

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK**

**Facultad de Ciencias Ambientales**

**Proyecto de Fin de Carrera previo a la obtención del Título de  
Ingeniera Ambiental**

**Características ácido-básicas y composición iónica de las lluvias  
en la Reserva Biológica Limoncocha-Ecuador**

**Autora:**

**Estefanía Isabel Fierro Peñafiel**

**Director del Proyecto:**

**Dr. Carlos Ordóñez**

**Quito – Ecuador**

**2010**

## **RESUMEN EJECUTIVO**

### **1. INTRODUCCIÓN**

El presente Trabajo de Fin de Carrera comprendió básicamente, la recolección de muestras de lluvia en diferentes sitios alrededor de la Reserva y un análisis de las condiciones de pH, un análisis de los compuestos iónicos y una evaluación de las condiciones de calidad del agua lluvia en esta zona.

El trabajo llevado a cabo por E. Sanhueza et al, en octubre del 2005, denominado “*Química Atmosférica en la Gran Sabana III*”, constituyó el marco referencial principal para el presente proyecto. En este estudio se describe el procedimiento y metodología de muestreo de agua lluvia (deposición húmeda) y los métodos analíticos para la determinación de aniones inorgánicos y orgánicos así como de la valoración de las características ácidas o básicas de la lluvia (SANHUEZA, Eugenio, SANTANA, Magaly, DONOSO, Loreto et al. *Química atmosférica en la Gran Sabana III: INCI*, oct. 2005, vol. 30, N°10, p. 618-622).

### **2. AREA DE ESTUDIO**

El proyecto se realizó en la Reserva Biológica de Limoncocha (RBL), ubicada al nororiente de la Región Oriental ecuatoriana, en el cantón Shushufindi, provincia de Sucumbíos.

La Reserva tiene una extensión 4613,25 hectáreas, una altitud promedio de 230 msnm. El promedio de temperatura y precipitación anual es de 24.9° C y de 3,065 milímetros respectivamente. (Lasso & Bastidas, 2008).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

El objetivo general de este Trabajo de Fin de Carrera es analizar las características ácido-básicas y la composición iónica de las aguas lluvia en la Reserva Biológica Limoncocha para determinar si su atmósfera presenta condiciones de “lluvia ácida.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Determinar las condiciones de pH que presenta la lluvia en esta zona.
- Analizar los compuestos iónicos presentes en la lluvia.
- Evaluar las condiciones de calidad del agua de la lluvia.

## 4. METODOLOGÍA

El muestreo inició el 25 de febrero del 2010 y culminó el 9 de julio del 2010 (6 meses). Se llevaron a cabo jornadas de recolección de muestras durante tres días por mes en ocho locaciones diferentes de la Reserva.

Para la recolección de las muestras de lluvia se utilizó colectores convencionales ubicados en cada punto de muestreo.

### 4.1 DETERMINACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

Los puntos seleccionados a criterio, fueron ubicados con la ayuda de un aparato GPS, tomando los sitios más representativos que supondrían niveles importantes de contaminación atmosférica debido a su localización.

**Cuadro 1: Puntos seleccionados dentro de RBL.**

<b>Número de punto</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción de puntos</b>
1	CPF	Estación Central de Producción (Petroamazonas)
2	JB	Plataforma de Reinyección Jivino B
3	EU	Estación- UISEK
4	JA	Pozo- Plataforma Jivino A (Petroamazonas)
5	PP	Puente en Puerto de Palos
6	JC	Pozo- Plataforma Jivino C (Petroamazonas)
7	PL	Vía Pozo- Laguna (Petroamazonas)
8	LL	Laguna de Limoncocha

### 4.2 INSTALACIÓN DE MUESTREADORES

Determinados los puntos de muestreo, se procedió a la instalación de los muestreadores.

Se utilizaron muestreadores manuales para la recolección de aguas lluvia, cada muestreador consta de un pedestal de madera de un metro y medio de altura, un embudo grande de plástico de 27 cm de diámetro y una botella de vidrio de aproximadamente cuatro litros.

Los muestreadores se colocaron en áreas despejadas, lejos de obstáculos como árboles, ramas grandes, techos de casas, que dificulten la captación de lluvia por los colectores.

### 4.3 PARÁMETROS DE MEDICIÓN

Se procedió al análisis en el laboratorio de los siguientes parámetros:

**Cuadro 2: Parámetros de medición.**

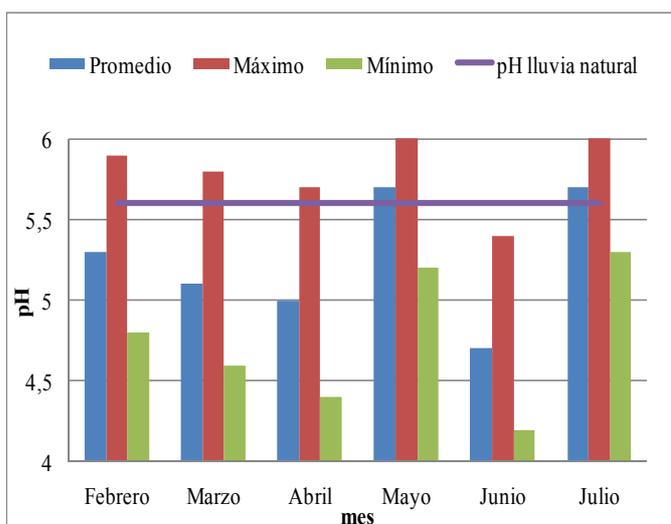
PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDICIÓN
Potencial de hidrógeno (pH)	adimensional
Conductividad eléctrica (CE)	$\mu\text{S/cm}$
Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	mg/L
Cloruros ( $\text{Cl}^-$ )	mg/L
Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )	mg/L
Amonio ( $\text{NH}_4^+$ )	mg/L

### 4.4 Equipos para mediciones específicas

Las mediciones de pH y conductividad se realizaron utilizando un potenciómetro/conductivímetro digital marca Thermo Scientific, modelo Orion 5 star, equipado con un electrodo de vidrio. Para calibrar el equipo se utilizó soluciones tampones de pH de 4,0-7,0-10,0 y la medición de aniones inorgánicos  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  y del ión amonio  $\text{NH}_4^+$  se efectuó utilizando el Espectrofotómetro UV- visible HACH 4000.

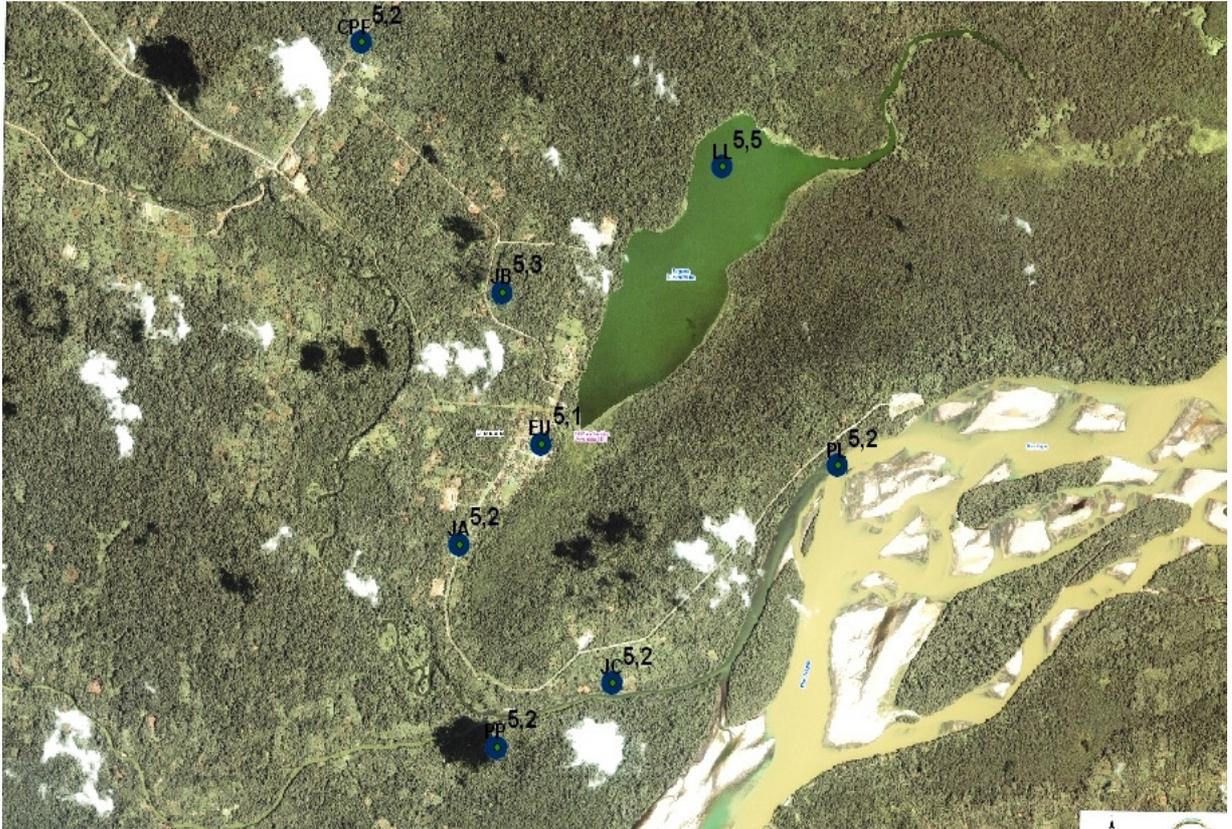
## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 pH



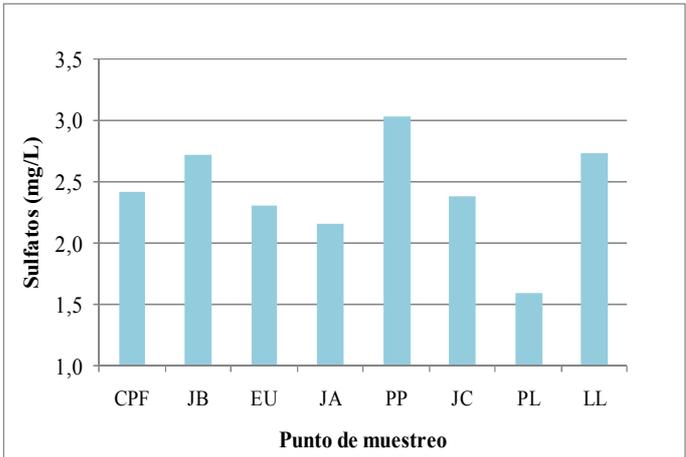
Se observa que en los meses de mayo y julio los promedios de pH son superiores a 5,6. En febrero y marzo se presenta una ligera acidez ( $\leq 5,6$ ) y en abril y junio los pH son ácidos con valores inferiores a 5.

**Gráfico 1: Valores estadísticos notables de pH.**



**Figura 1: Promedios de pH en cada punto de muestreo.**

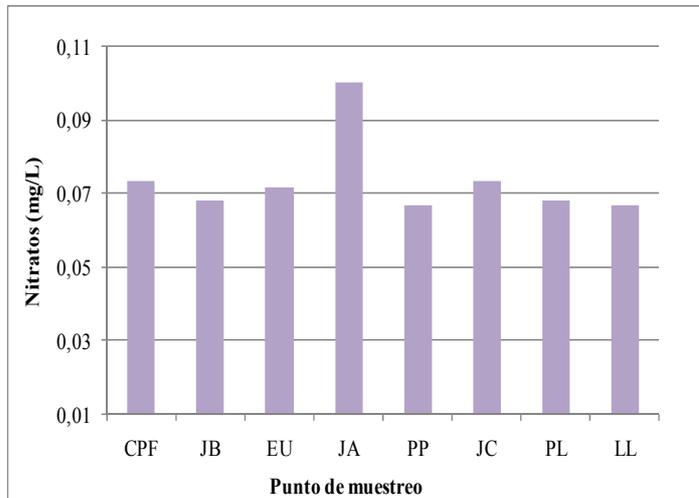
**5.2 Ión Sulfato (mg/L)**



Se observa que las concentraciones más altas registradas pertenecen al punto 5 (PP) con un promedio de 3,0 mg/L y las más bajas se obtuvieron en el punto 7 (PL) con 1,6 mg/L. De acuerdo a la literatura la concentración de este ión está dentro de los rangos normales de Sulfatos para lluvias naturales.

**Gráfico 2: Promedios de Sulfato.**

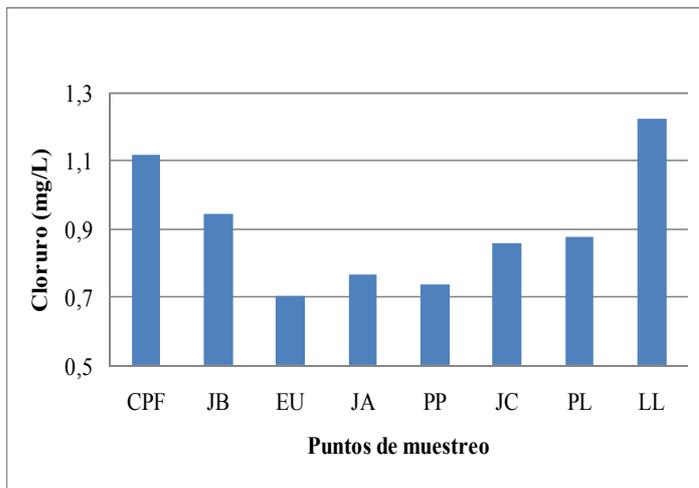
### 5.3 Ión Nitrato (mg/L).



La mayor concentración de este ión se obtuvo en el punto 4 (JA) con un valor promedio de 0,10 mg/L y la más baja en los puntos PP y PL con un valor promedio de 0,06 mg/L. Las bajas concentraciones de este ión indican que se halla muy diluido.

**Gráfico 3: Promedio de Nitratos.**

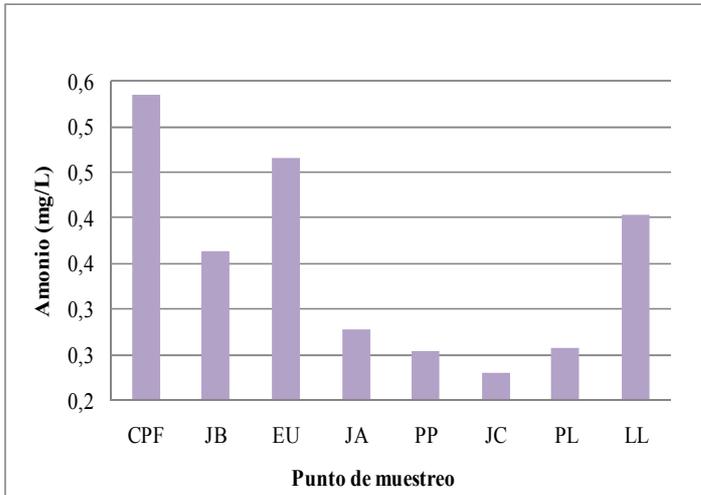
### 5.4 Ión Cloruro (mg/L).



La mayor concentración de este ión se registra en el punto 1 (CPF) y en el punto 8 (LL) con un valor promedio de 1,1 mg/L y 1,2 mg/L respectivamente, Los valores más bajos registrados fueron los obtenidos en el punto 3 (EU) con 0,7 mg/L.

**Gráfico 4: Promedio de Cloruros.**

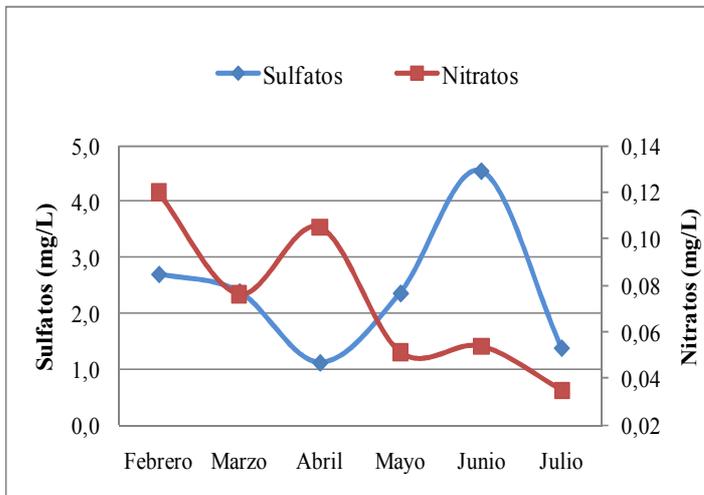
### 5.5 Ión Amonio (mg/L)



Se observa que las concentraciones más altas se registraron en el punto 1 (CPF) con un valor promedio de 0,5 mg/L y las más bajas en el punto 6 (JC) con un valor promedio de 0,2 mg/L.

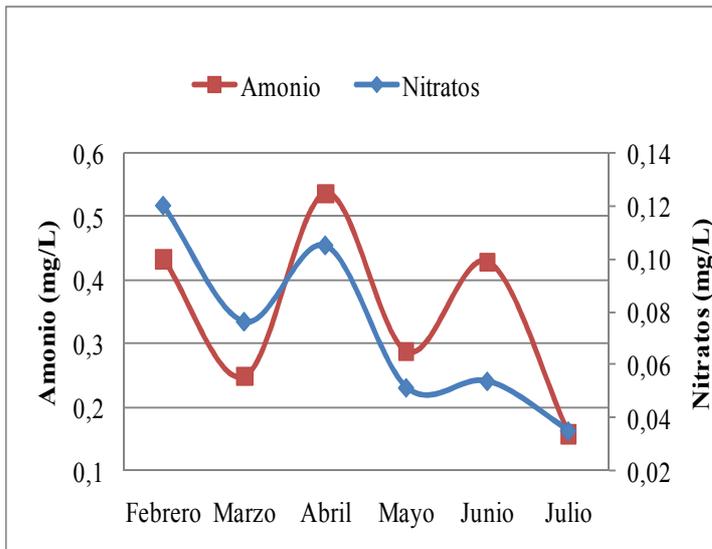
**Gráfico 4: Promedio de Amonio.**

### 5.6 Correlación de datos



El gráfico muestra la comparación entre la concentración de sulfatos y nitratos en las lluvias recolectadas, no existe una clara correlación entre estos iones, aunque ambos proceden de actividad biogénica y deberían estar correlacionados.

**Gráfico 5: Correlación entre Sulfatos y Nitratos.**



En el gráfico se aprecia una buena correlación entre los iones Amonio y Nitrato, esto resulta lógico debido a que el ión Nitrato en medio reductor forma Amoníaco que en la atmósfera da paso a la formación del ión Amonio mediante reacciones con ácidos fuertes.

**Gráfico 6: Correlación entre Amonio y Nitratos.**

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

1. La gran variación en cuanto a los valores y concentraciones de los parámetros medidos en este estudio, no permite establecer una caracterización correcta de la calidad del agua lluvia recolectada en la RBL.
2. Las bajas concentraciones de los iones nitrato, amonio y sulfatos indican que la Reserva Biológica está siendo muy poco afectada por las emisiones antrópicas (actividad petroleras dentro de la Reserva y circulación vehicular). Las concentraciones de sulfatos y nitratos se deben probablemente a las emisiones naturales de precursores emitidos a la atmósfera, especialmente la actividad biológica producida por la descomposición de materia orgánica y procesos bacterianos.
3. El valor promedio del pH de las lluvias en la Reserva Biológica Limoncocha es de 5,2 lo cual indica que la atmósfera es ligeramente ácida. Las bajas concentración de los aniones inorgánicos y de acuerdo al estudio base realizado por Sanhueza, se sugiere que los valores ácidos de pH obtenidos se deben principalmente a la presencia en la atmósfera de compuestos orgánicos como el ácido acético y el ácido fórmico provenientes de la oxidación de materia orgánica y emisiones biogénicas.
4. A excepción del punto 8 (LL), los valores obtenidos de pH en los diferentes puntos de muestreo muestran que en estas zonas se producen lluvias ácidas con pH menores a 5,6, lo cual sugiere la presencia en la atmósfera de ácidos orgánicos e inorgánicos

procedentes principalmente de emisiones naturales de compuestos químicos tipo isopreno y por emisiones antrópicas procedentes de las petroleras cercanas y de áreas pobladas.

5. Los valores de pH obtenidos en el punto 8 (LL) indican que en esta zona también se generan lluvias ácidas y sugieren la presencia de compuestos químicos de origen biogénico en la atmósfera.
6. Las bajas concentraciones de nitratos obtenidos en las lluvias sugieren que las zonas de muestreo están siendo poco afectadas por compuestos de nitrógeno emitidos a la atmósfera.
7. Las bajas concentraciones del catión amonio sugieren una limitada emisión de gas amoníaco procedente de ecosistemas y de la descomposición de materia orgánica y una mínima formación de compuestos o sales de amonio en la atmósfera. En la Reserva la ganadería es prácticamente inexistente.
8. Los bajos valores de conductividad eléctrica sugieren que los iones están muy diluidos, lo cual coincide con la composición natural del agua lluvia.
9. Las bajas concentraciones del ión cloruro provendrían posiblemente de partículas que han sido arrastradas y transportadas en la atmósfera por oxidación de compuestos clorocarbonados.
10. Al evaluar las condiciones ácido básicas de las lluvias y los valores medidos de los aniones inorgánicos  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{Cl}^-$  y del catión  $\text{NH}_4^+$ , se puede concluir que la composición de estas lluvias no presenta concentraciones elevadas que puedan afectar a los ecosistemas de la Reserva, ni afectar la salud y bienestar de las comunidades que en ella habitan.
11. La composición iónica de las lluvias de la Reserva Biológica Limoncocha presenta concentraciones que están dentro de los rangos normales establecidos para lluvias naturales, es decir, la calidad de estas aguas no está siendo afectada por actividades antropogénicas desarrolladas dentro de la Reserva.
12. Una mayor concentración de sulfatos, nitratos y cloruros significaría valores pH más ácidos. Los valores de pH obtenidos en este estudio sugieren la presencia de compuestos ácidos orgánicos e inorgánicos en la atmósfera.

La presencia del catión  $\text{NH}_4^+$  supondría un proceso de neutralización de ácidos, lo cual generaría un aumento en el pH de las precipitaciones, sin embargo, la actividad de amonio en la atmósfera incrementaría la concentración del ión sulfato al favorecer la formación de sulfatos de amonio.

13. No existe una correlación clara entre las concentraciones de los iones sulfato y nitrato, aunque ambos proceden de actividades biogénicas. Los iones amonio y nitrato presentaron una notable correlación, lo que resulta lógico debido a la presencia de nitrato en la atmósfera.

## 6.2 RECOMENDACIONES

1. Recomiendo continuar con este estudio por un período de al menos un año para obtener datos de composición iónica de la lluvia y pH en la época seca y en la época lluviosa y así disponer de mayor información que nos ayude a corroborar los valores obtenidos en el presente estudio.
2. Recomiendo analizar diferentes tipos de compuestos orgánicos (ácido acético y ácido fórmico) e inorgánicos (además de los ya analizados en este proyecto); estos compuestos supondrían una contribución a la formación de lluvia ácida y con ello el establecimiento de un criterio más amplio en cuanto al pH, a la concentración de iones y a la correlación existente entre estos parámetros y su distribución en la atmósfera.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- BASTIDAS, Diego, LASSO, Sergio. FICHA INFORMATIVA DE LOS HUMEDALES. Disponible en: <http://www.ambiente.gov.ec/userfiles/50/Reserva%20Biol%C3%B3gica%20Limoncocha.pdf> Última actualización 20 de noviembre de 2008
- INTERCIENCIA. Química atmosférica en la Gran Sabana III: Composición iónica y características ácido-básicas de las lluvias. SANHUEZA, Eugenio, SANTANA, Magaly, DONOSO, Loreto, PACHECO, Milexi. 2005. Disponible en: [http://www.interciencia.org/v25\\_04/sanhueza.pdf](http://www.interciencia.org/v25_04/sanhueza.pdf)