	46,09
6	2039	0,20	0,00	0,07	15,45	30,63	46,36
Valor Total		0,75	0,02	0,34	146,20	419,77	567,08
Valor Promedial		0,13	0,00	0,06	24,37	69,96	94,51

YANAYACU - Contenido Fosforo en kg/ha

Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total P (kg/ha)
1	2442	0,01	0,00	0,01	0,00	7,03	7,05
2	2330	0,00	0,00	0,04	0,00	17,94	17,98
3	2490	0,02	0,00	0,02	0,00	4,13	4,17
4	2434	0,06	0,00	0,01	0,00	4,13	4,20
5	2422	0,04	0,00	0,01	0,00	1,40	1,45
Valor Total		0,13	0,00	0,09	0,00	34,63	34,85
Valor Promedial		0,03	0,00	0,02	0,00	6,93	6,97

GUANGO - Contenido Fosforo en kg/ha

Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total P (kg/ha)
1	3011	0,00	0,00	0,02	48,52	0,00	48,55
2	2802	0,00	0,00	0,05	3,71	0,00	3,76
3	2809	0,00	0,00	0,02	31,83	0,00	31,85
Valor Total		0,01	0,00	0,09	84,06	0,00	84,16
Valor Promedial		0,00	0,00	0,03	28,02	0,00	28,05

CAJANUMA - Contenido Fosforo en kg/ha

Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total P (kg/ha)
1	2865	0,00	0,04	0,02	86,38	27,99	114,44
2	3043	0,00	0,00	0,21	72,10	0,00	72,31
3	2932	0,00	0,00	0,00	54,04	0,00	54,05
4	2844	0,01	0,01	0,00	57,98	0,00	58,00
5	2893	0,00	0,00	0,00	47,68	0,00	47,69
6	2900	0,00	0,02	0,00	56,72	0,00	56,74
Valor Total		0,02	0,06	0,23	374,91	27,99	403,22
Valor Promedial		0,00	0,01	0,04	62,48	4,67	67,20

CERRO TOLEDO - Contenido Fosforo en kg/ha

Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total P (kg/ha)
1	3412	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	3381	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	3395	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor Total		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor Promedial		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

LA VIRGEN - Contenido Fosforo en kg/ha

Nº Parcela	Altitud	Guzmania	T. Intermedio	T. Ancho	T. Vase	T. Estrella	Total P (kg/ha)
1	4241	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	4235	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	4196	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	4199	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	4162	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	4155	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	4129	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	4125	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor Total		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor Promedial		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00