

# **Dinámica paleopalinológica y paleoclimática en los páramos de los Andes ecuatoriales durante la transición Pleistoceno Tardío (12.000 BP) al Holoceno Temprano (8.000 BP). Una aproximación a los patrones de movilidad estacionaria de las poblaciones paleo-indias de la región andina del Ecuador.**

## **Resumen**

Este trabajo analiza las secuencias paleopalinológicas como resultado de estudios realizados para el pleistoceno tardío (12.000 BP) al holoceno temprano (8.000 BP) en los páramos de los Andes ecuatoriales. Un total de siete series radiocarbónicas permite identificar el porcentaje paleopolínico presente durante estos 4.000 años de transición y por tanto la presencia de taxones vegetales que se han adaptado a los cambios constantes de temperatura. De estas muestras radiocarbónicas se ha obtenido una secuencia cronológica absoluta que puede servir como herramienta para futuras calibraciones, o ubicaciones temporales de eventos naturales o antrópicos. Por otra parte, se obtuvo también un cuadro estadístico de porcentajes paleopolínicos que identifica la presencia, ausencia, especiación, retroceso o desaparición de taxones vegetales, así como la movilidad de plantas a diferentes alturas y lugares, permitiendo entender la dinámica paleoclimática a través de la termosensibilidad de la biota vegetal. Esta dinámica paleoclimática permitiría una breve aproximación para entender la influencia del paleoclima sobre los patrones de movilidad estacionaria de las poblaciones paleo-indias de la región andina del Ecuador, quienes posiblemente se desplazaron por los páramos de los Andes con base en la percepción medioambiental de la época. Finalmente, esta investigación es un esfuerzo y un claro ejemplo de que los estudios multidisciplinarios abren caminos hacia nuevas perspectivas y propuestas teóricas con resultados exitosos.

Palabras clave: Paleoclima, Paleopalinología, Paleopolen, Secuencia palinológica, Dinámica paleoclimática, Fluctuaciones paleoclimáticas, Movilidad, Paleo-indio.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS

ESCUELA DE ANTROPOLOGÍA

DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE ANTROPÓLOGO

CON MENCIÓN EN ARQUEOLOGÍA

**Dinámica paleopalinológica y paleoclimática en los páramos de los Andes ecuatoriales durante la transición Pleistoceno Tardío (12.000 BP) al Holoceno Temprano (8.000 BP). Una aproximación a los patrones de movilidad estacionaria de las poblaciones paleo-indias de la región andina del Ecuador.**

Lenin Vladimir Uriarte Ladino

Director: Dr. Alden Yépez

2021

## **Dedicatoria**

A mi madre

A mi familia

Por inspirarme a “SER” lo que “SOY”.

Y a ustedes en el infinito...

## **Agradecimientos**

Es complejo tener que agradecer a todas las personas que han sido maestros y alumnos, de quienes he aprendido demasiado, no solo durante este largo proceso académico, sino en la vida misma y que me han ayudado de una u otra forma a conformar lo que “SOY”.

Quizá es preciso comenzar por quienes han sido parte de este proceso académico, en primer lugar, al Dr. Alden Yépez por su apoyo y guía para la culminación de esta tesis, agradecido con sus clases durante toda la carrera que sirvieron para encaminarme en lo que me gustaba dentro de la arqueología. A la Dra. Suzette Flantua, un agradecimiento infinito para con ella, pues a diferencia de los pocos profesionales coterráneos, se mostró abierta a ayudarme a pesar de la distancia; sus trabajos han inspirado una gran parte de lo logrado en esta tesis.

Eternamente agradecido con la ayuda desinteresada de uno de los profesionales ecuatorianos más destacados, el Dr. Fernando Rodríguez, quien gustoso revisó y comentó la presente, permitiendo ratificar el esfuerzo realizado.

A mi gran amigo Isaac Falcón quien fue pieza fundamental y apoyo constante durante los primeros planteamientos de esta investigación; al igual que un gran ser humano, siempre mostrando que es posible obtener algo con disciplina, sabrás disculpar lo indisciplinado y las locuras que hago y soy. A mi hermano, Gabriel Chiriboga, quien siempre ha sido la persona con quien puedo contar cuando todo el mundo gira en contra tuyo; gracias por estar eternamente.

Mis sinceros agradecimientos a Paola Meneses, Daniela Báez, Priscila Barragán, Marcelo Cornejo, Amapola Varas, Isaac Armas, Luis Villacís, Santiago Endara, David Sáez, Gabriela Freire y Pamela Velastegui, por ser de una u otra manera buenos amig@s, guías académicos, soportes emocionales e impulsores para la culminación de esta tesis.

A mi madre, quien no ha dejado de confiar en mí y sigue luchando ante todo; sabrás disculpar lo ingrato que puedo llegar a ser en ocasiones; mi eterno amor y admiración hacia ti.

A quienes, como todo en la vida, se han ido y han dejado huella en mí, como yo en ellos, tranquil@s, también han sido parte de esto, y les estoy infinitamente agradecido.

## **Tabla de Contenidos**

Dedicatoria.....	2
Agradecimientos.....	3
Tabla de Contenidos .....	4
Índice de Tablas.....	6
Índice de Ilustraciones.....	6
Índice de Secuencias Paleopalinológicas .....	6
Índice de Cuadros Estadísticos.....	7
Índice de Gráficos Estadísticos .....	7
Gráfico Secuencia Cronología Absoluta .....	7
Índice de Imágenes .....	8
Índice de Mapas.....	8
Índice de Cuadros Porcentuales.....	8
Índice de Gráficos Porcentuales .....	8
Índice de Anexos .....	9
1. Introducción .....	10
2. Antecedentes.....	12
2.1. Justificación.....	18
2.2. Pregunta de Investigación.....	20
2.3. Hipótesis .....	20
2.4. Objetivos.....	21
2.4.1. Objetivo general .....	21
2.4.2. Objetivos específicos:.....	21
3. Encuadre Teórico Metodológico de la Investigación .....	23
3.1. Marco teórico.....	23
3.2. Metodología.....	26
4. Contexto Temporal y Geográfico .....	29
4.1. Pleistoceno Tardío .....	29
4.1.1. Pleistoceno Tardío en el Ecuador .....	29
4.2. Holoceno Temprano .....	30
4.2.1. Holoceno Temprano en el Ecuador .....	31
4.3. Transición Pleistoceno Tardío al Holoceno temprano .....	32
4.4. Contexto Geográfico.....	33
4.4.1. Los Andes ecuatoriales.....	33
4.5. Páramos Ecuatoriales.....	35

4.5.1.	Sistema Ecológico del Páramo ecuatorial.....	36
5.	Biota Vegetal - Palinología y Paleopalínología.....	42
5.1.	Biota Vegetal .....	42
5.1.1.	Familia, Género y Especies diagnósticas del Páramo ecuatorial actual .....	42
5.2.	Palinología - Paleopalínología.....	48
5.2.1.	Paleopalínología en el Ecuador y diseño de la muestra.....	50
5.2.2.	Secuencias paleopalínológicas para los Andes ecuatoriales.....	55
5.2.2.1.	Lago Surucucho (Llaviucu).....	57
5.2.2.2.	Laguna Chorreras .....	59
5.2.2.3.	Laguna Pallcacocha 2.....	61
5.2.2.4.	El Tiro .....	63
5.2.2.5.	Cerro Toledo CT .....	65
5.2.2.6.	Laguna Cocha Caranga .....	67
5.2.2.7.	Laguna Rabadilla de Vaca.....	69
5.2.2.8.	Resumen de los datos .....	70
5.2.2.9.	Secuencia Cronológica Absoluta .....	72
6.	Análisis.....	73
6.1.	Relación paleopolen, biota vegetal y paleoclima .....	73
6.1.1.	Lago Surucucho (Llaviucu) .....	75
6.1.2.	Laguna Chorreras (CAMS-26415) 11.030 cal. Yr. B.P.....	79
6.1.3.	Laguna Rabadilla de Vaca (Erl-8375) 10.380 cal. Yr. B.P. ....	83
6.1.4.	Laguna Pallcacocha 2 (AA-27026) 9.700 cal. Yr. B.P.....	87
6.1.5.	Cerro Toledo CT (Erl-11397) 9.056 cal. Yr. B.P. ....	91
6.1.6.	El Tiro (Erl-8898) 8.713 cal. Yr. B.P. ....	95
6.1.7.	Laguna Chorreras (CAMS-26407) 8.620 cal. Yr. B.P.....	100
6.1.8.	Laguna Cocha Caranga (Erl-11395) 8.256 cal. Yr. B.P. ....	104
6.1.9.	Porcentajes Paleopolen de las muestras de análisis .....	108
6.2.	Conectividad Parpadeante de los Andes Ecuatoriales.....	109
6.2.1.	Pleistoceno Tardío .....	111
6.2.2.	Transición Pleistoceno Tardío al Holoceno temprano.....	113
6.2.3.	Holoceno Temprano .....	115
6.3.	Aproximación Paleoclimática y eventos antrópicos de los Páramos de Los Andes Ecuatoriales .....	117
7.	Resultados .....	123
8.	Conclusiones.....	126

9. Bibliografía.....	128
----------------------	-----

### **Índice de Tablas**

Tabla N° 1: Sistemas Ecológicos de los Páramos del Ecuador (Diseño del Autor).....	37
Tabla N° 2: Familia, Género y Especies de los Bosques Altimontanos y Altoandinos Húmedos de los Andes Ecuatoriales (Síntesis del Autor) .....	44
Tabla N° 3: Familia, Género y Especies del Páramo Húmedo de los Andes Ecuatoriales (Síntesis del Autor).....	45
Tabla N° 4: Familia, Género y Especies del Humedal Altoandino y Altimontano.....	47
de los Andes Ecuatoriales (Síntesis del Autor) .....	47
Tabla N° 5: Familia, Género y Especies del Superpáramo (Vegetación Subnival de los Andes del Norte) (Síntesis del Autor) .....	48
Tabla N° 6: Investigaciones Paleopalinológicas en los Andes ecuatoriales.....	51
(Síntesis del Autor).....	51
Tabla N° 7: Muestra de Estudios con coordenadas UTM .....	54
Tabla N° 8: Orden Cronológico de Secuencias Palinológicas .....	55
Tabla N° 9: Dataciones años cal. B.P. Lago Surucucho (Llaviuco) por Zonas de Profundidad (Síntesis y Diseño del Autor).....	76
Tabla N° 10: Estudios análisis Final .....	77
Tabla N° 11: Estudios para análisis Conectividad Parpadeante .....	110

### **Índice de Ilustraciones**

Ilustración N° 1: Exina .....	49
Ilustración N° 2: Uso de Plataforma NeoToma (Ejemplo: Punto de Control N° 1 .....	74

### **Índice de Secuencias Paleopalinológicas**

Secuencia Paleopalinológica N° 1: Lago Surucucho (Llaviucu) .....	57
Secuencia Paleopalinológica N° 2: Laguna Chorreras .....	59
Secuencia Paleopalinológica N° 3: Laguna Pallcacocha 2.....	61
Secuencia Paleopalinológica N° 4: El Tiro .....	63
Secuencia Paleopalinológica N° 5: Cerro Toledo CT .....	65
Secuencia Paleopalinológica N° 6: Laguna Cocha Caranga .....	67
Secuencia Paleopalinológica N° 7: Laguna Cocha Caranga .....	69

## **Índice de Cuadros Estadísticos**

Cuadro Estadístico N° 1: Dataciones años cal. B.P. Lago Surucucho (Llaviuco) (Síntesis y Diseño del Autor) .....	58
Cuadro Estadístico N° 2: Dataciones años cal. B.P. Laguna Chorreras (Síntesis y Diseño del Autor).....	60
Cuadro Estadístico N° 3: Dataciones años cal. B.P. Laguna Pallcacocha 2 (Síntesis y Diseño del Autor) .....	62
Cuadro Estadístico N° 4: Dataciones años cal. B.P. El Tiro (Síntesis y Diseño del Autor) .....	64
Cuadro Estadístico N° 5: Dataciones años cal. B.P. Cerro Toledo CT (Síntesis y Diseño del Autor).....	66
Cuadro Estadístico N° 6: Dataciones años cal. B.P. Laguna Cocha Caranga (Síntesis y Diseño del Autor) .....	68
Cuadro Estadístico N° 7: Dataciones años cal. B.P. Laguna Rabadilla de Vaca (Síntesis y Diseño del Autor) .....	70
Cuadro Estadístico N° 8: Cronología Absoluta (Síntesis y Diseño del Autor) .....	71

## **Índice de Gráficos Estadísticos**

Gráfico Estadístico N° 1: Secuencia Dataciones años cal. B.P. Lago Surucucho (Llaviuco) (Síntesis y Diseño del Autor).....	58
Gráfico Estadístico N° 2: Secuencia Dataciones años cal. B.P. Laguna Chorreras (Síntesis y Diseño del Autor).....	60
Gráfico Estadístico N° 3: Secuencia Dataciones años cal. B.P. Laguna Pallcacocha 2 (Síntesis y Diseño del Autor).....	62
Gráfico Estadístico N° 4: Secuencia Dataciones años cal. B.P. El Tiro (Síntesis y Diseño del Autor) .....	64
Gráfico Estadístico N° 5: Secuencia Dataciones años cal. B.P. Cerro Toledo CT (Síntesis y Diseño del Autor).....	66
Gráfico Estadístico N° 6: Secuencia Dataciones años cal. B.P. Laguna Cocha Caranga (Síntesis y Diseño del Autor).....	68
Gráfico Estadístico N° 7: Secuencia Dataciones años cal. B.P. Laguna Rabadilla de Vaca (Síntesis y Diseño del Autor) .....	70

## **Gráfico Secuencia Cronología Absoluta**

Gráfico Secuencia Cronológica Absoluta.....	72
---	----

## **Índice de Imágenes**

Imagen N° 1: Uso de Plataforma NeoToma (Punto de Control – Tabla de Datos).....	74
---	----

## **Índice de Mapas**

Mapa N° 1: Ubicación de Estudios Paleopalinológicos en los Páramos de los Andes Ecuatoriales .....	78
--	----

## **Índice de Cuadros Porcentuales**

Cuadro Porcentual N° 1: Porcentaje Paleopolínico de la Laguna Chorreras (CAMS-26415) 11.030 cal. Yr. B.P. (Síntesis y Diseño del Autor) .....	79
Cuadro Porcentual N° 2: Porcentaje Paleopolínico de la Laguna Rabadilla de Vaca (Erl-8375) 10.380 cal. Yr. B.P. (Síntesis y Diseño del Autor) .....	83
Cuadro Porcentual N° 3: Porcentaje Paleopolínico de la Laguna Pallcacocha 2 (AA-27026) 9.700 cal. Yr. B.P. (Síntesis y Diseño del Autor) .....	87
Cuadro Porcentual N° 4: Porcentaje Paleopolínico Cerro Toledo CT (Erl-11397) 9.056 cal. Yr. B.P. (Síntesis y Diseño del Autor).....	91
Cuadro Porcentual N° 5: Porcentaje Paleopolínico El Tiro (Erl-8898) 8.713 cal. Yr. B.P. (Síntesis y Diseño del Autor).....	95
Cuadro Porcentual N° 6: Porcentaje Paleopolínico Laguna Chorreras (CAMS-26407) 8.620 cal. Yr. B.P. (Síntesis y Diseño del Autor).....	100
Cuadro Porcentual N° 7: Porcentaje Paleopolínico Laguna Cocha Caranga (Erl-11395) 8.256 cal. Yr. B.P. (Síntesis y Diseño del Autor).....	104

## **Índice de Gráficos Porcentuales**

Gráfico Porcentual N° 1: Porcentaje Paleopolen Laguna Chorreras (CAMS-26415) 11.030 cal. Yr. B.P. (Síntesis y Diseño del Autor).....	81
Gráfico Porcentual N° 2: Porcentaje Paleopolen Laguna Rabadilla de Vaca (Erl-8375) 10.380 cal. Yr. B.P. (Síntesis y Diseño del Autor).....	85
Gráfico Porcentual N° 3: Porcentaje Paleopolen Laguna Pallcacocha 2 (AA-27026) 9.700 cal. Yr. B.P. (Síntesis y Diseño del Autor).....	89
Gráfico Porcentual N° 4: Porcentaje Paleopolen Cerro Toledo CT (Erl-11397) 9.056 cal. Yr. B.P. (Síntesis y Diseño del Autor) .....	93
Gráfico Porcentual N° 5: Porcentaje Paleopolen El Tiro (Erl-8898) 8.713 cal. Yr. B.P. (Síntesis y Diseño del Autor).....	97
Gráfico Porcentual N° 6: Porcentaje Paleopolen Laguna Chorreras (CAMS-26407) 8.620 cal. Yr. B.P. (Síntesis y Diseño del Autor).....	102

Gráfico Porcentual N° 7: Porcentaje Paleopolen Laguna Cocha Caranga (Erl-11395) 8.256 cal. Yr. B.P. (Síntesis y Diseño del Autor).....	106
Gráfico Porcentual N° 8: Total Porcentajes Paleopolen de las muestras de análisis (Síntesis y Diseño del Autor).....	108
Gráfico Porcentual N° 9: Conectividad parpadeante Laguna Chorreras (CAMS-26415) (3.700 m.s.n.m.) y Rabadilla de Vaca (3.312 m.s.n.m.) (Síntesis y Diseño del Autor)	111
Gráfico Porcentual N° 10: Conectividad parpadeante Laguna Pallcacocha 2 (4.060 m.s.n.m.) - Cerro Toledo CT (3.110 m.s.n.m.) (Síntesis y Diseño del Autor) .....	113
Gráfico Porcentual N° 11: Conectividad parpadeante El Tiro (2.810 m.s.n.m.) - Laguna Chorreras (CAMS-26407) (3.700 m.s.n.m.) – Laguna Cocha Caranga (2.710 m.s.n.m.) (Síntesis y Diseño del Autor).....	115

### **Índice de Anexos**

Anexo 1 .....	134
---------------	-----

## **1. Introducción**

La influencia de eventos climáticos tempranos siempre ha sido una incertidumbre y más si los datos identificados hasta la actualidad generan más dudas que respuestas (Heine, 1993, 2003). Sin embargo, identificar la variabilidad climática sustentada en la evidencia paleobotánica a través de la Paleopalinología es de sumo interés para la presente investigación. Es fundamental recalcar que el trabajo multidisciplinar para la identificación de la variabilidad climática a través de la evidencia paleopalinológica datada dentro del período de transición Pleistoceno Tardío (12.000 BP) al Holoceno Temprano (8.000 BP) irá de la mano con una revisión de estudios de índole botánico, climatológico, palinológico, arqueológico y antropológico, en busca de entender el paleoclima, y como este influyó en el desarrollo de los primeros grupos culturales asentados en los páramos de los Andes ecuatoriales. A través de estos estudios, se puede sugerir algunas hipótesis como: 1.- La biota vegetal termosensible es un indicador de las fluctuaciones paleoclimáticas en épocas pretéritas pues su polen fosilizado nos permite identificar la movilidad vegetativa durante períodos de temperaturas bajas o períodos de mayor temperatura (Flantua, 2019). 2.- Una aproximación al período conocido como el paleoindio en el Ecuador y el porqué de la movilidad de los primeros grupos culturales de los Andes ecuatoriales, que posiblemente están movilizándose por un clima que fluctúa constantemente entre los valles y el páramo de los Andes ecuatoriales (Bell, 1965; Salazar, 1979; Burger, R. L., Asaro, F., Michel, H. V., Stross, F. H., & Salazar, E., 1994).

En este sentido se ha buscado en los estudios de índole multidisciplinar entender de mejor manera el comportamiento del clima en épocas pleistocénicas tardías y holocénicas tempranas. En este caso, la palinología como ciencia que se encarga del estudio morfológico del polen preservado durante cientos o miles de años en variados depósitos (Burjachs i Casas, 2006) ha tenido como objetivo esclarecer en general el paleoclima sudamericano (Van der Hammen, 1960, 1978; Mercer, 1976; Clapperton, 1988) en particular el de los Andes ecuatoriales (Van der Hammen, 2003; Clapperton, 1988, 1990, 1993, 1997; Colinvaux, 1988, 1997; Heusser, 1981, 1984; Heine, 1993, 2003; Schumbert, 1990; Rodbell, 2000; Villota, 2012; Flantua, 2015, 2016, 2019). El interés de la presente investigación es identificar la dinámica paleoclimática con base en el principio de avance o retroceso de la biota vegetal ubicada entre las cotas de 2600 msnm hasta los 4500 msnm, conocido actualmente como páramo, esto debido a los rangos de tolerancia que presentan las especies vegetales a los cambios de temperatura.

Este acercamiento con datos paleopalinológicos datados y calibrados en estudios previos (Estudios inventariados en LAPD - Latin American Pollen Database del 2015) en los actuales Andes ecuatoriales se direcciona a la construcción de una secuencia cronológica absoluta, la cual permitirá entender la dinámica paleoclimática relacionada con la sensibilidad de la biota vegetal del período de transición Pleistoceno Tardío (12.000 BP) al Holoceno Temprano (8.000 BP). Esta secuencia cronológica absoluta en conjunto con el concepto de “conectividad parpadeante” que se refiere al avance o retroceso de los páramos (biota vegetal) termosensibles (Flantua, 2015a; 2015b; 2016;2019), permitirá identificar las fluctuaciones climáticas durante el período de transición del pleistoceno tardío al holoceno temprano. De la misma manera con el concepto de “conectividad parpadeante” se podrá realizar una aproximación a los patrones de movilidad estacionaria de las poblaciones paleo-indias de la región andina del Ecuador que posiblemente se vieron afectadas por la dinámica paleoclimática.

Los aportes de la presente investigación ofrecen una perspectiva multidisciplinar para la interpretación del paleoindio entre los años 12.000 BP al 8.000 BP, período poco estudiado dentro de la arqueología ecuatoriana. De esta manera con la información y resultados de esta tesis se plantea: a) la clasificación de los estudios paleopalinológicos para los páramos de los Andes ecuatoriales ubicados entre las cotas de 2600 msnm a los 4500 (páramo actual), b) El diseño de una secuencia paleopalinológica absoluta del páramo en los Andes ecuatoriales con evidencia espacio – temporal de la biota vegetal, c) La comprensión de las diversas oscilaciones climáticas que se evidencian por medio de la “conectividad parpadeante” argumentada por Flantua (2015a, 2015b, 2016, 2019), d) En perspectiva la posibilidad de comparar los datos obtenidos en los Andes ecuatoriales con otros sitios de la región Andina e) La posibilidad de integrar estudios paleopalinológicos y paleoclimáticos en la arqueología con el propósito de entender el pasado prehistórico del Ecuador y sus relaciones con el ambiente.

## 2. Antecedentes

Los estudios del paleoclima en el Ecuador se han destacado por una constante incertidumbre, ambigüedad, por ser controversiales y polémicos, los mismos que hasta la hace unos años atrás no llegaban a un consenso sobre la dinámica climática pretérita de los Andes ecuatoriales durante la transición paleolítico tardío - holoceno temprano. Sin embargo, la propuesta del presente estudio busca a través de las secuencias paleopalinológicas sistematizadas en LAPD (Latin American Pollen Database) (Flantua, 2015) entender las oscilaciones climáticas en el páramo de los andes ecuatoriales durante el período de transición Pleistoceno Tardío – Holoceno Temprano con base al concepto de “conectividad parpadeante” planteado por Flantua (2015, 2016, 2019), lo que a la vez permitirá una aproximación cronológica absoluta y el análisis del paleoclima y la biota vegetal del páramo ecuatoriano

Desde el desarrollo de la teoría de los ciclos climáticos de Milankovitch (1941) sobre precesión, oblicuidad y excentricidad de la tierra, surgieron estudios más especializados en los cambios climáticos y glaciaciones del pasado. Estos estudios, a partir de datos geológicos y geoquímicos, sirvieron como base para identificar varios procesos geoclimatológicos durante épocas y eras lejanas (Milankovitch, 1941). Con este avance se plantean dudas sobre los cambios de temperatura y sus efectos en diversas áreas del planeta.

En búsqueda de respuestas por el pasado climatológico de Sudamérica y sus oscilaciones que podrían demostrar relación con eventos noratlánticos, se han realizado estudios paleopalinológicos que han demostrado inequívocamente cómo las plantas reaccionan a cambios de temperatura y dejan sus rastros de polen encapsulados en sedimentos de lagos y bloques de hielo. Con base en este principio se pudo observar “cómo responden las plantas y su polen a las variaciones climáticas del Pleistoceno desde sus estados glaciares duraderos hasta los patrones breves interglaciares” (Colinvaux, 2000: 141). Estos estudios palinológicos permiten la identificación de polen que representa la vegetación local y regional que avanza o retrocede a partir de las alteraciones climáticas (COHMAP, 1988).

En Sudamérica - Colombia como parte de los Andes del norte, uno de los acercamientos tempranos hacia los estudios paleoclimatológicos fue el de Van der Hammen y González (1960) quienes publicaron un registro de reversión climática glacial tardía y una reversión palinológica regional denominada “Abra Estadial, que comenzó hacia el 11.000 ka y duró

hasta aproximadamente el 10.000 a 9.500 ka” (Kuhry, 1993: 333)<sup>1</sup>, relacionando las dataciones y observando la correspondencia clima – polen en la transición Pleistoceno Tardío (12.000 BP) al Holoceno Temprano (8.000 BP).

La importancia de los estudios paleopalinológicos (Van der Hammen, 1960, 1978, 2003; Mercer, 1976; Clapperton, 1988, 1990, 1993, 1997; Colinvaux, 1988, 1997; Heusser, 1981, 1984; Heine, 1993, 2003; Schumbert, 1990; Rodbell, 2000; Villota, 2012; Flantua, 2015, 2016, 2019) en magnitud, tiempo y distribución de la biota vegetal representan un esfuerzo para entender el desarrollo, avance climático y cambios abruptos de temperatura, así como las alteraciones de los taxones vegetales que demuestran una conexión (COHMAP, 1988), pues la variabilidad de clima puede permitir la variación de ciertos taxones, e impedir el desarrollo de otros.

En Chile y Argentina los primeros estudios paleopalinológicos al extremo sur, en la Zona de Tierra de Fuego, evidencian y apoyan la teoría de Clapperton (1983, 1985) de una alteración climática abrupta por un evento de congelamiento acelerado de origen noratlántico llamado Younger Dryas datado en el período de transición Pleistoceno Tardío - Holoceno Temprano (Clapperton, 1983, 1985 en Schubert. 1990; Heusser, 1984; Heusser. 1987), más no es la única evidencia de oscilamiento climático en los andes (Heine, 1993; Flantua, 2015, 2016, 2019).

El mencionado Younger Dryas es un evento poco estudiado y las evidencias no son suficientemente precisas para establecer una relación con las oscilaciones climáticas en Sudamérica y peor aún en el páramo de los Andes ecuatoriales, pues para Flantua (2015,2016,2019) y Heine (1993) existen varios oscilamientos climatológicos datados durante el período de transición que nos ocupa (Pleistoceno Tardío – Holoceno Temprano) pero aún no se puede identificar claramente si tienen relación con eventos noratlánticos. Sin embargo, se puede identificar una relación entre la propuesta de Flantua y Clapperton al mencionar que la biota muestra una afección profunda en la cubierta vegetal de gran parte de América del Sur durante el período de transición Pleistoceno tardío – Holoceno temprano (Clapperton, 1993; Flantua, 2015, 2016, 2019).

El interés para el estudio paleopalinológico en la región Andina donde se ubica la cordillera de los Andes, se debe a que esta área se caracteriza por sus montañas con presencia de lagos y glaciares como testigos de eventos climatológicos. Para Van der

---

<sup>1</sup> Traducido por el Autor

Hammen (1976) y Heusser (1981), los Andes son una excelente área de trabajo, pues cuentan con muchos datos de polen a diferencia de otras partes del continente.

Geográficamente la región Andina caracterizada por la cordillera de los Andes se divide en Andes del norte, Andes Centrales, y Andes del sur (Cuesta, F., Muriel, P., Beck, S., Meneses, R. I., Halloy, S., Salgado, S., & Becerra, M. T., 2012). Para Heine (1993) se reporta un total de 25 sitios de estudio en los Andes del norte, correspondientes a Venezuela, Colombia y Ecuador, con un rasgo en común, los Andes del norte conservan elevaciones montañosas y macizos a más de 4000 m.s.n.m., las cuales como se ha mencionado, son propicias para la conservación de testigos estratigráficos o palinológicos, ya sea en bloques de hielo o sedimentos.

“Fisiográficamente, los Andes del norte consisten en dos cordilleras en Ecuador, tres en Colombia y dos en Venezuela” (Schubert, 1990: 123). Los estudios de Salgado-Labouriau (1988) en Venezuela demuestra en base a “estudios palinológicos un cambio climático pronunciado que ocurrió poco después de ca. 11.960 BP cuando el clima aparentemente se había vuelto similar al del presente”<sup>2</sup> (Salgado-Labouriau, 1980 en Schumbert, 1990: 131). Para Colombia Van der Hammen y González (1960) con un grupo de palinólogos “en la zona de la Sabana de Bogotá, sugirió que la vegetación andina había fluctuado en altitud en algún momento durante el intervalo glacial tardío” (Van der Hammen y González, 1960 en Schumbert, 1990) sin embargo, no se especifican fechas de estas dataciones; En el área de Fuquén - Colombia apoyando lo sugerido por Van der Hammen se data en polen fósil una sola fecha de radiocarbono en sedimentos con una antigüedad de 10,620 + 60 BP, con estos resultados los autores infirieron que el enfriamiento ocurrió aproximadamente entre el 10,800 - 9,500 BP. Tras estos estudios muchos han sido los intentos en el área colombiana por estudiar el paleoclima (Van der Hammen, 1981; Helmes, 1988), sin embargo para Schumbert (1990), dichos estudios han sido cuestionables y equívocos al demostrar su evidencia, pues no presentan una fiabilidad de muestreo y calibración (Schumbert, 1990).

Para el Ecuador la evidencia de un avance o retroceso de los glaciares fueron descritos por Clapperton y McEwan (1985) y Clapperton (1986) tras dataciones radiocarbónicas en la turba (material orgánico de origen vegetal) de un antiguo lecho de lago del valle del río Mocha se determinó que los glaciares fluctuaban en su avance y retroceso entre los 11,370

---

<sup>2</sup> Traducido por el autor

BP y 10,650 BP, lo que implica un cambio climático y fluctuaciones pronunciadas y variables durante el final del Pleistoceno e inicios del Holoceno. “En resumen, una combinación de evidencia de polen análisis y geología glacial en los Andes del norte sugiere que probablemente ocurrió un enfriamiento glacial tardío en algún momento del intervalo ca. 12-10 ka BP, y causó una depresión de la línea forestal andina” (Schumbert, 1990: 133).

Los Andes ecuatoriales ubicados “entre las latitudes 1°30' N y 5° S y las longitudes 75° 20' W y 91° W (1) se encuentran atravesado de norte a sur por La Cordillera de los Andes” (Varela, L. A., Ron, S. R., 2018). “Los Andes del Ecuador ubicados en la región Sierra con una extensión de 800 km de longitud y 100-200 km de ancho aproximadamente, desde el río Carchi al norte y hasta el río Macará al sur, está conformada por hileras de montes, nevados, volcanes, páramos alto andinos, cumbres, valles y lagunas” (Varela, L. A., Ron, S. R., 2018). En esta área identificada como los Andes ecuatoriales se han realizado dataciones que sugieren una oscilación climática con avance y retroceso de la biota vegetal sensible a los cambios de temperatura. En este contexto para Heine (1993) en base a estudios previos sobre glaciares, morrenas, tefra y turba (de origen vegetal) estudiadas por Clapperton (1985), Clapperton y McEwan (1985), Clapperton (1986) y Kilian (1988) plantea que no existe una estabilidad climática que avanza hacia un clima más cálido, sino que existe una constante fluctuación del clima y por lo tanto un avance y retroceso constante de glaciares entre la transición Pleistoceno Tardío (12.000) - Holoceno Temprano (8.000) (Heine, 1993), lo que produjo el retroceso y avance de la línea forestal andina en los páramos.

“Solo unos pocos registros de polen de sitios de gran elevación están disponibles en Ecuador (LAPD, 1996), por ejemplo: Cayambe (4350 msnm; Graf, 1989), Lago Surucucho (3180 msnm; Colinvaux, 1997) y Lago Yambo (2600 msnm; Colinvaux, 1988)” (Wille, 2002). El estudio arqueológico, palinológico y paleoecológico de Salazar en conjunto con Van der Hammen y Noldus (2003) en el área del valle de Mullumica, cobra relevancia al intentar identificar las fluctuaciones climáticas tras un diagrama palinológico, sin embargo, se presenta un problema, pues es difícil diferenciar el polen local del regional transportado por las lluvias (Van der Hammen, T., Noldus, G., & Salazar, E., 2003). Este problema no permite la comparación ni discriminación de la paleoclimatología local ni regional (Hansen, 2003). A pesar de esto los registros fósiles

se han atribuido a fluctuaciones climáticas lo que dejó abierta la posibilidad a futuros estudios multidisciplinarios que consoliden una teoría paleoclimática.

Hansen en 2003, a través de muestras de esporas y polen fósil en sedimentos de la Laguna Chorreras (3700 m) y Pallcacocha (4060 m), data temperaturas más frías antes del Holoceno, entre 12.500 y 11.000 años cal. BP, mientras que registros palinológicos de estudios posteriores indican que se produjo un aumento de la temperatura elevando el desarrollo de bosques a una mayor altura (Villota, 2012).

Las constantes controversias por identificar las fluctuaciones del paleoclima dieron contenido a una nueva aproximación y estudios científicos de la mano de Flantua (2015), quien hace un análisis sobre los problemas encontrados en el área palinológica de América en general. En primer lugar, critica la falta de un inventario completo de los sitios y muestras de polen de América Latina (región del Caribe, México y América Central y del Sur), lo que ha provocado un desconocimiento de la cobertura espacial y temporal vegetal potencialmente disponible para el mundo (Kohfeld y Harrison, 2000; Gajewski, 2008; Bartlein et al., 2011 en: Flantua, 2015), base de datos que para el 2015 Europa ya la había promovido y ejecutado. Con estos antecedentes se plantea una solución con la compilación y la creación de LAPD (Latin American Pollen Database), una base de datos de investigaciones entre 1964 y el 2014 que contiene datos paleoecológicos, palinológicos y multimuestras, así como multisitios actualizados para América Latina (Flantua, 2016).

Otro problema que ha relegado a la palinología a meros estudios superficiales en Latinoamérica, son los grandes errores identificados por Flantua (2015) en las publicaciones, pues en ellas se observa errores de etiquetado del material, número de laboratorio, curva de calibración y programa, algoritmo de modelado de edad, información solo de edades calibradas y no las originales, fechas o modelos de edad solo gráficamente (Flantua, 2015). Esto precisa los errores de varios estudios y el posible detalle del porqué no se ha obtenido datos fehacientes sobre las oscilaciones climáticas en Sudamérica y precisamente en este caso en el páramo de los Andes ecuatoriales.

La base de datos aportada por Flantua (2015), tras la recopilación de las investigaciones, aportó con un inventario de metadatos con edades de un total de 5.116 puntos de control multimuestra, por ejemplo, 14C, tefra, trayectoria de fisión, OSL, 210Pb con 1.097 registros de polen (Flantua. 2016). Sin embargo, para el 2020 esta base se ha actualizado

con datos de polen moderno y paleopolen con un total de 2.892 registros palinológicos para toda Latinoamérica, 2.286 para Sudamérica en sus países Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Guayana Francesa, Guyana, Perú, UK/Argentina, Uruguay y Venezuela, de los cuales 183 registros palinológicos son para Ecuador (LAPD – Versión 2.0. 2020). Estas fechas están actualizadas con sus respectivas curvas de calibración, lo que permitirá contrastar entre diversas variables.

Para Flantua es a través de esta base de datos que se puede por primera vez apreciar la variada colección de secuencias de polen fósil en toda Sudamérica y sus regiones (Flantua, 2015), demostrando así, que los páramos se sometieron a oscilaciones climáticas durante millones de años, lo que es observable a través del avance o retroceso vegetativo termosensible, a la vez que su conectividad con diferentes eventos locales y regionales (Flantua. 2014 en: Flantua, 2019).

Flantua (2019), basada en los registros de polen sistematizados en la base de datos de LAPD (Latin American Pollen Database, 2015), propone el modelo de “Conectividad Parpadeante” que permite entender el dinamismo de la vegetación en el páramo para los Andes del norte. Con esta iniciativa se busca entender la biota vegetal pleistocénica donde existe evidencia de que la vegetación de páramo retrocedió hacia zonas más altas de las montañas y nevados a causa y durante períodos de elevación de la temperatura, mientras que durante los eventos más fríos la vegetación avanzó hacia las zonas más bajas de los macizos andinos (Flantua, 2019). Por medio de este estudio se demuestra un acercamiento a las posibles investigaciones de carácter formal para entender la dinámica de la biota vegetal en los páramos de los Andes del Norte, demostrando la frecuencia, duración y relación o conectividad de los eventos climáticos.

Finalmente, el polen fósil ha sido ampliamente utilizado en los Andes para reconstruir la vegetación y la historia del clima (Hagemans, 2019), sin embargo, los estudios para los Andes ecuatoriales fueron en un principio ambiguos y sometidos a diversas polémicas. El trabajo de Flantua (2015, 2016, 2019) es un aporte para nuevos estudios de índole multidisciplinar y abre la posibilidad a entender el paleoclima y sus efectos a través de comparativas de dataciones calibradas más fiables. Los resultados de las investigaciones de Flantua (2015) son hasta el momento la única base actualizada que contiene estudios específicos en altura-ecosistema (Páramo 2.600 msnm a 4.500 msnm) y temporalidad

(12.000 BP al 8.000 BP) que le corresponden a la presente investigación en los páramos del Ecuador y las variables paleopalinológicas para una mejor comprensión del paleoclima y sus múltiples efectos en la biota vegetal en el páramo de los Andes ecuatoriales.

## **2.1. Justificación**

Los estudios sobre las oscilaciones climáticas durante la transición pleistoceno tardío – holoceno temprano a nivel mundial siguen en debate, las dudas sobre estos eventos estudiados y evidenciados a través de muestras paleopalinológicas permanecen sin respuesta para algunas áreas de los hemisferios.

Al identificar la distribución espacial y temporal del polen con sus dataciones radiocarbónicas es posible formular una cronología absoluta que permita identificar las oscilaciones climáticas en la transición Pleistoceno Tardío – Holoceno Temprano en los Andes ecuatoriales. Al referirnos a cronología absoluta nos referimos a un intervalo de tiempo que puede establecer secuencias de eventos pretéritos y no a una fecha puntual (Cervera, 2010) lo que permitirá establecer una relación ordenada y secuencial con los acontecimientos climáticos evidenciados previamente a través de los análisis paleopalinológicos en los andes ecuatoriales.

Por este motivo se ha tomado como centro de estudio las cotas ubicadas entre los 2600 msnm hasta los 4500 msnm (páramo), ya que como se ha visto en estudios previos, el páramo es el lugar óptimo para la preservación y conservación de testigos de polen que permita identificar el avance y retroceso de la biota vegetal sometida a los cambios climáticos durante la transición Pleistoceno Tardío al Holoceno Temprano (Van der Hammen, 1976; Heusser, 1981; Schumbert, 1990; Heine, 1993), ya sea en sedimentos, o bloques de hielo que se encuentran en el límite superior con el piso glacial o gélido (Camacho, 2014), donde se puede identificar y formular una sola secuencia paleopalinológica correlacional con espacio y tiempo de distribución. Así también, se puede observar de mejor manera la interacción de avance y retroceso de la biota vegetal de páramo durante las oscilaciones climáticas del paleolítico tardío al holoceno temprano.

Probablemente, la mejor relación que se puede establecer con estos antecedentes para una mejor interpretación de los eventos climáticos en el páramo de los Andes ecuatoriales sea entre la paleopalinología y la paleoclimatología a través del estudio de avance y retroceso

de la biota vegetal de páramo, base fundamental de la teoría de Flantua (2015, 2016, 2019) llamada “conectividad parpadeante”. Esta dinámica de avance o retroceso de la biota vegetal en los páramos varía a medida que la temperatura se incrementa o disminuye, por ejemplo: Tomando en cuenta que el páramo actual como el pleistocénico y holocénico se encuentra entre dos límites; Superior: Línea Subnival; Inferior: Línea Forestal; Se considera que si la temperatura se eleva, el páramo avanza hacia alturas más elevadas al igual que la línea subnival, mientras que, si la temperatura disminuye, el páramo se extiende hacia las llanuras más bajas desplazando la línea forestal hacia zonas más bajas de los Andes y por tanto la línea subnival avanzaría de igual forma a zonas más bajas de la cordillera (Flantua, 2015, 2016, 2019), lo que permite entender la dinámica y la simbiosis del ecosistema de páramo y su límite superior e inferior.

Dado que la biota vegetal es sensible y reacciona a los eventos y oscilaciones climáticas, se puede determinar el espacio de avance o retroceso de la biota, así como la temporalidad. Cabe recalcar que en varios casos la presencia de especies que no pertenecen al ecosistema de páramo, a manera de islas, o islotes, alejados de su rango altitudinal, representa en muchos casos un proceso de especiación<sup>3</sup>, lo que hace que el páramo actual sea tan rico y diverso (Flantua, 2019), iniciando este proceso durante épocas pleistocénicas y holocénicas, que a la final permite observar la relación entre el paleoclima y la termosensibilidad de la biota vegetal.

Para el desarrollo de esta tesis se ha planteado un rango temporal entre el 12.000 BP (antes de 1950) al 8.000 BP (antes de 1950). Esta temporalidad 12.000 BP identificada como pleistoceno tardío, se ha considerado como una etapa de constantes cambios de temperatura en avance hacia la estabilidad climática que presentará el Holoceno (Van der Hammen, 1960, 1978, 2003; Mercer. 1969, 1976; Heusser. 1981, 1984; Clapperton. 1985, 1988, 1990, 1993, 1997; Heine. 1993, 2003; Colinvaux.1988, 1997, 2000). El Holoceno temprano (8.000 BP), ha sido el otro límite debido a que muchas dataciones globales indican una leve estabilidad climática semejante a la actual (Van der Hammen, 1960, 1978, 2003; Mercer. 1969, 1976; Heusser. 1981, 1984; Clapperton. 1985, 1988, 1990, 1993, 1997; Heine. 1993, 2003; y Colinvaux.1988, 1997, 2000). Este rango temporal

---

<sup>3</sup> En BIOLOGÍA: sust. la evolución de nuevas especies (Lawrence, 2003).

permitirá identificar la dinámica paleoclimática durante la transición Pleistoceno Tardío al Holoceno Temprano.

De esta manera se proporcionará una secuencia paleopalinológica absoluta de eventos datados del paleolítico tardío al holoceno temprano en el páramo de los andes ecuatoriales, permitiéndonos relacionar la temporalidad, espacio y conectividad que a muchas investigaciones realizadas para los Andes ecuatoriales se les ha pasado por alto.

Los análisis multidisciplinarios para una posterior contextualización se han realizado de manera general en Sudamérica, este es un intento por relacionar las secuencias paleopalinológicas con el paleoclima, en la búsqueda por identificar la dinámica climatológica en espacio, tiempo y conectividad y formular una cronología absoluta para el páramo de los andes ecuatoriales. A la vez que nos permite una breve aproximación a entender la influencia del paleoclima sobre los patrones de movilidad estacionaria de las poblaciones paleo-indias de la región andina del Ecuador.

## **2.2. Pregunta de Investigación**

¿Cómo se manifiesta en el registro paleopalinológico la dinámica climatológica durante la transición Pleistoceno Tardío (12.000 BP) al Holoceno Temprano (8.000 BP) y cuál es la evidencia documental que identifica las secuencias paleopalinológicas en el páramo de los Andes ecuatoriales?

La pregunta complementaria que focalizará la investigación para los Páramos de los Andes ecuatoriales es: ¿Cómo esta dinámica climática durante la transición Pleistoceno Tardío (12.000 BP) al Holoceno Temprano (8.000 BP) de ser comprobada en base al principio de “Conectividad Parpadeante” influencia sobre los patrones de movilidad estacionaria de las poblaciones paleo-indias de la región andina del Ecuador?

## **2.3. Hipótesis**

La hipótesis a comprobar en esta investigación parte del supuesto que durante la transición pleistoceno tardío al holoceno temprano fue una época de inestabilidad climática y constantes fluctuaciones de temperatura. Estas fluctuaciones generaron como consecuencia la aparición, permanencia, especiación, retroceso o desaparición de taxones vegetales, así como su movilidad a diferentes alturas y lugares. Dicho avance y retroceso constante durante la transición Pleistoceno Tardío (12.000 BP) al Holoceno Temprano (8.000 BP) generó una “conectividad parpadeante” entre los páramos de los Andes ecuatoriales. Estos constantes cambios de temperatura permitieron el avance o retroceso

de los páramos y su vegetación, en referencia a la línea subnival y la línea forestal dependiendo de las inclemencias del paleoclima. Así estas fluctuaciones climáticas, la conectividad parpadeante, el avance espacio – temporal de la biota vegetal que se ve afectada debido al incremento o disminución de la temperatura permiten identificar el dinamismo climático durante la transición pleistoceno tardío al holoceno temprano a través del análisis de secuencias paleopalinológicas.

Como complemento para el desarrollo de la investigación se supone en base al principio de “Conectividad Parpadeante” que: la variación climática durante el período de transición Pleistoceno Tardío (12.000 BP) al Holoceno Temprano (8.000 BP) pudo haber influenciado sobre los patrones de movilidad estacionaria de las poblaciones paleo-indias de la región andina del Ecuador, quienes quizás se desplazaron por los páramos de los Andes con base en la percepción medioambiental de la época, permitiéndose así el acceso a la flora y fauna termosensible que habitaba y se movilizaba constantemente por los callejones interandinos.

## **2.4. Objetivos**

### **2.4.1. Objetivo general**

Identificar y entender la dinámica paleoclimática a través de una aproximación cronológica absoluta, mediante el análisis de secuencias paleopalinológicas sistematizadas en LAPD para el páramo de los Andes ecuatoriales durante el período de transición entre el Pleistoceno Tardío (12.000 BP) al Holoceno Temprano (8.000 BP).

### **2.4.2. Objetivos específicos:**

- Analizar investigaciones previas que reposan dentro de LAPD y contengan datos palinológicos y paleopalinológicos para el páramo de los Andes ecuatoriales durante el período de transición entre el Pleistoceno Tardío (12.000 BP) al Holoceno Temprano (8.000 BP).
- Establecer una secuencia paleopalinológica absoluta para el páramo de los Andes ecuatoriales en base a las dataciones de LAPD durante la transición Pleistoceno Tardío (12.000 BP) al Holoceno Temprano (8.000 BP).
- Evidenciar la dinámica paleoclimática y el avance espacio – temporal en relación al concepto de “conectividad parpadeante” de la biota vegetal de páramo mediante

los análisis porcentuales del paleopolen en los Andes ecuatoriales durante la transición Pleistoceno Tardío (12.000 BP) al Holoceno Temprano (8.000 BP).

- Sugerir en base al principio de “Conectividad Parpadeante” que la variación climática durante el período de transición Pleistoceno Tardío (12.000 BP) al Holoceno Temprano (8.000 BP) pudo influenciar los procesos y los patrones de movilidad estacionaria de las poblaciones paleo-indias de la región andina del Ecuador.

### **3. Encuadre Teórico Metodológico de la Investigación**

#### **3.1. Marco teórico**

Para dar respuesta a la pregunta de investigación planteada en esta tesis se usará una aproximación teórica basada en estudios paleopalinológicos. Se ha determinado que la palinología es el estudio del polen y esporas actual y al encontrar datos del polen pleistocénico se ha considerado denominar paleopalinología al estudio de estos fósiles milenarios datados de la época paleolítica (Laín, 2004). Por lo tanto, estudios de paleopalinología hacen referencia al estudio del polen y de las esporas fósiles (Lain, 2004), a diferencia de la palinología o actuopalinología que significa el estudio del polen y esporas vivientes o actuales (Laín, 2004).

De manera general se ha tomado a la paleopalinología y a la palinología como la fuente primordial de información de depósitos del Pleistoceno, “donde las grandes convulsiones climáticas que afectan a nuestro medio quedan bien documentadas en el registro polínico” (Irriarte, 1995: 146). Lo que permite la identificación y clasificación del registro polínico es la morfología del polen que se puede conservar durante cientos, miles y millones de años de forma fósil en los sedimentos o encapsulados en bloques de hielo (Burjachs i Casas, 2006).

En este caso esta información paleopalinológica será de suma importancia para la presente tesis, pues a través de estos datos polínicos registrados durante la transición Pleistoceno Tardío (12.000 BP) al Holoceno Temprano (8.000 BP) mostrarán las fluctuaciones u oscilaciones climáticas que han afectado la biota vegetal del páramo en los Andes ecuatoriales.

Para referirnos a biota vegetal es necesario precisar que la biota como componente de un ecosistema representa la capa vegetal y los animales salvajes (James, 1965), en este caso, nos referimos a la biota vegetal, a las evidencias polínicas que ha dejado la capa vegetal pretérita y sus oscilaciones como huella digital en los sedimentos o bloques de hielo situados en el páramo de los andes ecuatoriales. Los efectos selectivos de los cambios climáticos recurrentes encontrados durante los desplazamientos altitudinales de esta biota, especialmente en la transición Pleistoceno Tardío (12.000 BP) al Holoceno Temprano (8.000 BP), han determinado la fluctuación de las temperaturas manifestándose cambios en la composición florística y desplazamiento de comunidades vegetales características del páramo pleistocénico.

Lo que se busca a través del análisis paleopalinológico es identificar los taxones, familia y especie de las plantas o flora que habitaba el páramo en la época pleistocénica en los andes ecuatoriales, y a la vez identificar la relación existente entre el clima y el desarrollo, hibridación, o desaparición de taxones sometidos a diversos cambios climáticos, dinámica que se puede observar hasta la actualidad.

Es necesario también para la presente investigación generar una secuencia paleopalinológica, lo que hace referencia a establecer una serie de fechas de objetos procedentes de distintos niveles estratigráficos excavados (Cervera, 2010: 92), en este caso la evidencia polínica. A medida que se identifiquen las fechas y porcentajes de polen en las investigaciones previas la secuencia irá tomando forma para la construcción de una sola secuencia paleopalinológica que denote la mayor cantidad de datos posibles y su relación con el ambiente.

Esta relación con el ambiente se la fundamentará en base al concepto de “conectividad parpadeante” planteado por Flantua (2015, 2016, 2019), el cual nos presenta una interpretación de la dinámica de la biota vegetal durante los dos últimos millones de años, y es aplicable y sirve de modelo para entender la dinámica de oscilación climática en los páramos de los Andes ecuatoriales durante la transición Pleistoceno Tardío (12.000 BP) al Holoceno Temprano (8.000 BP).

Pues en referencia a la “conectividad parpadeante” se argumenta que las oscilaciones climáticas se ven reflejadas en diversas muestras, sin embargo, nuestra muestra a trabajar son los datos palinológicos, que permiten la identificación del avance o retroceso del páramo y la línea subnival, o avance y retroceso de los páramos y la línea forestal, demostrando una u otra óptimas condiciones climáticas para el desarrollo de especies, a la vez que condiciones desfavorables para el desarrollo de otras.

De igual manera, al referirnos a cronología absoluta, en primer lugar, nos referimos al método y técnica de datación absoluta, donde se ordena de forma secuencial en espacio y tiempo hechos históricos y prehistóricos, basados en el principio radioactivo del C14. Libby en 1947 determinó que el C14 es un isótopo inestable producido naturalmente en la atmósfera terrestre que entra en interacción en el ciclo biológico en forma de CO<sub>2</sub> y perdura durante los años de vida (...) cuando el organismo muere inicia el proceso de

desintegración radioactiva donde la desintegración del isótopo y sus núcleos (C14) se reduce a la media en un período de 5730 años<sup>4</sup>;

El estudio de la actividad del C14, su método radiométrico absoluto y posterior avance con el método de espectrometría de masas ha sido desde entonces una fuente de información dentro de la antropología y arqueología en su estudio multidisciplinar debido a que las dataciones “convencionales” al ser calibradas son mucho más precisas. Estas dataciones “convencionales” deben ser calibradas para entender la relación entre el instrumento utilizado y las unidades de medida ubicando los datos dentro de nuestro calendario y sujetos a los cambios en la atmósfera tales como cambios en la intensidad de la radiación cósmica (Castro, P. V., & Pérez, R. M. 1995; Velarde, L. 1998; Barrionuevo, J. M. F., & Barrionuevo, J. C. B. 2004; Kutschera, W, 2019), la actividad solar, el uso de combustibles y principalmente las pruebas nucleares, eventos que han alterado la radiación de los isótopos de C14 en la actualidad.

Las fechas de C14 obtenidas en los laboratorios corresponden a una fecha real del radiocarbono y se les ha denominado a estos datos como “convencionales” (Anderson, E. C., Libby, W. F., Weinhouse, S., Reid, A. F., Kirshenbaum, A. D., & Grosse, A. V. 1947; Castro, P. V., & Pérez, R. M. 1995; Velarde, L. 1998; Barrionuevo, J. M. F., & Barrionuevo, J. C. B. 2004; Kutschera, W, 2019). Las dataciones obtenidas por C14 en primera instancia llamadas “convencionales” deben ser sometidas a una calibración, para ello el método más usado es la dendrocronología en donde tras una comparación con los anillos de árboles los cuales crecen uno cada año se puede determinar la antigüedad de la muestra (Barrionuevo, J. M. F., & Barrionuevo, J. C. B. 2004) y se expresan en nuestro calendario en términos de BF (before present – antes de 1950), basados en este principio se podrá identificar la cronología absoluta en espacio y tiempo para las secuencias paleopalinológicas establecidas en los estudios previos en los Andes ecuatoriales.

Finalmente, se podrá entender la dinámica paleoclimática de los Andes ecuatoriales donde se asentaron los primeros habitantes de la sierra, a la vez que se podrá realizar una aproximación a los patrones de movilidad estacionaria de los primeros pobladores de los Andes ecuatoriales, tales como el sitio El Inga (Bell, 1965, 1974; Salazar, 1979; Mayer-Oakes 1986), Chobshi, Azuay (Lynch y Pollock, 1981) y Cubilán en Loja (Temme, 1982), lo que permitirá inferir sobre la apropiación de los medios de subsistencia, así como las

---

<sup>4</sup> Traducción y parafraseo del autor.

razones de la constante movilidad humana durante este período de transición del Pleistoceno Tardío hacia un clima más estable, el Holoceno Temprano.

### **3.2. Metodología**

Como se ha mencionado, los estudios de paleoclima en el Ecuador se han destacado por una constante incertidumbre, ambigüedad, por ser controversiales y polémicos. A través de estudios más rigurosos y enfoques multidisciplinarios como los de Flantua (2015; 2016; 2019), se ha permitido realizar un análisis de las condiciones de los estudios tradicionales, dejando muy en claro que su aporte es valioso, sin embargo, varias investigaciones previas no cumplen con el rigor de una investigación científica, o se publican reportes parciales que no son concluyentes.

La metodología aplicada en la presente investigación es proximal con características observables a través de las secuencias paleopalinológicas datadas y sistematizadas en LAPD (Latin American Pollen Database, 2015); nos centraremos en observar la aparición, permanencia, retroceso o desaparición de la biota vegetal en el páramo de los Andes ecuatoriales como efecto de las constantes fluctuaciones paleoclimáticas. Esto permitirá identificar la dinámica del clima durante la transición Pleistoceno Tardío (12.000 BP) al Holoceno Temprano (8.000 BP).

A partir del concepto de “conectividad parpadeante” podremos identificar la interacción paleoclimática con la biota vegetal de páramo ubicado entre las cotas de 2600 msnm - 4500 msnm (páramo) buscando una estimación de con qué frecuencia y durante cuánto tiempo las diferentes elevaciones fueron ocupadas por páramos y su retroceso o avance (Flantua. 2019) en referencia a la línea subnival, o a la línea forestal.

La metodología para la presente tesis está basada en la plataforma digital Inventory Modern and Paleo-records of Pollen Versión 2.0, presentada como LAPD (Latin American Pollen Database) del año 2015, donde se registran los estudios paleobotánicos y palinológicos realizados en América Latina entre 1964 y el 2015 (Flantua, 2016).

Por medio de esta plataforma se puede acceder directamente a la bibliografía específica de estudios palinológicos en el Ecuador, en donde a través de sus herramientas podremos clasificar y ubicarnos directamente en los Andes ecuatoriales y en diversas alturas.

Como primera fase, para esta tesis nos ubicaremos especialmente en lo que es considerado alta montaña actualmente, ubicado entre las cotas de 2600 msnm a los 4500 msnm

(páramo). Se ha obviado la cota de 4700 msnm en adelante pues es piso glaciario o gélido (Camacho, 2014: 79), en el cual existen pocas investigaciones hasta la actualidad.

Durante el proceso de discriminación y clasificación de la información en LAPD (Latin American Pollen Database) se debe tomar en cuenta los estudios palinológicos datados en el rango entre 12.000 al 8.000 BP, correspondientes al período de transición Pleistoceno Tardío y Holoceno Temprano y correspondientes a la presente investigación.

Dentro de la clasificación de estos estudios previos es preciso seleccionar aquellos que a través de C14 han demostrado una ubicación espacio - temporal del polen. El uso de dataciones que contengan C14 permitirá entender desde “los principios y procesos físico - químicos naturales que en relación con el isótopo radiactivo e inestable de carbono mostrará una paulatina desintegración, durante la cual se liberan partículas” (Castro, P. V., & Pérez, R. M, 1995: 253-254).

Estas mediciones de C14 es posible solamente en componentes orgánicos los cuales van desprendiendo con el tiempo partículas Beta, las cuales, al contar en base a una constante de 5730 años, que es el tiempo en el que se desintegran la mitad de los átomos de C14 se puede determinar la edad aproximada (Castro, P. V., & Pérez, R. M, 1995), así pues, al ser el polen un elemento orgánico se encuentra sometido a las mismas leyes físicas y químicas permitiéndonos la datación y posterior información de su antigüedad. Por lo tanto, se puede obtener de esas dataciones valiosa información, más aún si estas características espacio - temporales son pertinentes al presente trabajo pues son indicadores de la dinámica paleoclima - biota vegetal en los páramos de los Andes ecuatoriales.

Posterior a la discriminación y clasificación de datos palinológicos y paleopalínológicos se establecerá y diseñará una secuencia cronológica absoluta que resuma las investigaciones con dataciones calibradas y el detalle de polen y porcentaje identificado en las muestras.

Posterior a esto las secuencias paleopalínológicas previamente seleccionadas dentro del rango espacio - temporal denotarán las extrapolaciones de avance o retroceso de la biota vegetal de páramo como efecto de las fluctuaciones climáticas. Con estas secuencias podremos identificar la biota vegetal presente durante el período de transición del Pleistoceno Tardío (12.000 BP) al Holoceno Temprano (8.000 BP) en el páramo de los Andes ecuatoriales.

Además, se podrá sistematizar y evidenciar en base a gráficos las secuencias paleopalinológicas absolutas datadas según los años calibrados y porcentaje de polen. Esto permitirá identificar las oscilaciones paleoclimáticas mediante el avance, retroceso, presencia, ausencia, o especiación porcentual de la biota vegetal datada en cada investigación, ubicando así a una especie en un rango de elevación que permita identificar el movimiento del páramo en referencia a la línea subnival y línea forestal. Cabe recalcar que en varios casos la presencia de especies que no pertenecen al ecosistema de páramo, a manera de islas, o islotes, alejados de su rango altitudinal, representa en muchos casos un proceso de especiación, lo que hace que el actual páramo sea tan rico y diverso (Flantua, 2019).

Finalmente, con las secuencias paleopalinológicas datadas de las investigaciones previas se podrá identificar las oscilaciones de la biota vegetal, y debido a su sensibilidad a las oscilaciones térmicas, las variaciones paleoclimáticas.

## **4. Contexto Temporal y Geográfico**

### **4.1. Pleistoceno Tardío**

El término Pleistoceno fue acuñado “por Arduino (1760, en Rodolico 1970; Schneer 1969), y utilizado formalmente por primera vez por Desnoyers (1829)” (Gibbard, 2005: 1). El Pleistoceno que inicia hace aproximadamente 2,58 millones (Mendoza, 2018) de años hasta los 10.000 B.P. se ha caracterizado por la presencia de la conocida “edad del hielo”, o glaciaciones. Sin embargo, “al no existir acuerdo internacional respecto al lindero Pleistoceno/Holoceno” (Rosselló, 1970: 80), varía las fronteras y la división equilibrada de las épocas y períodos con sus respectivas dataciones.

Para Jordá (1995) “El Pleistoceno abarca la casi totalidad del Cuaternario y se caracteriza por la alternancia de períodos fríos con otros cálidos o templados. El límite superior del Pleistoceno corresponde al primer gran calentamiento climático, posterior a la última glaciación, situado alrededor de los 11.800 años B.P.”, (Lumley, 1976; Chaline, 1982 en Jordá, 1995) períodos denominados también como Tardiglaciares y Postglaciares, (Renault-Miskovsky, 1986 en Jordá, 1995).

Por tanto, el pleistoceno tardío refleja y es testigo de los acontecimientos bióticos más importantes como: avance y retroceso de glaciares, fluctuaciones climáticas, fluctuaciones de temperatura abruptas, variación de oxígeno y radioactividad, actividad volcánica y sobre todo como cada una de estas juegan un papel preponderante en el desarrollo del paleoclima que se refleja en la biota vegetal pleistocénica.

#### **4.1.1. Pleistoceno Tardío en el Ecuador**

Del Pleistoceno en general (2.588.000 - 10.000 B.P. Aprox. Mendoza, 2018), para el desarrollo de la presente tesis se ha determinado el uso de la fase Pleistoceno tardío (126.000 - 10.000 B.P. Aprox. Mendoza, 2018), dentro de la cual se ha tomado específicamente los últimos 2.000 años, correspondientes al 12.000 B.P.

El pleistoceno tardío (12.000 – principio de la transición al Holoceno Temprano), es conocido por etapa de constantes cambios de temperatura en avance hacia una estabilidad climática (Holoceno temprano) (Van der Hammen, 1960, 1978, 2003; Mercer, 1969, 1976; Heusser, 1981, 1984; Clapperton, 1985, 1988, 1990, 1993, 1997; Heine, 1993, 2003; Colinvaux, 1988, 1997, 2000), así como la presencia registrada arqueológicamente de asentamientos humanos que se desarrollaron en conjunto con su entorno y el paleoclima a finales del pleistoceno tardío hacia principios del Holoceno temprano en los

Andes ecuatoriales (el sitio El Inga (Bell, 1965, 1974; Salazar, 1979; Mayer-Oakes 1986), Chobshi, Azuay (Lynch y Pollock, 1981) y Cubilán en Loja (Temme, 1982; Pagán-Jiménez, J. R., Guachamín-Tello, A. M., Romero-Bastidas, M. E., & Constantine-Castro, A. R., 2016; Pagán-Jiménez, J. R., Guachamín-Tello, A. M., & Saavedra-López, P. R., 2020)).

Si bien es cierto que de la amplia época del pleistoceno tardío se ha limitado a los 12.000 B.P. para la presente investigación, esto se debe a los estudios más representativos para Sudamérica y el Ecuador, (Van der Hammen, 1960, 1978, 2003; Mercer, 1969, 1976; Heusser, 1981, 1984; Clapperton, 1985, 1988, 1990, 1993, 1997; Heine, 1993, 2003; Colinvaux, 1988, 1997, 2000; Rodbell, 2002; Hansen, 2003; Niemann & Behling, 2008a; 2008b; Brunschon & Behling, 2008; Bendix, 2010; Behling, 2010; Brunschon & Behling, 2009; Brunschon & Behling, 2010; Rodríguez, F., & Behling, H, 2011; Rodríguez, F, 2013) “al no presentar un acuerdo internacional” (Rosselló, 1970), se ha propuesto el límite de mayor inferencia científica anteriormente mencionado para Ecuador desde el último estado interglaciar “(Aproximadamente hacia el 12.000 B.P., acontece el evento denominado Dryas Reciente (Younger Dryas en inglés))” (Mendoza, 2018: 30).

El pleistoceno tardío representa en los Andes Ecuatoriales el inicio de “los procesos geológicos y ambientales más relevantes corresponden a las glaciaciones y el vulcanismo” (Mendoza, 2018: 28), que en conjunto con el paleoclima hace 12.000 B.P. generaron “un clima más húmedo y frío hasta hace 11.000 a 10.000 años, cuando se volvió más cálido y más seco de nuevo” (Dillehay, 2003: 24). Por ello este período es de sumo interés para la presente investigación, pues inician los cambios más abruptos y relativamente rápidos que causan interés científico en la búsqueda por entender el paleoclima, sus fluctuaciones, y sus efectos.

#### **4.2. Holoceno Temprano**

Holoceno, es el término acuñado por Gervais (1867-1869), y adoptado formalmente por el Congreso Geológico Internacional de 1885 (IGC) (Gibbard, 2005), que limita sus estudios a los depósitos recientes o postdiluvianos” (Lumley et al., 1976; Chaline, 1982 en Jordá, 1995), postglaciar o tardiglaciar, ubicado dentro de la época cuaternaria, tras el pleistoceno tardío (Hacia el 10.000 B.P. Aprox. (Jordá, 1995); Van der Hammen, 2003; Salazar, 2003; Dillehay, 2003), y que se extiende hasta el presente. De este período se ha tomado como parte del estudio los últimos 2.000 años, que corresponden del 10.000 B.P.

al 8.000 B.P. pues es el período final de la transición a un clima estable semejante al actual.

Este período es conocido como el final de la “Edad de Hielo” debido a la elevación de las temperaturas y el retroceso de los glaciares, permitiéndose el avance de los cazadores recolectores a formas de vida no extremas con un clima con tendencia al calentamiento global (Silva, 2017) y que permite el avance y apropiación de otros tipos de pisos ecológicos.

Este incremento relativamente rápido de la temperatura permitió “el crecimiento y desarrollo definitivo de todos los sistemas deltaicos, barras litorales, estuarios, rías, lagunas litorales, etc. (...) Se alcanza una paleogeografía costera similar a la actual como consecuencia de la rápida subida del nivel del mar” (Silva, 2017), y varios asentamientos humanos quedan sumergidos bajo el nivel del mar.

Por lo tanto, el Holoceno Temprano representa el camino hacia la estabilidad climática que se presentará hasta la actualidad y el cual es el resultado acumulativo de procesos geológicos, climatológicos y bióticos.

#### **4.2.1. Holoceno Temprano en el Ecuador**

Para el Ecuador, y principalmente los andes ecuatoriales el holoceno temprano representa un mejoramiento en las condiciones de vida de los grupos humanos, así como la apropiación de diversos pisos ecológicos de mayor altura y “un nuevo recalentamiento entre los 10000 y 8000 B.P. (Interestadio Guantiva)” (Van der Hammen, 1979; Salazar, 1989 en: Arellano, 1997).

Para Stothert (2004) fuera de la costa de Ecuador, se infieren fluctuaciones climáticas que transformaron los recursos locales y propició diversos cambios culturales, lo que indica una adaptabilidad al clima fluctuante que poco a poco se va estabilizando hacia el 8.000 B.P.; Donde los pobladores del Holoceno Temprano en la costa ecuatoriana explotaron los ecosistemas costeros y terrestres con prácticas como la pesca, caza, recolección y figuran entre los primeros cultivadores (Stothert, 2004). Al identificarse para este período un incremento en la temperatura, y por tanto ambientes más productivos y accesibles, se estima una agregación social local, reforzando la identidad y rivalidad entre los grupos sociales (Dillehay, 2003).

El proceso de agregación social que se presenta en este período puede ser el resultado de la adaptabilidad humana a las constantes fluctuaciones climáticas, por esto se movilizan en base a la dinámica de la flora y fauna termosensible que se traslada por los diversos callejones interandinos tras el avance de los páramos hacia mayores alturas. En resumen, el holoceno temprano es la etapa que demuestra el poder de adaptación de las especies, ya sean vegetales, animales, o humanas, pues todas estas, debieron soportar cambios y fluctuaciones abruptas y rápidas de las cuales supieron aprovechar las oportunidades y generar adaptaciones exitosas que han permitido su reproducción biológica y social.

#### **4.3. Transición Pleistoceno Tardío al Holoceno temprano**

A partir de los datos presentados para el pleistoceno tardío (12.000 B.P. – 10.000 B.P.) y el holoceno temprano (10.000 B.P.- 8.000 B.P.) podemos entender que el período de mayor fluctuación paleoclimática para los Andes ecuatoriales y por tanto de cambios abruptos y rápidos estaría conformado por un total de 4.000 años. Años de los que se desconoce con exactitud y a detalle los cambios, sin embargo algunas investigaciones (Van der Hammen, 1960, 1978, 2003; Mercer, 1969, 1976; Heusser, 1981, 1984; Clapperton, 1985, 1988, 1990, 1993, 1997; Heine, 1993, 2003; Colinvaux, 1988, 1997, 2000; Rodbell, 2002; Hansen, 2003; Niemann & Behling, 2008a; 2008b; Brunschon & Behling ,2008; Bendix, 2010; Behling, 2010; Brunschon & Behling, 2009; Brunschon & Behling ,2010) nos dan una luz para el entendimiento parcial o total de algunas fluctuaciones paleoclimáticas que modifican el entorno de los páramos de los Andes ecuatoriales.

El medioambiente geomorfológico de la sierra central del Ecuador durante esta transición presentaba “períodos de enfriamiento con regímenes de precipitaciones extremas, especialmente en el invierno de las altas montañas, se intensificaron entre los 13.000 BP a 9.000 BP” (Arellano, 2003: 129), sin embargo, para Arellano (2003) desde finales del pleistoceno tardío existen corredores que van de norte a sur, identificando principalmente el corredor entre la actual ciudad de Riobamba y Alausí. Con el incremento y fluctuaciones de las temperaturas alrededor del 13.000 B.P. hacia el 9.000 B.P. el corredor mencionado amplía sus posibilidades de tránsito de norte a sur y viceversa, y medios de subsistencia para los grupos culturales tempranos.

Es durante este tránsito de norte a sur y viceversa que se puede observar entre el 12.000 B.P. y el 8.000 B.P. (período de transición, adaptación y climas fluctuantes) donde es

posible que los primeros pobladores de la sierra ecuatoriana se apropiasen de diversos abrigos rocosos y cuevas fruto del retroceso de las zonas glaciares en las altas montañas.

La presencia de este período crítico de fluctuaciones paleoclimáticas y procesos adaptativos abruptos y rápidos constituyó y reforzó los lazos entre los primeros grupos culturales de los Andes ecuatoriales, ya que era posible el acceso a la flora y fauna que se movilizaba a través de los diversos callejones interandinos. Evidencia de estos acontecimientos son la identificación de sitios de estudio como El Inga, Chobshi y Cubilán en los Andes ecuatoriales donde se reconoce la presencia de puntas de lanza, puntas de flecha, al igual que diversas herramientas para la fabricación a manera de taller de diversos instrumentos que permiten la apropiación y faenamiento de la biota vegetal y faunística de la época (El Inga en Bell, 1965, 1974; Salazar, 1979; Mayer-Oakes 1986; Chobshi, en Lynch y Pollock, 1981 y Cubilán en Temme, 1982; Pagán et al., 2015; Pagán et al., 2020).

Finalmente, para Arellano (2003) hasta la actualidad solo es posible aseverar una larga y breve secuencia en base a los patrones tecnológicos y de subsistencia que estuvieron presentes hace por lo menos 11.500 a 10.500 años, asociado a grupos colonizadores o en dispersión (Arellano, 2003). Es por ello que la presente investigación busca esclarecer y profundizar en el estudio del paleoclima y sus efectos en el entorno, principalmente en la biota vegetal, que nos sirve de testigo para identificar los eventos climáticos que modificaron el paleoambiente y por tanto la relación hombre – naturaleza en los páramos de los Andes ecuatoriales.

#### **4.4. Contexto Geográfico**

##### **4.4.1. Los Andes ecuatoriales**

Los Andes ecuatoriales, ubicados en el área relativamente joven (25 millones de años) (Van der Hammen. 1974 en: Josse, C., Cuesta, F., Navarro, G., Barrera, V., Cabrera, E., Chacón-Moreno, E., ... & Tovar, A. 2009) denominada Andes del norte, que se extiende entre las latitudes 1° 30' N y 5° S y las longitudes 75° 20' W y 91° W (Varela, et. al. 2018), con una extensión de 800 km de longitud y de 100-200 km de ancho “desde el río Carchi al norte y hasta el río Macará al sur, está conformada por hileras de montes, nevados, volcanes, páramos alto andinos, cumbres, valles y lagunas” (Varela, et al. 2018), de donde surgen las principales fuentes y sistemas hidrográficos del oriente y occidente del Ecuador (Varela, et al., 2018).

Ecuador, “el país entero está atravesado longitudinalmente por la Cordillera de los Andes, la cual define a lo largo de todo el país una orografía y topografía muy marcadas y diferentes” (de la Torre, L., H. Navarrete, P. Muriel M., M.J. Macía & H. Balslev (eds.), 2008: 28). Es característico de esta zona la influencia de la Zona de Convergencia Tropical, con masas de aire oceánicas y amazónicas generando una distribución bimodal de lluvias, refiriéndose a la presencia de lluvias durante dos épocas del año entre marzo-abril y octubre-noviembre (Varela, et al., 2018).

De igual manera “la temperatura está ligada a la altura; entre los 1500 y 3000 m los valores promedio varían entre 8 y 20°C, con un gradiente de temperatura de ~5°C por cada 1000 m de altura” (Varela, et al., 2018). En la Sierra ecuatoriana por donde atraviesan Los Andes, “la temperatura tiende a disminuir conforme aumenta la altitud, pero a nivel local, está influenciada por factores como la cercanía a los nevados y el origen y dirección de los vientos” (de la Torre, et al., 2008: 28).

Esta área geográfica de gran biodiversidad que cubre aproximadamente un cuarto del país, lo que corresponde a 70.000 km<sup>2</sup> (De la Torre, L., Muriel, P., & Balslev, H. 2006), se divide en dos cadenas montañosas denominadas: cordillera Occidental y cordillera Oriental o Real. “Entre ambos ramales varios volcanes y montañas conectan ambas cordilleras definiendo valles interandinos y además constituyen barreras de dispersión de ciertas especies (Heindl y Schuchmann, 1998).

“La cordillera Occidental es de menor altura y sus principales elevaciones son el volcán Chimborazo (el más alto del país, con 6310 m), Guagua Pichincha, Atacazo, Corazón y los Illinizas. La cordillera Oriental es la más alta y sus principales elevaciones son el volcán Cotopaxi (segundo más alto, con 5897 m), Cayambe, Antisana, Tungurahua, Altar y Sangay. (...) Los principales sistemas hidrográficos de oriente y occidente del país nacen de sus montañas y páramos debido a deshielos y precipitaciones en la zona” (Varela, et al., 2018).

“Debido a las fuertes altitudes, estas cordilleras están expuestas a acciones morfoclimáticas nivales, periglaciares y glaciares, aún más, durante el Cuaternario frío cuando los glaciares bajaron hasta altitudes de 3.200 y 3.800 metros. Esto ha dejado huellas típicas como son los valles en U, los circos glaciares, pantanos de altitudes sobre depósitos infraglaciares, bloques erráticos, morrenas, etc” (Winckell, 1982: 6).

“Los Andes del norte, han sido el escenario de múltiples episodios de diversificación y radiación de especies, pues estas áreas han estado sujetas a cambios espaciales y temporales sumamente dinámicos que explican en parte la alta diversidad observada en la región” (Lou Jost, 2019<sup>5</sup>). Por tanto, esta región biogeográfica llamada los Andes ecuatoriales, testigo de eventos geográficos y climáticos con sus cadenas montañosas orientales y occidentales como con los macizos montañosos, valles, lagunas, páramos, y biota vegetal se constituyen sin duda alguna como la evidencia y el resultado de las fluctuaciones climáticas a lo largo del tiempo y espacio.

#### **4.5. Páramos Ecuatoriales**

Dentro de los Andes ecuatoriales, se encuentra el área biogeográfica llamada Páramo, que se distribuye en un callejón casi ininterrumpido con un área de 15.976 km<sup>2</sup> (6.1% de la superficie de Ecuador) (Ron, 2020). El páramo es un ecosistema de alta montaña situado sobre la línea de bosques andinos generalmente de clima frío y húmedo que se encuentra comúnmente entre los 3.200 y 4.200 msnm (Mena et al. 2001 en Beltrán 2009), “valor que varía debido a condiciones geológicas, climáticas y antrópicas” (Beltrán, 2009: 17), muy visible en los Andes del sur del Ecuador donde el límite inferior es a los 2.600 msnm a diferencia de los Andes del norte de Ecuador que su límite inferior es a los 2.800 msnm.

El páramo andino ecuatorial se ha caracterizado “por un clima tropical muy húmedo en zonas de transición hacia el litoral y Amazonía, templado semi-húmedo a húmedo en la zona interandina, cálido y seco en los valles interandinos y frío de alta montaña en los páramos, sobre los 3.000 m de altitud” (Varela, et al., 2018). De igual manera, “las variaciones de temperatura durante el día de más de 20°C son comunes, estas variaciones típicas de temperatura determinan el rol de la escarcha y nieve” (Beltrán, 2009: 18) para el desarrollo de la vegetación paramuna.

Hay que reconocer que las precipitaciones en el páramo son altamente variables, y van desde los 700 mm (milímetros) hasta los 3.000 mm (milímetros) anuales<sup>6</sup> (Luteyn, 1992 en: Beltrán, 2009), y con algunos extremos en áreas limitadas, sobre los 6.000 mm (Rangel, 2000 en: Beltrán, 2009). “La variabilidad de lluvia a una escala pequeña está determinada principalmente por variaciones en la dirección y velocidad del viento, las cuales están controladas por pendientes pronunciadas y la topografía accidentada”

---

<sup>5</sup> Citado de <https://bioweb.bio/floraweb/librorojo/andes/>

<sup>6</sup> <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/GeografiaClima/>

(Beltrán, 2009: 18), demostrando así, una constante fluctuación climática y de temperatura que se presentan desde tiempos pretéritos hasta la actualidad.

Por otra parte, los suelos característicos de los páramos son de origen volcánico, que, en conjunto con el clima frío y húmedo, y la baja presión atmosférica favorecen la acumulación de la materia orgánica en el suelo (Beltrán, 2009), y el desarrollo de biota vegetal endémica debido a su peculiaridad climática.

En términos de vegetación, “se caracteriza por ser corta y dominada por hierbas, las cuales están adaptadas a bajas temperaturas. Existen bosque o arbustos que se pueden presentar en extensiones o parches, y en las elevaciones más altas, la vegetación forma agregaciones dispersas rodeadas de áreas con suelo expuesto y sin plantas” (Brito, 2019<sup>7</sup>). La vegetación de los páramos (Cuatrecasas 1958; Harling 1979; Cleef 1981; Acosta-Solís 1986; Ramsay 1992; Jørgensen y Ulloa Ulloa 1994; Ramsay y Oxley 1996) se puede clasificar en tres grandes unidades de acuerdo con su fisonomía y estructura: subpáramo arbustivo, páramo de pajonal y Superpáramo” (Beltrán, 2009). Por tanto, se puede evidenciar que los ecosistemas paramunos con su biota vegetal, son el resultado de una variación constante tanto de clima, temperatura y altura, dando como resultado una variabilidad endémica muy resistente a las fluctuaciones climáticas extremas.

#### **4.5.1. Sistema Ecológico del Páramo ecuatorial**

Como se ha mencionado en el capítulo anterior, “los páramos constituyen un tipo de comunidad fisonómicamente bien definida de los altos Andes, caracterizados por su elevado nivel de especiación autóctona” (Beltrán, 2009). Estos ecosistemas albergan la flora tropical de alta montaña más diversa en el mundo (Smith y Cleef 1988 en: Beltrán, 2009), con un alto grado de endemismo a nivel de especies y géneros (Sklenár y Ramsay 2001 en Beltrán, 2009), llegando a clasificar a la biota vegetal en tres macrogrupos de acuerdo a sus características florísticas, fisiográficas, fisonómicas y de estructura: subpáramo arbustivo, páramo de pajonal y superpáramo.

De esta clasificación se puede determinar que, el **subpáramo** arbustivo cubre el ecotono entre el bosque altoandino y el páramo de pajonal. Dominado en muchos casos por arbustos erectos y esclerófilos (Beltrán, 2009). Por otra parte, el **páramo de pajonal** aparece gradualmente conforme la elevación aumenta y el clima varía, presentando una

---

<sup>7</sup> <https://bioweb.bio/faunaweb/mammaliaweb/Regiones/>

biota vegetal arbustivas con presencia de Poáceas amacolladas o en penachos (Beltrán, 2009). Finalmente, el **superpáramo** se ha dividido en: *superpáramo inferior* y *superpáramo superior*, en donde el superpáramo inferior se caracteriza por una vegetación cerrada de arbustos postrados, cojines o almohadillas, rosetas acaulescentes y hierbas amacolladas o en penacho (Beltrán, 2009). Mientras que el superpáramo superior “carece de arbustos postrados y hierbas amacolladas o en penacho y presenta una cobertura vegetal muy localizada” (Beltrán, 2009: 17-18).

Dentro de esta clasificación se puede identificar cuatro macrogrupos vegetales con un total de doce sistemas ecológicos para el páramo de los Andes ecuatoriales y dos subsistemas que se dividen de la **Vegetación Geliturbada y Edafoxerófila Subnival Paramuna** en: Superpáramo inferior y superpáramo superior; los cuales “evidencian el hecho de que los ecosistemas de páramo son ecosistemas predominantemente mixtos por lo cual se hace difícil identificarlos por separado” (Beltrán, 2009: 32), a la vez que nos permitirá en capítulos posteriores identificar a través de los sistemas ecológicos de páramo la biota vegetal actual, comparable con las secuencias paleopalinológicas, lo que permitirá identificar la movilidad, permanencia, desaparición o variación de una categoría vegetal durante la transición pleistoceno tardío al holoceno temprano.

A continuación, se presentan los sistemas ecológicos paramunos de los Andes ecuatoriales desde las cotas más bajas de páramo hasta las más altas elevaciones.

Tabla N° 1: Sistemas Ecológicos de los Páramos del Ecuador (Diseño del Autor)

<b>Macrogrupo</b>	<b>Sistemas Ecológicos de los Páramos del Ecuador</b>
<b>Bosques Altimontanos y Altoandinos Húmedos de los Andes del Norte</b>	Bosques Montanos Pluviales de los Andes del Norte
	Bosques Altimontanos Norte-Andinos Siempreverdes
	Bosques Altimontanos Norte-Andinos de Polylepis
<b>Páramo Húmedo de los Andes Ecuatoriales</b>	Arbustales Bajos y Matorrales Altoandinos Paramunos
	Arbustales y Frailejonales Altimontanos Paramunos
	Matorrales Edafoxerófilos en Cojín Altoandinos Paramunos
	Pajonales Altimontanos y Montanos Paramunos
	Pajonales Arbustivos Altimontanos Paramunos
Pajonal Edafoxerófilo Altimontano Paramuno	
<b>Humedal Altoandino y Altimontano de los Andes del Norte</b>	Bofedales Altimontanos Paramunos
	Bofedales Altoandinos Paramunos
<b>Vegetación Subnival de los Andes del Norte</b>	Vegetación Geliturbada y Edafoxerófila Subnival Paramuna. - Superpáramo Inferior - Superpáramo Superior

Fuente: Beltrán, K., et al., 2009: 32.

## **Macrogrupo Bosques Altimontanos y Altoandinos Húmedos de los Andes del Norte**

- **Bosques Montanos Pluviales de los Andes del Norte**

Sistema ecológico distribuido altitudinalmente entre los 1.900 a 2.200 msnm y 2.900 a 3.100 m.s.n.m. en un bioclima Ombroclima supratropical pluvial húmedo-hiperhúmedo. De crecimiento en suelos bien húmedos y drenados sobre sustratos diversos, que corresponde a vegetación de bosques altos entre 15 y 25 m o de menor estatura en sus límites superiores altitudinales. Crecen y se desarrollan en laderas y crestas montañosas. Dependiendo de la orientación de la pendiente de crecimiento, pueden estar rodeados diariamente de una capa de niebla que incide en su funcionamiento y estructura (Beltrán, 2009: 35).

- **Bosques Altimontanos Norte-Andinos Siempreverdes**

Distribuido altitudinalmente entre los 3.000-3.200 hasta los 4.000 m.s.n.m. con un bioclima Supratropical húmedo a hiperhúmedo donde se desarrollan bosques bajos a medios, esclerófilos a subesclerófilos y lauroides, abundantes epífitas y musgos. Estos bosques se caracterizan por encontrarse en laderas montañosas con suelos bien drenados (Beltrán, 2009: 34).

- **Bosques Altimontanos Norte-Andinos de Polylepis**

Se extienden a partir de los 3.000-3.200 m.s.n.m. a 4.100-4.200 m.s.n.m. con un bioclima que va entre el Ombroclima supratropical húmedo a hiperhúmedo donde se desarrollan bosques de 3-7 m siempreverdes y subescleromorfos. Por lo general en grupos aislados con vegetación herbácea y arbustiva. Su crecimiento se produce en laderas abruptas, y sitios protegidos entre derrubios de roca (Beltrán, 2009: 34).

### **Páramo Húmedo de los Andes Ecuatoriales**

- **Arbustales Bajos y Matorrales Altoandinos Paramunos**

Este sistema ecológico se distribuye sobre los 4.000 y 4.100 m de altitud con un bioclima Ombroclima orotropical húmedo el cual permite el crecimiento de arbustales bajos semipostrados que miden entre 0,5 y 1,5 m de alto, es siempreverde y subesclerófilo. Su crecimiento es sobre suelos húmedos en laderas suaves y en planicies montañosas (Beltrán, 2009: 38).

- **Arbustales y Frailejonales Altimontanos Paramunos**

Este sistema se caracteriza por el desarrollo de los arbustales de 1 a 3 m de alto, que a menudo crecen en laderas montañosas y en llanos con suelos bien o medianamente drenados. El bioclima característico es el Ombroclima supratropical húmedo e hiperhúmedo y crecen a una altura entre los 3.000 y 3.200 m.s.n.m. a 4.100 y 4.200 m.s.n.m. (Beltrán, 2009: 38)

- **Matorrales Edafoixerófilos en Cojín Altoandinos Paramunos**

Este sistema vegetativo se caracteriza por ser permanente, se distribuye entre los 3.000-3.200 m.s.n.m. a 4.100-4.200 m.s.n.m. condicionada edáficamente y expuesta a la erosión natural. Se desarrollan en un bioclima Ombroclima supratropical y orotropical inferior húmedo-hiperhúmedo (Beltrán, 2009: 37). “Presenta pajonales bajos pulvinulares abiertos o semiabiertos que crecen en laderas abruptas o crestas montañosas con suelos areno-pedregosos o rocosos” (Beltrán, 2009: 37).

- **Pajonales Altimontanos y Montanos Paramunos**

“Son característicos los pajonales amacollados o en penacho generalmente altos, con pocas plantas no gramíneas creciendo entre las gramíneas. No existe un estrato arbustivo y la humedad del suelo, así como del ambiente, puede ser variable. A menudo son el resultado de las quemadas frecuentes de los páramos arbustivos, donde el estrato leñoso pierde diversidad y capacidad de regeneración. Crecen en laderas y llanos de montañas con suelos profundos y medianamente bien drenados. Esta vegetación puede ser tanto serial sustituyente como permanente” (Beltrán, 2009: 36).

- **Pajonales Arbustivos Altimontanos Paramunos**

La vegetación que caracteriza este sistema son los pajonales amacollados o en penachos altos y densos, con presencia de arbustos dispersos, que están asociados a frailejones bajos. Se desarrollan en un bioclima Ombroclima supratropical y orotropical inferior húmedo-hiperhúmedo y crecen en laderas suaves y planicies montañosas con suelos moderadamente drenados (Beltrán, 2009: 37).

- **Pajonal Edafoxerófilo Altimontano Paramuno**

Vegetación edáficamente, expuesta a la erosión natural intensa. Se extiende entre los 3.000-3.200 m.s.n.m. a 4.100-4.200 m.s.n.m. Presenta pajonales bajos pulvinulares abiertos o semiabiertos que crecen en laderas abruptas o crestas montañosas. El bioclima de crecimiento es: Ombroclima supratropical y orotropical inferior húmedo-hiperhúmedo. Se desarrolla en suelos areno-pedregosos o rocosos (Beltrán, 2009: 37).

### **Humedal Altoandino y Altimontano de los Andes del Norte**

- **Bofedales Altimontanos Paramunos**

Biota vegetal permanente higroturbosa, “es decir, son prados herbáceos dominados por formas densamente cespitosas y compactas de morfología plana o almohadillada y crecen en depresiones de terrenos con suelos anegados y fondos de valle con suelos turbosos o aledaños a corrientes de agua permanentes. El bioclima corresponde al Ombroclima supratropical húmedo e hiperhúmedo” (Beltrán, 2009: 39).

- **Bofedales Altoandinos Paramunos**

Vegetación dominada por herbáceas compactas densamente cespitosas de morfología almohadillada o plana que se desarrollan sobre los 4.000 y 4.100 m.s.n.m. en un bioclima correspondiente al Ombroclima orotropical húmedo-hiperhúmedo (Beltrán, 2009: 40). “Este sistema ecológico crece en depresiones topográficas anegadas con suelos higroturbosos y generalmente con activa formación de turba” (Beltrán, 2009: 40).

### **Vegetación Subnival de los Andes del Norte**

- **Vegetación Geliturbada y Edafoxerófila Subnival Paramuna.**

Vegetación de arbustal abierto con matorrales postrados o pulvinulares que se extiende sobre los 4.000 y 4.100 m.s.n.m., presentar un Ombroclima orotropical y criorotropical húmedo-hiperhúmedo. A menudo dominado por especies de Espeletiinae en el dosel. (Beltrán, 2009: 41) “La vegetación crece en laderas abruptas cubiertas por depósitos oluvionares y con suelos geliturbados, entre 50 y 90% de suelo desnudo. El sustrato puede ser estable rocoso o inestable de gravas no consolidadas” (Beltrán, 2009: 41).

Como se mencionó anteriormente este macrogrupo se ha dividido en dos, el **Superpáramo Inferior** y el **Superpáramo Superior**, los cuales se describen a continuación:

- **Superpáramo Inferior**

Vegetación cerrada con arbustos postrados, cojines o almohadillas, rosetas acaulescentes y hierbas amacolladas o en penacho resistente a las bajas temperaturas y los cambios del suelo provocados por la alternancia diaria del hielo y deshielo, con un bioclima pluviestacional húmedo y pluvial húmedo a hiperhúmedo (Beltrán, 2009: 40).

- **Superpáramo Superior**

“El superpáramo superior distribuido entre los 4.400-4.500 metros de elevación carece de arbustos postrados y hierbas amacolladas o en penacho y la cobertura vegetal es muy localizada” (Beltrán, 2009: 40).

Cabe recalcar que estos sistemas ecológicos corresponden a distribución general de los páramos de los Andes y no exclusivamente al Ecuador, por lo que algunas especies pueden variar o estar ausentes, sin embargo este no es un limitante, puesto que la descripción fisiográfica<sup>8</sup> de Beltrán (2009) en cada sistema ecológico nos permite discriminar rápidamente cuales no describen a los páramos de los Andes ecuatoriales.

---

<sup>8</sup> De fisiografía: “El análisis fisiográfico consiste en un método moderno para interpretar imágenes de la superficie terrestre, que se basa en la relación paisaje-suelo. Se asume aquí que "los suelos son perfiles tanto como paisajes", De una parte, el suelo es un componente del paisaje fisiográfico, pero sus características morfológicas, físicas, químicas y mineralógicas resultan de la interacción entre los restantes componentes de ese paisaje, tales como su relieve, sus materiales litológicos y su cobertura vegetal; todos actuando bajo un mismo clima y en un lapso determinado” (Villota, 1997 en: Álvarez, 2009: 185).

## **5. Biota Vegetal - Palinología y Paleopalínología**

### **5.1. Biota Vegetal**

Al referirnos a biota hacemos relación a todos los seres vivos ya sea flora o fauna (Stejneger, 1901: 89), y al ser más específicos con el término “biota vegetal” para esta tesis nos referimos al reino “plantae”. Es esta biota vegetal termosensible la que nos demostrará a través de la palinología y paleopalínología la estrecha relación que existe entre el clima y sus fluctuaciones respecto del desarrollo, movilidad, permanencia, desaparición o variación de una categoría vegetal.

Es del conocimiento categórico y taxonómico de la biota vegetal a través del estudio microscópico y morfológico del polen o paleopolen que se puede identificar el reino, subreino, filo, clase, subclase, orden, familia, subfamilia, tribu, género y especie. Cabe recalcar que no todas las plantas cuentan con todas estas categorías, sin embargo, el polen o paleopolen demostrará cuales pertenecen al reino Plantae separándolas de otros organismos microscópicos.

Si bien el término “biota vegetal” hace referencia a seres vivos, y el presente estudio refiere al paleopolen (polen fósil), es preciso orientar que el estudio está basado en interpretar una biota vegetal viviente en la transición pleistoceno tardío al holoceno temprano, la cual dejó su rastro fósil que nos permite un acercamiento e interpretación de la vida y su comportamiento en tiempos pretéritos, así como del clima y sus fluctuaciones.

#### **5.1.1. Familia, Género y Especies diagnósticas del Páramo ecuatorial actual**

Si bien el páramo ecuatoriano es conocido por su biodiversidad, también es cierto que existe aún un desafío por identificar completamente las especies asociadas a un género en específico, problema que es recurrente en varios ecosistemas biodiversos alrededor del mundo. Sin embargo, hasta el 2018 la doctora Susana León Yáñez (QCA) ha identificado un total de 659 especies endémicas, de las cuales 273 crecen exclusivamente en el páramo, estas 273 especies pertenecen a 108 géneros que se agrupan en un total de 40 familias (León, 2018 en: <https://bioweb.bio/floraweb/librorojo/paramos/>).

Para establecer los cuadros de identificación de Familia, Género y Especies diagnósticas del páramo ecuatoriano actual se ha recurrido al texto “Distribución espacial, sistemas ecológicos y caracterización florística de los páramos en el Ecuador” (Beltrán, K., Salgado, S., Cuesta, F., León-Yáñez, S., Romoleroux, K., Ortiz, E., ... & Velástegui, A.,

2009). En base a este texto se ha resumido en tablas los Géneros y Especies diagnósticas identificadas para el páramo ecuatoriano.

Al referirnos a especies diagnósticas según Carmen Benítez de Rojas, Alfonso Cardozo L., Luis Hernández Ch., Marlene Lapp, Héctor Rodríguez, Thirza Ruiz Z. y Pedro Torrecilla (2006) significa que podemos determinar a través de una guía las características observables la diferencia superficial de un taxón a otro. A diferencia del carácter taxonómico que clasifica los caracteres invariables cualitativos y cuantitativos como: las características anatómicas, embrionarias, bioquímicas, morfológicos de las estructuras reproductoras y medidas (Estudios Especializados y datos específicos de un taxón), las especies diagnósticas pueden ser determinadas por cualquier investigador con un entrenamiento adecuado (Benítez de Rojas, C., Cardozo, A., Hernández, L., Lapp, M., Rodríguez, H., Ruiz, T., & Torrecilla, P., 2006).

Con el fin de complementar la información faltante en relación a las familias, y en algunos casos los géneros de la biota vegetal de páramo planteada por Beltrán et. al. (2009), se realizó una búsqueda individual en el portal web: bioweb.bio, en el apartado “DataWeb”, datos de la colección de plantas del herbario QCA de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Romoleroux, K., Pérez, A., León-Yáñez, S., Quintana, C., Navarrete, H., Muriel, P., Cevallos, D. Valencia, R., Proaño, M. D. 2018. Base de datos del Herbario QCA. Versión 1.0. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Disponible en <<https://bioweb.bio/portal/>> Consulta: 15 de octubre 2020), siendo estos el complemento que permitió diferenciar entre familia, género y especie, lo que no se hace en el trabajo de Beltrán et. al. (2009)

Los páramos ecuatoriales como se ha caracterizado en el capítulo 5, son predominantemente ecosistemas mixtos, en los cuales aún es necesario una mayor investigación en campo (Beltrán, K., et. al. 2009; Luteyn 1992, 1999), a pesar de esto se ha generado valiosa información en la investigación publicada por Beltrán (2009) en conjunto con EcoCiencia, el Herbario QCA de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y diversas instituciones regionales con el “Proyecto Páramo Andino”, en donde se ha referido estudios sobre la biota vegetal que le compete a la presente investigación en sus cotas de altura de páramo (2600 a 4500 m.s.n.m.), la cual se resume a continuación:

- **Bosques Altimontanos y Altoandinos Húmedos de los Andes del Norte**

En estos bosques los “géneros característicos de este macrogrupo son *Polylepis sp.*, *Escallonia sp.*, *Hesperomeles sp.*, *Weinmannia sp.*, *Diplostephium sp.*, *Libanothamnus sp.*, *Espeletia sp.*, *Gynoxys sp.*, *Clethra sp.*, *Ilex sp.* y *Miconia sp.*” (Beltrán, K., et. al. 2009: 34), sin embargo, a continuación, se detalla familia, género y especies diagnósticas encontradas en los Bosques Altimontanos y Altoandinos Húmedos de los Andes Ecuatoriales.

Tabla N° 2: Familia, Género y Especies de los Bosques Altimontanos y Altoandinos Húmedos de los Andes Ecuatoriales (Síntesis del Autor)

Bosques Altimontanos y Altoandinos Húmedos de los Andes Ecuatoriales					
Macrogrupo	Nombre	Metros s.n.d.m.	Familia	Género	Especie
<b>Bosques Altimontanos y Altoandinos Húmedos de los Andes del Norte</b>	Bosques Montanos Pluviales de los Andes del Norte	1.900 a 2.200 m. y 2.900 a 3.100 m.	Aquifoliaceae	Ilex	<i>Ilex sp.</i>
			Araliaceae	Oreopanax	<i>Oreopanax sp.</i>
			Arecaceae	Ceroxylon	<i>Ceroxylon sp.</i>
			Clethraceae	Clethra	<i>revoluta fagifolia</i>
			Clusiaceae	Clusia	<i>Clusia sp. Multiflora</i>
			Cunoniaceae	Weinmannia	<i>pinnata glabra pubescens magnifolia</i>
			Hippocastanaceae	Billia	<i>columbiana</i>
			Lauraceae	Ocotea	<i>calophylla karsteniana</i>
			Lauraceae	Persea	<i>Persea sp.</i>
			Podocarpaceae	Podocarpus	<i>oleifolius rospigliosii</i>
			Podocarpaceae	Prumnopitys	<i>montana</i>
			Podocarpaceae	Retrophyllum	<i>rospigliosii</i>
			Rubiaceae	Cinchona	<i>Cinchona sp.</i>
			Rosaceae	Prunus	<i>integrifolia</i>
	Bosques Altimontanos Norte-Andinos Siempreverdes	3.000-3.200 hasta los 4.000 m	Aquifoliaceae	Ilex	<i>Ilex sp.</i>
			Araliaceae	Oreopanax	<i>Oreopanax sp.</i>
			Asteraceae	Diplostephium	<i>floribundum</i>
			Asteraceae	Gynoxys	<i>tolimensis baccharoides</i>
			Betulaceae	Alnus	<i>acuminata</i>
			Buddlejaceae	Buddleja	<i>incana</i>

<sup>9</sup> **Sp.** = Significa especie (Lawrence, E., et. al. 2003: 9). Hace referencia a que alguna especie de ese género se ha identificado, a pesar de que no se sabe que especie específica es. “Grupo de individuos que son capaces de reproducirse entre sí, pero que normalmente son incapaces de hacerlo con los miembros de otros grupos. Una especie sigue una nomenclatura binomial con dos nombres (por ej. Homo sapiens), el nombre genérico y el epíteto específico (ambos escritos en cursiva en la literatura científica). Las especies similares y relacionadas se agrupan en géneros. Las especies, a su vez, se pueden subdividir en subespecies, razas geográficas y variedades” (Lawrence, E., et. al. 2003: 224).

Bosques Altimontanos y Altoandinos Húmedos de los Andes Ecuatoriales					
Macrogrupo	Nombre	Metros s.n.d.m.	Familia	Género	Especie
			Clethraceae	Clethra	<i>Clethra sp. fimbriata</i>
			Cunoniaceae	Weinmannia	<i>mariquitae</i>
			Grossulariaceae	Escallonia	<i>myrtilloides</i>
			Lauraceae	Persea	<i>ferruginea</i>
			Melastomataceae	Miconia	<i>Miconia sp.</i>
			Myrsinaceae	Myrsine	<i>dependens</i>
			Santalaceae	Cervantesia	<i>tomentosa</i>
			Winteraceae	Drimys	<i>granadensis</i>
	Bosques Altimontanos Norte-Andinos de Polylepis	3.000-3.200 m a 4.100-4.200	Asteraceae	Gynoxys	<i>meridana</i>
			Cunoniaceae	Weinmannia	<i>multijuga</i>
			Grossulariaceae	Escallonia	<i>myrtilloides</i>
			Rosaceae	Polylepis	<i>Polylepis sp. Sericea pauta weberbaueri</i>

Fuente: Beltrán, K., et al., 2009; Romoleroux, K., et al., 2018.

- **Páramo Húmedo de los Andes Ecuatoriales**

Para Beltrán (2009) en muchos casos este macrogrupo dividido en Subpáramo Arbustivo y Paramo de Pajonal se encuentra dominado por arbustos erectos y esclerófilos de los géneros Valeriana, Gynoxys, Diplostephium, Pentacalia, Monticalia, Chuquiraga, Berberis, Hypericum, Gnaphalium, Lupinus, Loricaria, Calceolaria y Hesperomeles pertenecientes al Subpáramo Arbustivo. Mientras que en el páramo de pajonal aparece la dominancia de Festuca, Calamagrostis, Stipa, *Espeletia sp.*, *Puya sp.*, Diplostephium, Hypericum, Pentacalia, Polylepis, Gynoxys o Buddleja. A continuación, se detalla familia, género y especies diagnósticas encontradas en el Páramo Húmedo de los Andes Ecuatoriales.

Tabla N° 3: Familia, Género y Especies del Páramo Húmedo de los Andes Ecuatoriales (Síntesis del Autor)

Páramo Húmedo de los Andes Ecuatoriales					
Macrogrupo	Nombre	Metros s.n.d.m.	Familia	Género	Especie
Páramo Húmedo de los Andes Ecuatoriales	<b>Subpáramo arbustivo</b>				
	Arbustales Bajos y Matorrales Altoandinos Paramunos	4.000 y 4.100 m	Asteraceae	Diplostephium	<i>rupestre schultzii</i>
			Ericaceae	Pernettya	<i>prostrata</i>
			Ericaceae	Vaccinium	<i>floribundum</i>
			Hypericaceae	Hypericum	<i>laricifolium</i>

Páramo Húmedo de los Andes Ecuatoriales						
Macrogrupo	Nombre	Metros s.n.d.m.	Familia	Género	Especie	
	Arbustales y Frailejonales Altimontanos Paramunos	3.000 y 3.200 m a 4.100 y 4.200 m.	Rosaceae	Lachemilla	<i>nivalis</i>	
			Asteraceae	Diplostephium	<i>floribundum</i> <i>rupestre</i> <i>schultzii</i>	
			Asteraceae	Espeletia	<i>pycnophylla</i>	
			Asteraceae	Ageratina	<i>fastigiata</i> <i>tinifolia</i>	
			Blechnaceae	Blechnum	<i>Loxense</i>	
			Bromeliaceae	Puya	<i>Puya sp.</i>	
			Ericaceae	Bejaria	<i>Resinosa</i>	
			Hypericaceae	Hypericum	<i>lancioides</i>	
			Melastomataceae	Miconia	<i>salicifolia</i>	
	Rubiaceae	Arcytophyllum	<i>capitatum</i>			
	Matorrales Edafoxerófilos en Cojín Altoandinos Paramunos	4.000 y 4.100 m	Apiaceae	Azorella	<i>aretioides</i> <i>corymbosa</i> <i>pedunculata</i>	
			Asteraceae	Chuquiraga	<i>jussieui</i>	
			Asteraceae	Senecio	<i>microdon</i>	
			Fabaceae	Astragalus	<i>geminiflorus</i>	
			Fabaceae	Lupinus	<i>microphyllus</i>	
				Portulacaceae	Calandrinia	<i>acaulis</i>
	<b>Páramo de pajonal</b>					
	Páramo - Pajonales Altimontanos y Montanos Paramunos	S/D	Poaceae	Calamagrostis	<i>intermedia</i> <i>effusa</i> <i>recta</i>	
			Poaceae	Festuca	<i>sublimis</i>	
			Poaceae	Stipa	<i>ichu</i>	
Poaceae			Agrostis	<i>breviculmis</i>		
Pajonales Arbustivos Altimontanos Paramunos	S/D	Asteraceae	Diplostephium	<i>Diplostephium sp.</i>		
		Asteraceae	Loricaria	<i>Loricaria sp.</i>		
		Blechnaceae	Blechnum	<i>Loxense</i>		
		Cyperaceae	Carex	<i>pichinchensis</i>		
		Hypericaceae	Hypericum	<i>laricifolium</i>		
		Poaceae	Cortaderia	<i>Cortaderia spp.</i>		
		Pteridaceae	Jamesonia	<i>Jamesonia sp.</i>		
		Rosaceae	Acaena	<i>Acaena sp.</i>		
Rosaceae	Lachemilla	<i>Lachemilla sp.</i>				
Pajonal Edafoxerófilo Altimontano Paramuno	3.000-3.200 m a 4.100-4.200	Poaceae	Aciachne	<i>pulvinata</i>		
		Rosaceae	Acaena	<i>Acaena sp.</i>		
		Poaceae	Agrostis	<i>Agrostis sp.</i>		
		Apiaceae	Azorella	<i>Azorella sp.</i>		
		Caryophyllaceae	Arenaria	<i>Arenaria sp.</i>		
		Scrophulariaceae	Castilleja	<i>Castilleja sp.</i>		
		Asteraceae	Senecio	<i>Senecio sp.</i>		
		Asteraceae	Gnaphalium	<i>Gna-phalium sp.</i>		
Poaceae	Stipa	<i>Stipa sp.</i>				

Fuente: Beltrán, K., et al., 2009; Romoleroux, K., et al., 2018.

- **Humedal Altoandino y Altimontano de los Andes del Norte**

En este macrogrupo se observan mosaicos de *Cortaderia nitida*, *Sphagnum sp.*, *Plantago sp.*, *Oreobolus sp.* y *Azorella sp.*, así como plantas acuáticas que crecen a las orillas de lagos o ciénagas como las *Isoetes sp.* y *Lilaeopsis sp.* (Beltrán, et. al. 2009). Se detallan a continuación las especies.

Tabla N° 4: Familia, Género y Especies del Humedal Altoandino y Altimontano de los Andes Ecuatoriales (Síntesis del Autor)

Humedal Altoandino y Altimontano de los Andes Ecuatoriales					
Macrogrupo	Nombre	Metros s.n.d.m.	Familia	Género	Especie
<b>Humedal Altoandino y Altimontano de los Andes del Norte</b>	Bofedales Altimontanos Paramunos	S/D	Asteraceae	Werneria	<i>Pygmaea</i>
			Asteraceae	Oritrophium	<i>Limnophilum</i>
			Campanulaceae	Hypsela	<i>Reniformis</i>
			Caryophyllaceae	Colobanthus	<i>quitensis</i>
			Cyperaceae	Oreobolus	<i>obtusangulus</i>
			Gentianaceae	Gentiana	<i>Sedifolia</i>
			Juncaceae	Distichia	<i>Muscooides</i>
			Juncaceae	Sphagnum	<i>Sphagnum spp.</i>
			Plantaginaceae	Plantago	<i>Rigida</i>
			Rosaceae	Lachemilla	<i>Hispidula</i>
			Scrophulariaceae	Castilleja	<i>Fissifolia</i>
	Xyridaceae	Xyris	<i>Subulata</i>		
	Bofedales Altoandinos Paramunos	4.000 y 4.100 m.	Asteraceae	Oritrophium	<i>limnophilum,</i>
			Asteraceae	Werneria	<i>pygmaea.</i>
			Cyperaceae	Oreobolus	<i>Oreobolus sp.,</i>
			Juncaceae	Distichia	<i>muscooides,</i>
			Plantaginaceae	Plantago	<i>rigida,</i>
			Sphagnaceae (No en bioweb <sup>10</sup> )	Sphagnum	<i>Sphagnum sp.,</i>

Fuente: Beltrán, K., et al., 2009; Romoleroux, K., et al., 2018.

- **Superpáramo (Vegetación Subnival de los Andes del Norte)**

El Superpáramo dividido en Inferior y superior a la vez presenta una vegetación geliturbada y edafoxerófila subnival paramuna ubicada unos 100 a 200 m bajo el Superpáramo inferior. El Superpáramo inferior para Beltrán (2009) se ha caracterizado por la presencia de *Loricaria sp.*, *Pentacalia sp.*, *Plantago rigida*, *Xenophyllum sp.*, *Azorella sp.*, *Hypochaeris sp.*, *Oritrophium sp.*, *Calamagrostis sp.*, y *Festuca sp.* Mientras que el Superpáramo superior de ambiente nival se desarrolla *Draba sp.*, *Culcitium sp.*, *Chuquiraga sp.*, *Cortaderia sp.*, *Baccharis*

<sup>10</sup> No se encontró la familia, género ni especie en la base de datos de Romoleroux, K., et. al. 2018, por lo que se recurrió a la búsqueda en otras fuentes que posibiliten identificar los datos faltantes. La fuente para su identificación en: <https://www.tropicos.org/name/Search>

*sp.*, *Senecio sp.*, *Valeriana sp.* y *Gentiana sp.* Se detalla los especímenes de estas familias a continuación:

Tabla N° 5: Familia, Género y Especies del Superpáramo (Vegetación Subnival de los Andes del Norte) (Síntesis del Autor)

Vegetación Subnival de los Andes Ecuatoriales					
Macrogrupo	Nombre	Metros s.n.d.m.	Familia	Género	Especie
Superpáramo (Vegetación Subnival de los Andes del Norte)	Vegetación Geliturbada y Edafoxerófila Subnival Paramuna	4.000 y 4.100	Asteraceae	Loricaria	<i>Ferrugínea</i>
			Asteraceae	Werneria	<i>Werneria sp.</i>
			Apiaceae	Azorella	<i>Azorella sp.</i>
			Brassicaceae	Draba	<i>Draba sp.</i>
			Caryophyllaceae	Arenaria	<i>Arenaria sp.</i>
			Poaceae	Aciachne	<i>Flagellifera</i>
			Poaceae	Aciachne	<i>Pulvinata</i>
			Portulacaceae	Calandrinia	<i>Acaulis</i>
	Superpáramo Inferior	4.200	Asteraceae	Loricaria	<i>Loricaria sp.</i>
			Asteraceae	Pentacalia	<i>Pentacalia sp.</i>
			Plantaginaceae	Plantago	<i>Rigida</i>
			Asteraceae	Xenophyllum	<i>Xenophyllum sp.</i>
			Apiaceae	Azorella	<i>Azorella sp.</i>
			Asteraceae	Hypochaeris	<i>Hypochaeris sp.</i>
			Asteraceae	Oritrophium	<i>Oritrophium sp.</i>
			Poaceae	Calamagrostis	<i>Calamagrostis sp.</i>
	Superpáramo Superior	4.400-4.500	Poaceae	Festuca	<i>Festuca sp.</i>
			Asteraceae	Baccharis	<i>Baccharis sp.</i>
			Asteraceae	Culcitium	<i>Culcitium sp.</i>
			Asteraceae	Chuquiraga	<i>Chuquiraga sp.</i>
			Asteraceae	Senecio	<i>Senecio sp.</i>
			Brassicaceae	Draba	<i>Draba sp.</i>
			Gentianaceae	Gentiana	<i>Gentiana sp.</i>
	Poaceae	Cortaderia	<i>Cortaderia sp.</i>		
Valerianaceae	Valeriana	<i>Valeriana sp.</i>			

Fuente: Beltrán, K., et al., 2009; Romoleroux, K., et al., 2018.

## 5.2. Palinología - Paleopalínología

Desde 1945 como primicia la palinología de la mano de Hyde & Williams fue designada como el estudio morfológico del polen y esporas, en conjunto con su dispersión, preservación y aplicaciones (Velásquez Ruiz, 1999). A partir de la segunda mitad del siglo XX, en 1952 se le denomina como la ciencia que estudia el polen y las esporas “que trata fundamentalmente de las paredes de dichas células más que de su interior vivo (Soejarto y Fonnegra, 1972; Salgado-Laboriau, 1973 en: Velásquez Ruiz, 1999). Por lo tanto, la palinología es el estudio morfológico exterior del polen, en conjunto con su

dispersión, preservación, lo que nos permite una identificación del tiempo y espacio donde se desarrolló, movilizó, permaneció, desapareció o la variación de una categoría del taxa<sup>11</sup> vegetal.

El estudio tanto horizontal en espacio y vertical en tiempo de la mano de la estratigrafía, ha permitido que la palinología se divida en actuopalinología y Paleopalinología, siendo para Lain (2004) la actuopalinología el estudio morfológico de polen y esporas viviente, mientras que la Paleopalinología es el estudio del polen y esporas fósiles (Lain, 2004: 108).

Enmarcados en este ámbito del estudio del polen fósil se puede determinar en base a sus características morfológicas la afinidad y origen de diferentes grupos taxonómicos (Velásquez Ruiz, 1999: 1), a la vez que las reacciones, alteraciones y movilidad del bioma vegetal termosensibles al cambio de temperatura ambiental.

Estos estudios palinomorfos (morfología del polen) de la mano del desarrollo de la microscopía son la base fundamental de la palinología y paleopalinología, pues “una exploración más exacta de la estratificación, ornamentación y textura de la exina, determinación del número y tipo de aperturas, medición de microestructuras” (Velásquez Ruiz, 1999: 1) ha logrado la identificación de polen y esporas tanto fósiles como modernos, así como su categoría dentro del taxa vegetal. Esta membrana protectora exterior (Exina) está compuesta de una materia orgánica tan resistente y microscópica, que puede conservarse a lo largo de siglos, milenios y millones de años en perfecto estado, además por su morfología revela su planta origen y como la vegetación está determinada por el clima de una determinada zona del planeta, permite un acercamiento a la vegetación del pasado y su clima.

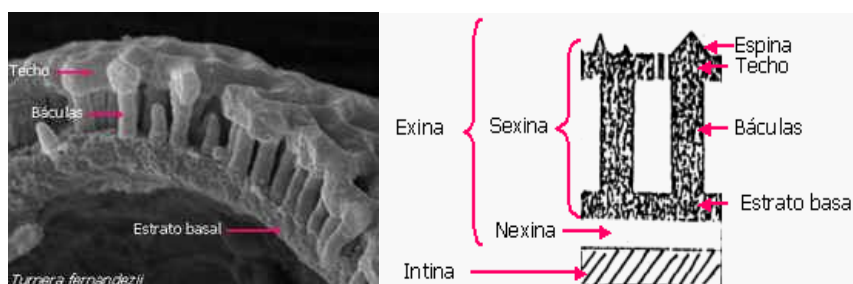


Ilustración N° 1: Exina

Fuente: <http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema22/tema22-9polen.htm>

<sup>11</sup> Referente a Taxón – Taxonomía. “La Taxonomía es quien se encarga de describir, identificar y clasificar a los organismos en un sistema jerarquizado e inclusivo” (Arija, 2012: 3).

Es por esto que la Paleopalinología es el instrumento fundamental para el conocimiento de los climas del pasado (paleoclimatología) (Sánchez Goñi, 1993; Burjachs i Casas, 2006). Se puede determinar entonces que la palinología y paleopalinología son “el instrumento que permite identificar y relacionar los procesos evolutivos dentro del reino vegetal, su historia y el origen, su distribución en tiempo y espacio, sus migraciones e inmigraciones, y cambios asociados a las fluctuaciones climáticas (Kedves, 1986).

### **5.2.1. Paleopalinología en el Ecuador y diseño de la muestra**

Si bien se ha recalcado que muchos de los estudios paleopalinológicos realizados en Ecuador son meras especulaciones o carecen de una datación metodológica y técnica, cabe rescatar que otros profesionales han hecho un buen trabajo investigativo permitiendo que sus datos formen parte de LAPD, puesto que presentan información cuantificable y observable en las muestras de sus estudios.

Los estudios paleopalinológicos se han diversificado en las diferentes regiones y zonas del Ecuador continental e Insular, sin embargo, estudios objetivos y ecuanímenes de paleopolen toman la posta desde finales de los años 80 (Bush & Colinvaux 1988; Colinvaux, P. A., Olson, K., & Liu, K. B., 1988; Colinvaux, P. A., Miller, M. C., Liu, K. B., Steinitz-Kannan, M., & Frost, I., 1985; Frost, I., 1988; Liu, K. B., & Colinvaux, P. A., 1988; Liu, K. B., & Colinvaux, P. A., 1985) y para los Andes ecuatoriales desde finales de los años 90 (Colinvaux, P. A., Bush, M. B., Steinitz-Kannan, M., & Miller, M. C., 1997; Wille, M., Hooghiemstra, H., Hofstede, R., Fehse, J., & Sevink, J., 2002; Van der Hammen, T., Noldus, G., & Salazar, E., 2003; Hansen, B. C. S., Rodbell, D. T., Seltzer, G. O., León, B., Young, K. R., & Abbott, M., 2003; Niemann, H., & Behling, H., 2008; Niemann, H., & Behling, H., 2009; Olivera, M. M., Duivenvoorden, J. F., & Hooghiemstra, H., 2009; Niemann, H., Haberzettl, T., & Behling, H., 2009; Niemann, H., Brunschön, C., & Behling, H., 2010; Niemann, H., & Behling, H., 2010; Bendix, J., Behling, H., Peters, T., Richter, M., & Beck, E., 2010; Olivera, M. M., 2010; Rodríguez, F., & Behling, H., 2011; Jantz, N., & Behling, H., 2012; Rodríguez, F., & Behling, H., 2012; Villota, A., León-Yáñez, S., & Behling, H., 2012; Jantz, N., Homeier, J., León-Yáñez, S., Moscoso, A., & Behling, H., 2013; Rodríguez, F., 2013; Villota, A., & Behling, H., 2013; Cárdenas, M. L., Gosling, W. D., Pennington, R. T., Poole, I., Sherlock, S. C., & Mothes, P., 2014; Villota, A., & Behling, H., 2014), es preciso recalcar que la mayoría de estudios para los Andes ecuatoriales hacen referencia o abarcan

estudios desde el Holoceno, pues como se ha explicado en capítulos anteriores, es en esta temporalidad donde el clima se torna más estable y semejante al clima actual, y de la cual existen una variedad de datos. Sin embargo, los datos que permitan un mejor entendimiento de nuestro pasado climatológico y sus alteraciones se encuentran justo en el espacio y tiempo más caótico para los Andes, y es la transición Pleistoceno Tardío al Holoceno Temprano.

En las investigaciones palinológicas realizadas en Ecuador se ha podido identificar tanto polen moderno (Actuopalinología) y Paleopolen (Paleopalinología), es esta última la de interés en el presente estudio, lo que ha dado como resultado y compilado en LAPD un total de 183 estudios de polen ya sea fósil o actual. De este total de 183 investigaciones, 118 registros corresponden a polen moderno y 65 a polen fósil (Paleopolen). De los 65 registros de paleopolen 30 corresponden a las alturas entre las cotas 2600 a 4500 m.s.n.m. (Páramo) espacio determinado y delimitado para la investigación. Dentro de las 30 investigaciones ubicadas entre las cotas 2.600 a 4.500 m.s.n.m. se puede identificar un total de 12 estudios paleopalinológicos en páramo entre los 8.000 BP al 12.000, años BP que corresponden a la transición pleistoceno tardío al holoceno temprano, ubicación temporal en la que se desarrolla la presente Tesis de grado.

Tabla N° 6: Investigaciones Paleopalinológicas en los Andes ecuatoriales  
(Síntesis del Autor)

<b>LAPD ID</b>	<b>Nombre del Sitio</b>	<b>Año de Publicación</b>
1135	Cocha Caranga Laguna	2009
1134	Cerro Toledo CT	2009
1139	El Tiro	2008
1155	Laguna Chorreras	2002
1159	Laguna Pallcacocha 2	2002
1161	Lagunas Natosas Forest	2012
1170	Mullumica	2003
1172	Laguna Natosas Bog	2012
1174	Rabadilla de Vaca	2009
1740	Cerro Toledo CTB	2009
1163	Lake Surucucho (Llaviucu)	1997
1158	Laguna Pallcacocha 1	1999

Fuente: LAPD

De este total de 12 investigaciones paleopalínológicas se ha tomado como muestra para el análisis de secuencias de polen fósil, 7 investigaciones, las cuales contienen datos radiocarbónicos calibrados que propician una mayor exactitud o en el peor de los casos cuenta con datos suficientes para una calibración en línea a través de la plataforma virtual Oxcal adherida a la Universidad de Oxford.

Se ha excluido cinco investigaciones. La primera debido a la ausencia de datos que especifiquen o permitan graficar una secuencia paleopalínológica y su distanciamiento con los propósitos de la presente tesis, es el caso del estudio “Laguna Pallcacocha 1” (Rodbell, D. T., Seltzer, G. O., Anderson, D. M., Abbott, M. B., Enfield, D. B., & Newman, J. H., 1999) pues es un estudio de los efectos del fenómeno del niño depositados a través de los sedimentos en un lago. Si bien es un tema interesante y relacionado al paleoclima, también es un tema tan amplio que sirve para el desarrollo de otra tesis, al igual que la ausencia de secuencias palinológicas no aporta en el fin de la presente. El segundo estudio es el de Cerro Toledo CTB (Niemann & Behling, 2008) que al analizar la investigación presenta dos dataciones radiocarbónicas calibradas que no corresponden al rango temporal de la presente tesis (12.000 B.P. al 8.000 B.P.). La “Laguna Natosa Forest” y “Laguna Natosa Bog” han sido descartadas pues tras su análisis previo de dataciones calibradas ninguna corresponde para este estudio.

Finalmente, se ha excluido la investigación de Salazar (Van der Hammen, T., Noldus, G., & Salazar, E., 2003) de forma parcial, pues esta no presenta una secuencia palinológica, pero nos muestra datos de familias, géneros y especies halladas en sus análisis paleoecológicos que permitirán una comparación y análisis con los otros estudios, tarea que se desarrollará en el capítulo 7. Además, esta investigación es una de las más importantes, pues es uno de los primeros intentos por parte de un investigador ecuatoriano con sus colaboradores en profundizar en el análisis palinológico y paleoecológico en la zona de Mullumica. Por lo tanto, esta investigación servirá de forma parcial para identificar taxones, y sería el único estudio desarrollado en espacio y tiempo determinado por esta tesis en los andes del norte del Ecuador, ya que la mayoría de estudios Paleoclimáticos en los andes ecuatoriales se han realizado en la zona de los páramos del Sur del Ecuador.

De igual manera se ha procedido a la corrección de la altura del estudio en el lago Surucucho (Llaviucu), que tras el análisis previo de las investigaciones, presenta un error

de ubicación de altura, pues el lago se encuentra a 3180 m.s.n.m. (Páramo) (Colinvaux, P. A., Bush, M. B., Steinitz-Kannan, M., & Miller, M. C., 1997: 69; Weng, C., Bush, M. B., & Chepstow-Lusty, A. J., 2004: 686) y en la base de datos de LAPD se registra a una altura de 970 m.s.n.m. Dicho error se pudo haber ocasionado al interpretar, combinar y comparar los registros de las muestras entre el Lago Surucucho y “el sitio de la selva tropical en San Juan Bosco casi directamente debajo del lago Surucucho”<sup>12</sup> (Colinvaux, et. al. 1997: 70) a 970 m.s.n.m.

A la vez algunas investigaciones paleopalinológicas presentan una ubicación en área en grados decimales, es el caso de estudios relacionados al Lago Surucucho (Llaviucu), Laguna Chorreras y Laguna Pallcacocha 2; ubicadas sin una coordenada específica por estudio, pero si con coordenada total del área. Estas investigaciones pertenecen a los primeros años de investigación a finales de los 90 e inicios del 2000 en el parque nacional Cajas (Study Area: Cajas National Park 2°40' – 3°00' S / 79°00' – 79°25' W. Colinvaux, et. al. 1997; Rodbell et al ,2002; Hansen, et. al. 2003).

Cabe recalcar que LAPD fue la encargada de receptar y ubicar los datos existentes y obtenidos de las investigaciones, mas no es la encargada de georreferenciar, ni responsable de las coordenadas adjuntas a la misma. No con el fin de justificar, pero si aclarar, estos errores por parte de algunos investigadores quizá se deban a que los sistemas de georreferenciación cada vez son más exactos en comparación a unos años atrás, y esto se demuestra en los estudios más actuales donde no existe este tipo de errores georreferenciales.

Para una mejor identificación de los sitios de estudio antes mencionados se ubicó en base a un mapa de Hansen (2003) (Anexo 1) del parque nacional Cajas, en conjunto con la plataforma Google Earth las coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) de los sitios Lago Surucucho (Llaviucu), Laguna Chorreras y Laguna Pallcacocha 2. En busca de facilitar el entendimiento y el uso de las actuales herramientas tecnológicas como el GPs (Coordenadas estándar: UTM; N / E) se procedió a transformar las diversas coordenadas de la muestra a coordenadas UTM, lo que facilitará la ubicación de los sitios en cualquier método cartográfico o georreferencial. Se detalla a continuación en la siguiente tabla la muestra tomada de LAPD con las adecuaciones mencionada para un mejor entendimiento de la investigación, y que sea accesible al lector en general:

---

<sup>12</sup> Traducción por el autor.

Tabla N° 7: Muestra de Estudios con coordenadas UTM

Nombre del Sitio	Ubicación Fuente Original	Ubicación LAPD Lat. / Long.	UTM E / N	Altitud m.s.n.m.	Publicaciones	Corrección de Ubicación con:
Lago Surucucho (Llaviucu)	Study Area: Cajas National Park 2°40'–3°00' S 79°00'–79°25' W (Rodbell et al ,2002)	-30625 / -78	706111.36 / 9685682.11	3180	Colinvaux et al, 1997; Weng et al ,2004	Hansen et al ,2003: 82. Ubicación por mapa.
Laguna Chorreras	Study Area: Cajas National Park 2°40'–3°00' S 79°00'–79°25' W (Rodbell et al ,2002)	-2766667 / -79158333	704679.30 / 9693702.16	3700	Rodbell et al ,2002; Hansen et al ,2003.	Hansen et al ,2003: 82. Ubicación por mapa.
Laguna Pallcacocha 2	Study Area: Cajas National Park 2°40'–3°00' S 79°00'–79°25' W (Rodbell et al ,2002)	-4766667 / -79233333	696390.74 / 9693621.09	4060	Rodbell et al ,2002; Hansen et al ,2003.	Hansen et al ,2003: 82. Ubicación por mapa.
El Tiro	03°50'25.9" S 79°08'43.2" W	-3840528 / -79145333	705953.49 / 9575276.58	2810	Niemann & Behling ,2008a; Niemann & Behling ,2008b; Brunschon & Behling ,2008; Bendix et al ,2010; Behling ,2010.	Datos Publicaciones Originales
Cerro Toledo CT	04°22'28.6" S 79°06'41.5" W	-4379917 / -79119222	708890.00 / 9515434.00	3110	Brunschon & Behling ,2009; Brunschon & Behling ,2010	Datos Publicaciones Originales
Laguna Cocha Caranga	4° 02'45.1" S 79° 09' 34.5" W	-404375 / -79162556	703996.08 / 9552783.52	2710	Niemann & Behling ,2009; Brunschon & Behling ,2010	Datos Publicaciones Originales
Laguna Rabadilla de Vaca	04°15'19.7"S 079°06'43.7"W	-4255472 / -79112139	709534.13 / 9529377.59	3312	Niemann et al ,2009; Brunschon & Behling ,2010	Datos Publicaciones Originales

Fuente: Datos traducidos y tomados de LAPD y transformación de coordenadas del Autor

### 5.2.2. Secuencias paleopalinológicas para los Andes ecuatoriales

Como es clave en esta investigación, las secuencias palinológicas han de servir como guía para entender la cronología absoluta a generar, por este motivo y para mantener un orden cronológico por investigación desde el cuadro anterior se ha iniciado por identificarlos en orden ascendente desde el más antiguo hasta el más moderno. También se ha dejado los estudios propios que dieron origen a la secuencia palinológica, descartando los que no tienen relación directa o datos relevantes para la interpretación paleopalinológica con C14. Pues como se ve en la tabla anterior unos sitios tienen dos o varios estudios, los cuales son el complemento y en otros casos solo la base de otros estudios que no ahondan en datos relevantes para el estudio paleopalinológico.

Por lo tanto, en la siguiente tabla se adhiere una columna llamada “Datos Obtenidos” donde se detalla el valor y uso que se le dio a cada investigación ya sea obteniendo la secuencia palinológica, o un cuadro total o parcial de datos que respondan a la temporalidad y espacio que está dirigida la investigación. Al igual, si se obtienen datos de otras fuentes de LAPD y dentro del rango temporal y espacial correspondientes que mejoren la interpretación para una misma investigación se detallará en cada una de ellas con su origen y código si la fuente las precisa.

Es posible que, durante el análisis y generación de la secuencia cronológica absoluta, trabajos actuales muestren indicadores más antiguos, o viceversa, sin embargo, no alterará el propósito o fin de la investigación, pues solo demuestra que se ha ido mejorando la capacidad de análisis y tecnologías para determinar una u otra variable.

Tabla N° 8: Orden Cronológico de Secuencias Palinológicas

Nombre del Sitio	Año de Publ.	Publicaciones	Datos Obtenidos
Lago Surucucho (Llaviucu)	1997	Colinvaux et al., 1997.	Fechas radiocarbónicas y Secuencia Paleopalinológica
Laguna Chorreras	2002	Rodbell et al., 2002;	Fechas radiocarbónicas
		Hansen et al., 2003.	Secuencia Paleopalinológica
Laguna Pallcacocha 2	2002	Rodbell et al., 2002;	Fechas radiocarbónicas
		Hansen et al., 2003.	Secuencia Paleopalinológica
El Tiro	2008	Niemann & Behling, 2008.	Fechas radiocarbónicas y Secuencia Paleopalinológica
Cerro Toledo CT	2009	Brunschon & Behling, 2009;	Fechas radiocarbónicas y Secuencia Paleopalinológica

		Brunschon & Behling, 2010.	Comparación de datos (Coinciden)
Laguna Cocha Caranga	2009	Niemann & Behling, 2009;	Fechas radiocarbónicas y Secuencia Paleopalinológica
		Brunschon & Behling, 2010.	Comparación de datos (Coinciden)
Laguna Rabadilla de Vaca	2009	Niemann et al., 2009;	Fechas radiocarbónicas y Secuencia Paleopalinológica
		Brunschon & Behling, 2010.	Comparación de datos (Coinciden)

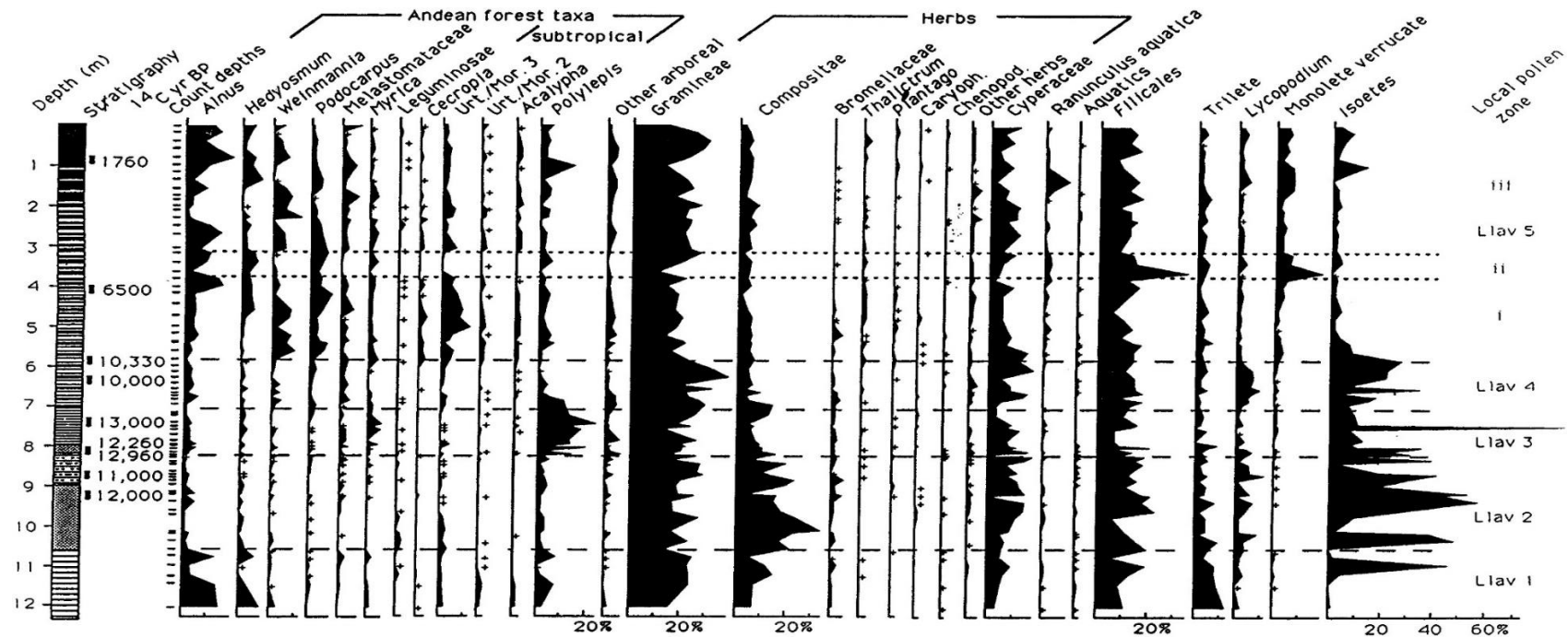
Fuente: Autor

A continuación las secuencias paleopalinológicas completas existentes para los páramos de los Andes ecuatoriales:

### 5.2.2.1. Lago Surucucho (Llaviucu)

Estudio que analiza sedimentos del lago Surucucho (Llaviucu) ubicado a 706111.36 E / 9685682.11 N a 3.180 m.s.n.m. (Parque nacional Cajas) y los compara con los registros de polen de la edad glacial de San Juan Bosco a 970 m.s.n.m. demostrando que existe un termosensibilidad de la vegetación andina en las elevaciones del sur del Ecuador.

Secuencia Paleopalinológica N° 1: Lago Surucucho (Llaviucu)



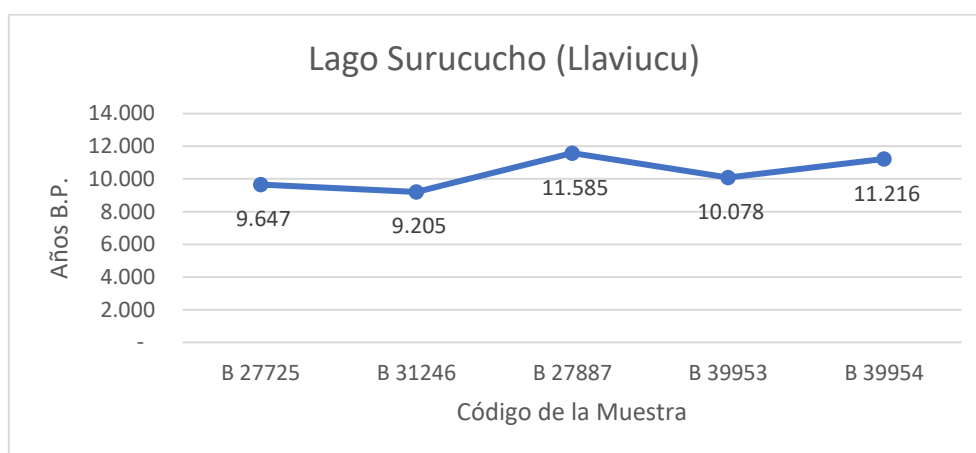
Fuente: Colinvaux et al, 1997: 71.

Cuadro Estadístico N° 1: Dataciones años cal. B.P. Lago Surucucho (Llaviucu) (Síntesis y Diseño del Autor)

	<b>Código / Laboratorio</b>	<b>Profundidad cm.</b>	<b>Calibración años B.P. (Oxcal)</b>	<b>Fuente</b>	<b>Datación C14 Originales</b>
<b>Lago Surucucho (Llaviucu)</b>	B 27725	5.80 – 5.95	9.647	Colinvaux et al., 1997	10330 ±140
	B 31246	6.42 – 6.53	9.205	Colinvaux et al., 1997	10000 ±140
	B 27887	8.06 – 8.20	11.585	Colinvaux et al., 1997	12.150 ±210
	B 39953	8.61 – 8.76	10.078	Colinvaux et al., 1997	10.650 ±150
	B 39954	9.11 – 9.26	11.216	Colinvaux et al., 1997	11870 ±220

Fuente: Colinvaux et al., 1997.

Gráfico Estadístico N° 1: Secuencia Dataciones años cal. B.P. Lago Surucucho (Llaviucu) (Síntesis y Diseño del Autor)



Fuente: Colinvaux et al, 1997.

Todas las muestras de esta investigación han sido calibradas en la plataforma en línea OxCal<sup>13</sup> de la Universidad de Oxford, de ellas se ha tomado solo los datos y muestras correspondientes a esta investigación. Se ha tomado en cuenta la muestra B 27887 con datos originales de 12.150 que saldría de la temporalidad planteada, debido a que los años  $\pm 210$  permiten entender que existe un margen de error de 210 años ya sea + 210 o - 210, por esta última puede entrar dentro del rango temporal posibilitando un 50% de posibilidades para la obtención de nuevos datos. De igual manera al realizar la calibración en OxCal se pudo verificar que pertenecía al rango de estudio.

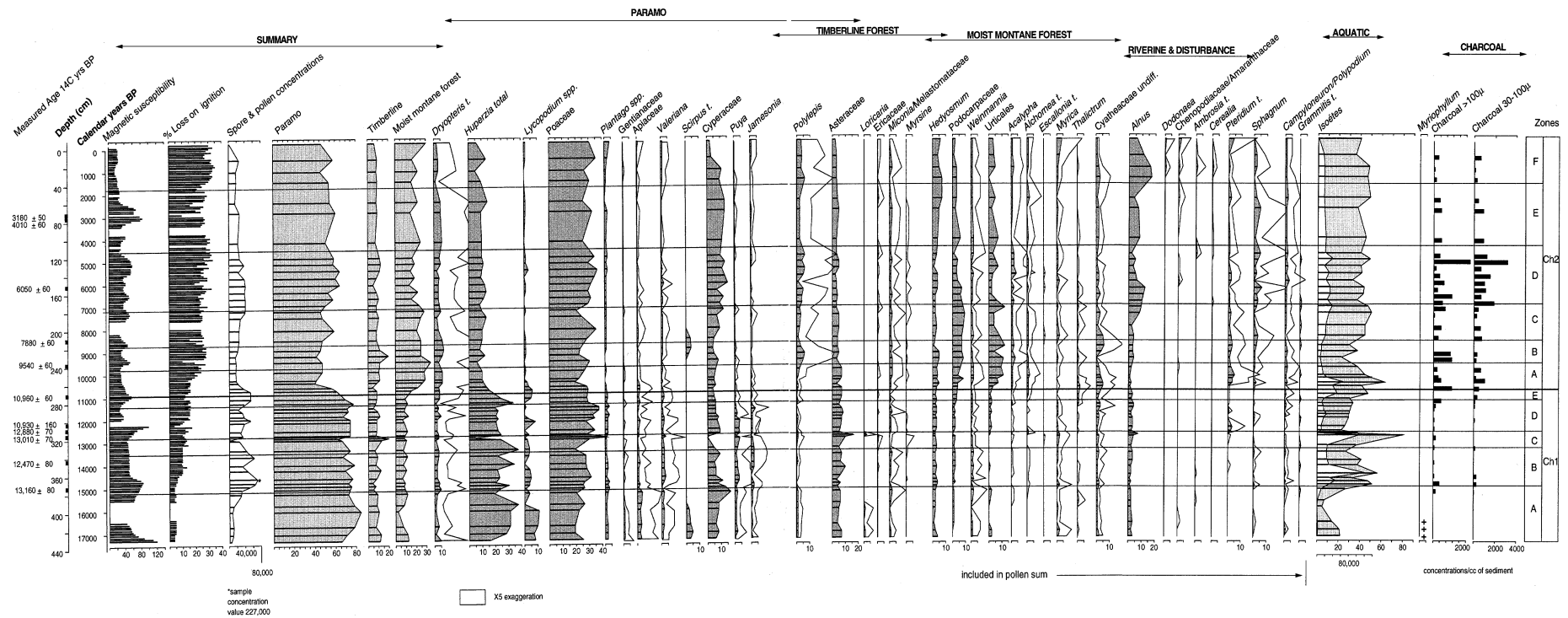
<sup>13</sup> <https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal/OxCal.html>

En la Plataforma Virtual OxCal la curva de calibración usada es: SHCal13 (hemisferio sur).

### 5.2.2.2. Laguna Chorreras

Estudio realizado en núcleos de sedimentos que se conservan hasta la actualidad en los lagos del Parque Nacional Cajas en las coordenadas 704679.30 E / 9693702.16 N a 3700 m.s.n.m., al sur de Ecuador, que permitió fechar las muestras en base a análisis radiocarbónico, proporcionando importantes datos cronológicos y paleopalinológicos para futuros estudios paleoecológicos, geomórficos y geoarqueológicos en la región.

Secuencia Paleopalinológica N° 2: Laguna Chorreras



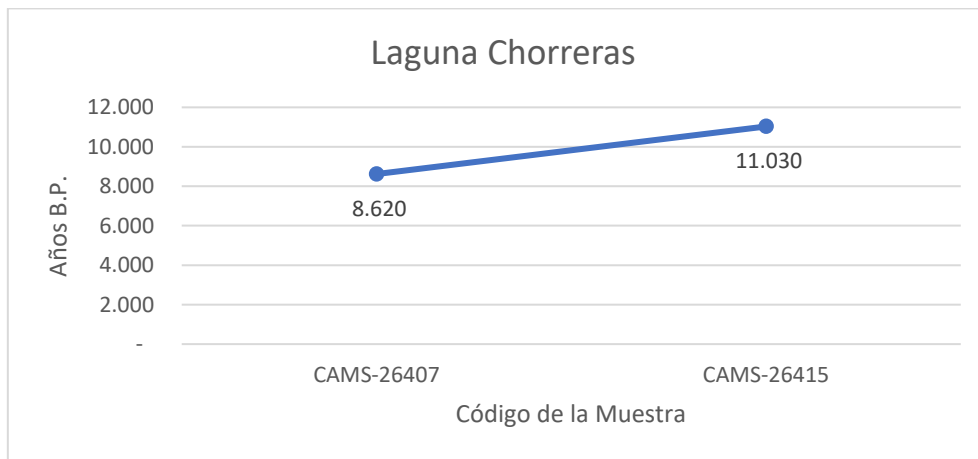
Fuente: Hansen et al., 2003: 89-90.

Cuadro Estadístico N° 2: Dataciones años cal. B.P. Laguna Chorreras (Síntesis y Diseño del Autor)

	<b>Código / Laboratorio</b>	<b>Profundidad cm.</b>	<b>Calibración años B.P.</b>	<b>Fuente</b>
<b>Laguna Chorreras</b>	CAMS-26407	215–217	8.620	Rodbell et al., 2002
	CAMS-26415	243–245	11.030	Rodbell et al., 2002

Fuente: Rodbell et al., 2002.

Gráfico Estadístico N° 2: Secuencia Dataciones años cal. B.P. Laguna Chorreras (Síntesis y Diseño del Autor)

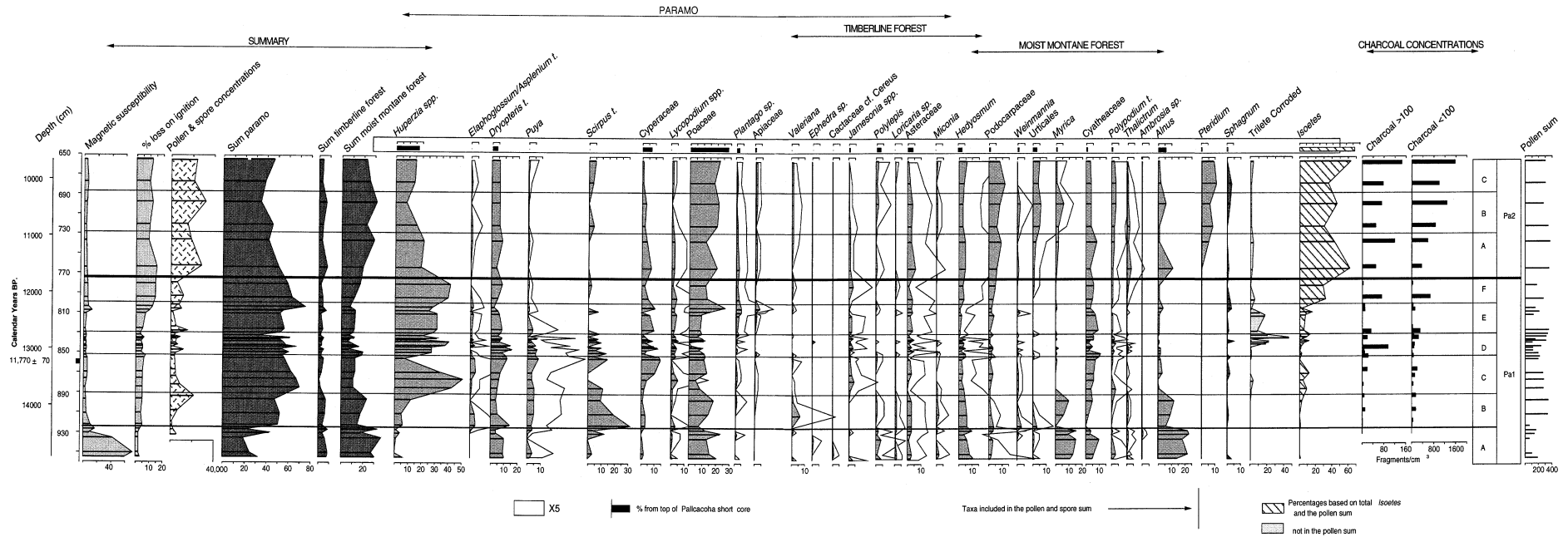


Fuente: Rodbell et al., 2002.

### 5.2.2.3. Laguna Pallcacocha 2

Investigación realizada en el Parque Nacional Cajas que ubica a la laguna a 4060 m.s.n.m. en las coordenadas 696390.74 E / 9693621.09 N con fechados en tefras y sedimentos que indican que indican una edad aproximada de 11.700, 9.900, 8.800, 7.350, 5.300, 2.500, y 2.200 cal. año B.P. estas fechas de microfósiles vegetales, de la Laguna Pallcacocha 2 parecen proporcionar el control de edad más confiable para generar una secuencia palinológica (Rodbell et al., 2002: 354).

#### Secuencia Paleopalínológica N° 3: Laguna Pallcacocha 2



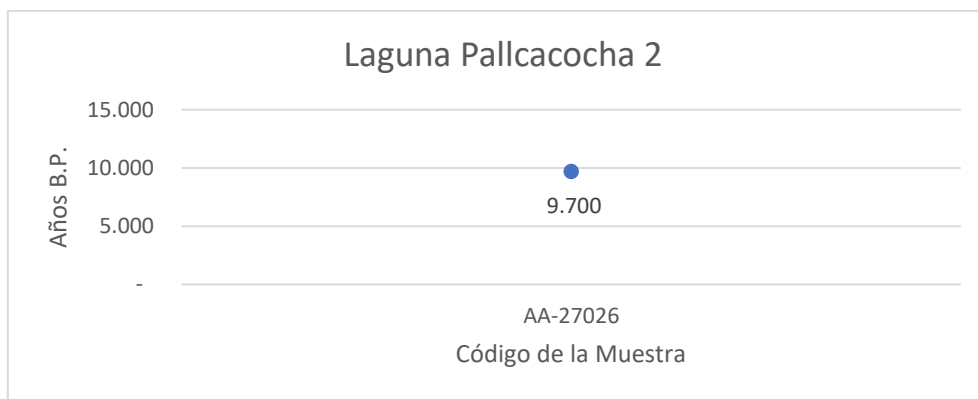
Fuente: Hansen et al., 2003: 93-94.

Cuadro Estadístico N° 3: Dataciones años cal. B.P. Laguna Pallcacocha 2 (Síntesis y Diseño del Autor)

	<b>Código / Laboratorio</b>	<b>Profundidad cm.</b>	<b>Calibración años B.P.</b>	<b>Fuente</b>
<b>Laguna Pallcacocha 2</b>	AA-27026	656.5	9.700	Rodbell et al., 2002

Fuente: Rodbell et al., 2002.

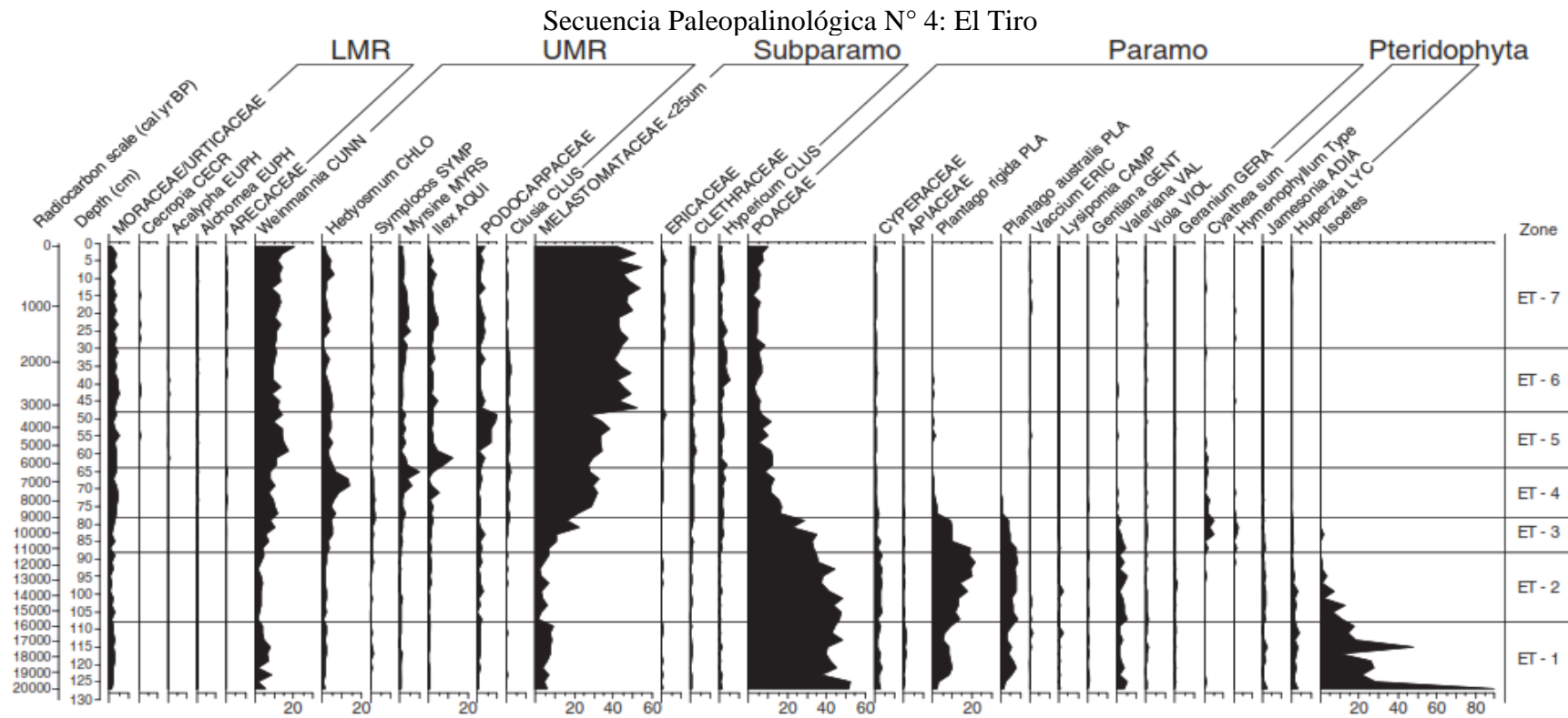
Gráfico Estadístico N° 3: Secuencia Dataciones años cal. B.P. Laguna Pallcacocha 2 (Síntesis y Diseño del Autor)



Fuente: Rodbell et al., 2002.

### 5.2.2.4. El Tiro

Estudio que busca identificar la dinámica paleoclimática y paleoambiental del Cerro El Tiro ubicado en las coordenadas 705953.49 E / 9575276.58 N a 2810 m.s.n.m. Además presenta un análisis de secuencia palinológica de un Núcleo de 127 cm de largo de los últimos 21.000 años cal. B.P. donde se identifica que el pasto fue la vegetación que abundaba en el área durante el pleistoceno tardío.



Fuente: Niemann & Behling, 2008: 207.

Cuadro Estadístico N° 4: Dataciones años cal. B.P. El Tiro (Síntesis y Diseño del Autor)

	<b>Código / Laboratorio</b>	<b>Profundidad cm.</b>	<b>Calibración años B.P.</b>	<b>Fuente</b>
<b>El Tiro</b>	Erl-8898	77	8.713	Niemann & Behling, 2008.

Fuente: Niemann & Behling, 2008.

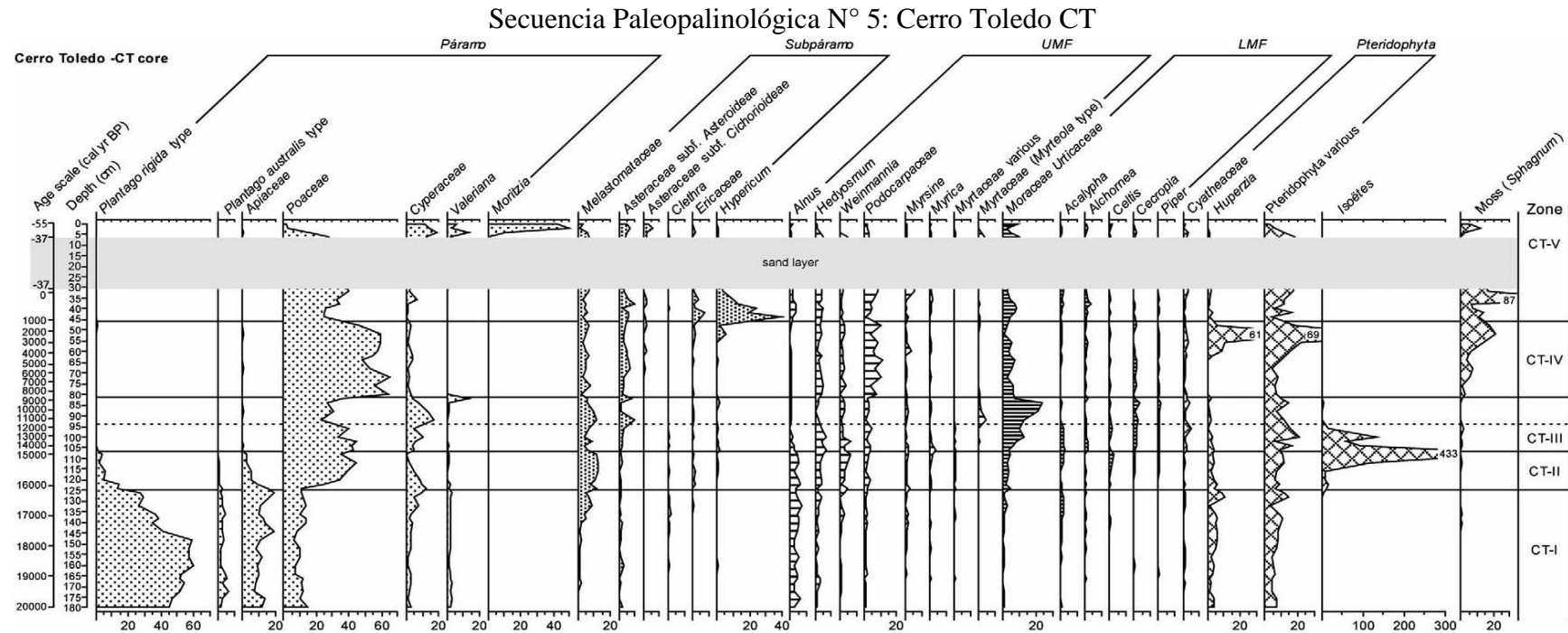
Gráfico Estadístico N° 4: Secuencia Dataciones años cal. B.P. El Tiro (Síntesis y Diseño del Autor)



Fuente: Niemann & Behling, 2008.

### 5.2.2.5. Cerro Toledo CT

Estudio paleoambiental en el Parque Nacional Podocarpus en el Cerro Toledo ubicado en las coordenadas 708890.00 E / 9515434.00 N a 3110 m.s.n.m. De este estudio se toman dos núcleos identificados como “Cerro Toledo CT” y “Cerro Toledo CTB”, como se ha indicado anteriormente este último ha sido descartado por que sus dataciones no entran en el rango temporal. Existe una sola datación radiocarbónica dentro de “Cerro Toledo CT” que responde a los fines del presente estudio y de la cual se puede rescatar valiosa información sobre la vegetación de páramo hacia el 9056 año cal. B.P.



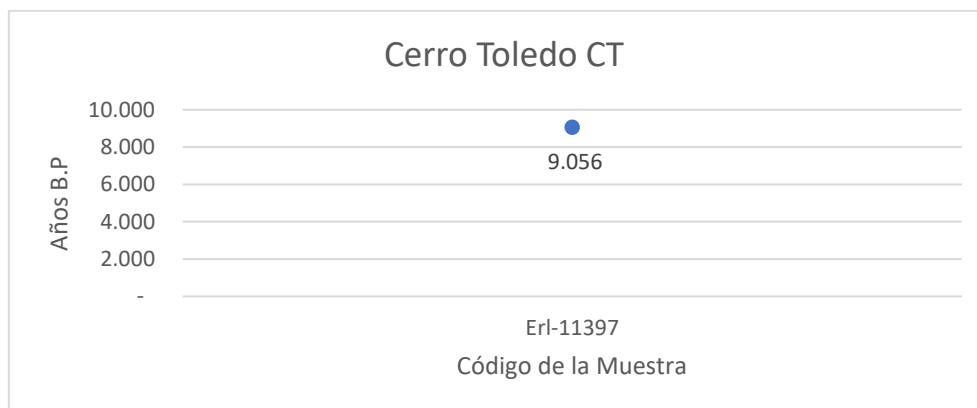
Fuente: Brunshon & Behling, 2009: 393.

Cuadro Estadístico N° 5: Dataciones años cal. B.P. Cerro Toledo CT (Síntesis y Diseño del Autor)

	<b>Código / Laboratorio</b>	<b>Profundidad cm.</b>	<b>Calibración años B.P.</b>	<b>Fuente</b>
<b>Cerro Toledo CT</b>	Erl-11397	83-84	9.056	Brunschon & Behling, 2009; Brunschon & Behling, 2010

Fuente: Brunschon & Behling, 2009.

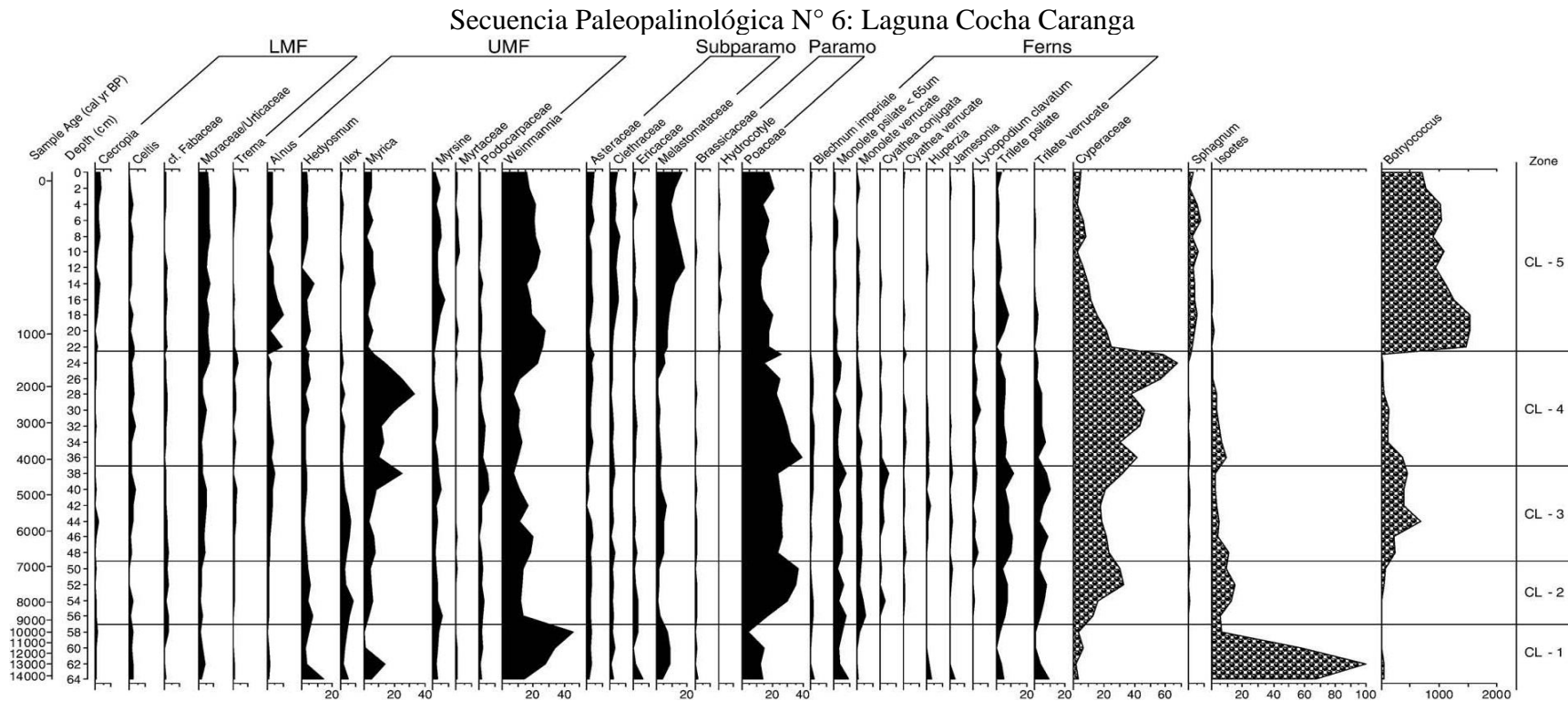
Gráfico Estadístico N° 5: Secuencia Dataciones años cal. B.P. Cerro Toledo CT (Síntesis y Diseño del Autor)



Fuente: Brunschon & Behling, 2009.

### 5.2.2.6. Laguna Cocha Caranga

Estudio sobre la dinámica del clima y vegetación en el páramo del Parque Nacional Podocarpus durante el Pleistoceno tardío al Holoceno, en la Laguna Cocha Caranga ubicada en las coordenadas 703996.08 E / 9552783.52 N a una altura de 2710 m.s.n.m. que sugiere un aumento de la temperatura y por lo tanto la proliferación del bosque termosensible en el páramo.



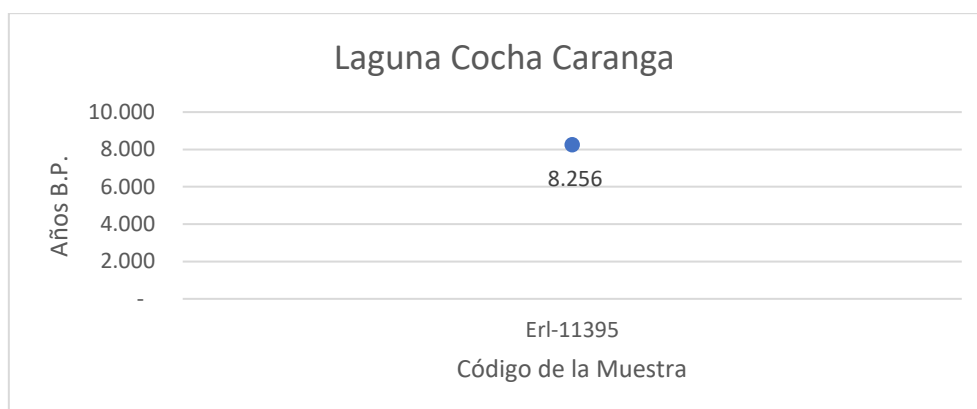
Fuente: Niemann & Behling, 2009: 6.

Cuadro Estadístico N° 6: Dataciones años cal. B.P. Laguna Cocha Caranga (Síntesis y Diseño del Autor)

	<b>Código / Laboratorio</b>	<b>Profundidad cm.</b>	<b>Calibración años B.P.</b>	<b>Fuente</b>
<b>Laguna Cocha Caranga</b>	Erl-11395	55	8.256	Niemann & Behling, 2009; Brunschon & Behling, 2010

Fuente: Niemann & Behling, 2009.

Gráfico Estadístico N° 6: Secuencia Dataciones años cal. B.P. Laguna Cocha Caranga (Síntesis y Diseño del Autor)

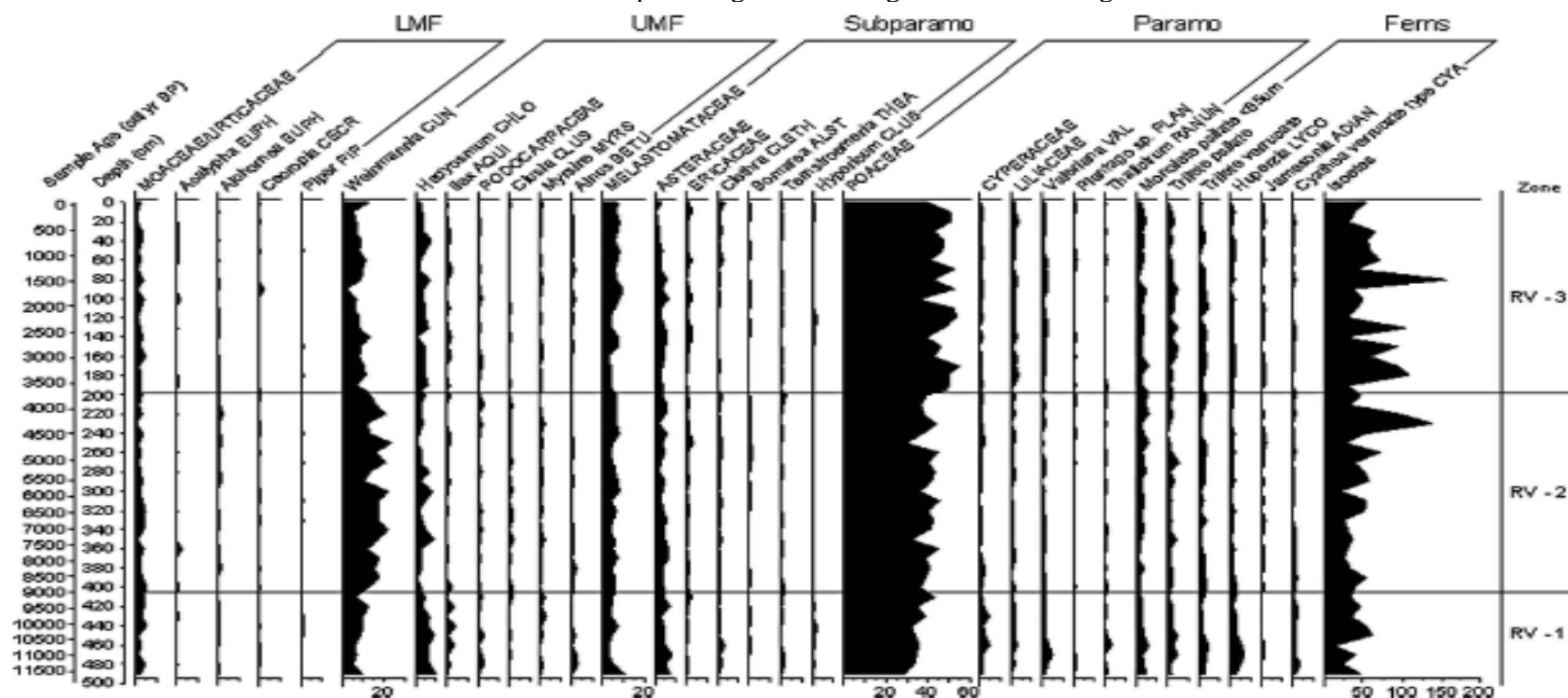


Fuente: Brunschon & Behling, 2009.

### 5.2.2.7. Laguna Rabadilla de Vaca

Estudio de sedimentos de la Laguna Rabadilla de Vaca ubicada en las coordenadas 709534.13 E / 9529377.59 N a 3312 m.s.n.m. con diversas muestras, las cuales permitieron inferir el clima a finales del pleistoceno e inicios del holoceno, mostrando un cambio de temperatura reflejado en las hierbas del páramo.

Secuencia Paleopalinoológica N° 7: Laguna Cocha Caranga



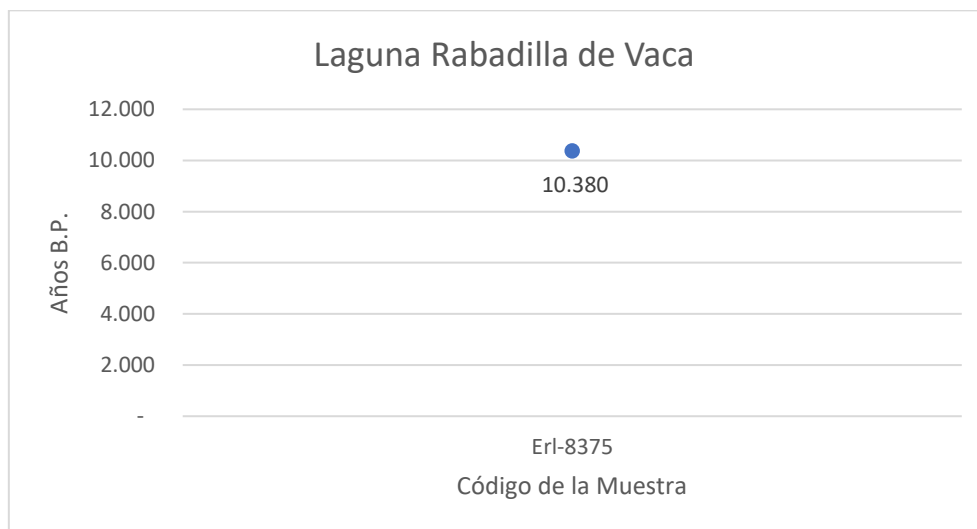
Fuente: Niemann et al., 2009: 310.

Cuadro Estadístico N° 7: Dataciones años cal. B.P. Laguna Rabadilla de Vaca (Síntesis y Diseño del Autor)

	<b>Código / Laboratorio</b>	<b>Profundidad cm.</b>	<b>Calibración años B.P.</b>	<b>Fuente</b>
<b>Laguna Rabadilla de Vaca</b>	Erl-8375	450	10.380	Niemann et al., 2009; Brunschon & Behling, 2010.

Fuente: Niemann et al., 2009.

Gráfico Estadístico N° 7: Secuencia Dataciones años cal. B.P. Laguna Rabadilla de Vaca (Síntesis y Diseño del Autor)



Fuente: Niemann et al., 2009.

### 5.2.2.8. Resumen de los datos

Como se ha podido observar se ha obtenido una secuencia absoluta en base a las dataciones radiocarbónicas disponibles en los estudios durante el período Pleistoceno tardío (12.000) al holoceno temprano (8.000). En un principio se ordenó estas dataciones radiocarbónicas en base al año de la publicación, pero al obtener ya los datos radiocarbónicos nos permite generar un orden temporal y por lo tanto una cronológica absoluta. Esta cronología absoluta se ha extraído en base a las dataciones radiocarbónicas disponibles en los estudios durante el período Pleistoceno tardío (12.000) al holoceno temprano (8.000), cumpliendo así uno de los objetivos de la presente tesis.

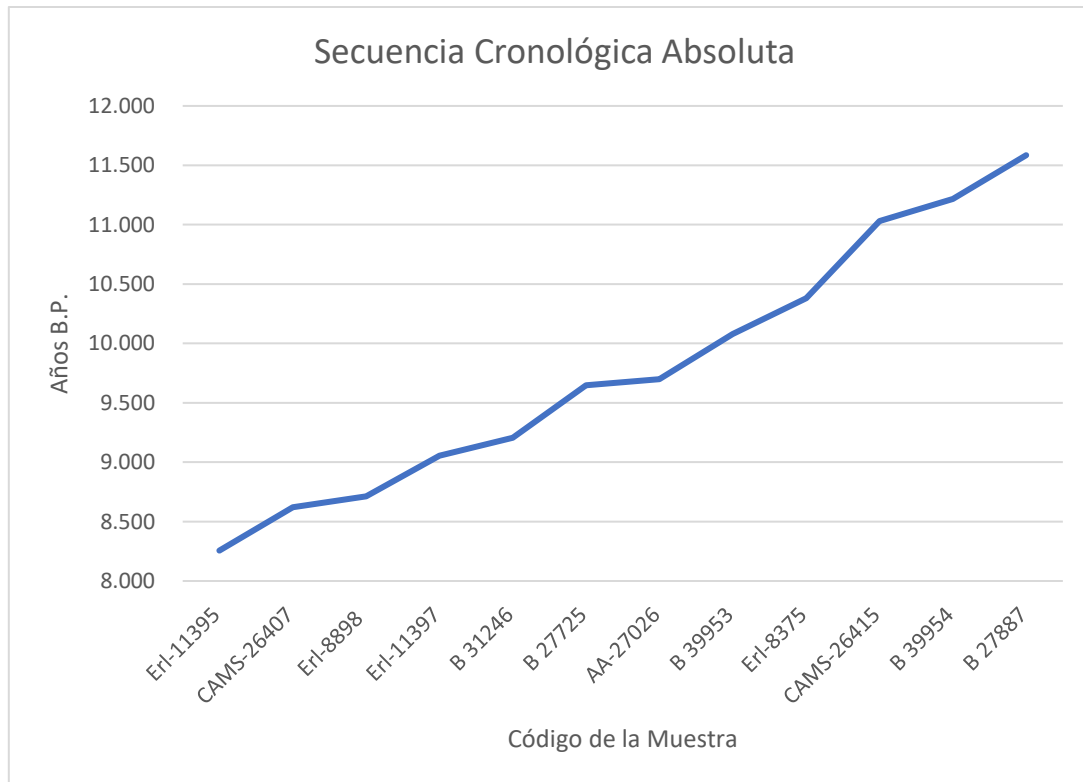
Cuadro Estadístico N° 8: Cronología Absoluta (Síntesis y Diseño del Autor)

Nombre Sitio	Código / Laboratorio	Profundidad cm.	Secuencia Cronológica Absoluta	Fuente
Laguna Cocha Caranga	Erl-11395	55	8.256	Niemann & Behling, 2009; Brunschon & Behling, 2010
Laguna Chorreras	CAMS-26407	215–217	8.620	Rodbell et al., 2002
El Tiro	Erl-8898	77	8.713	Niemann & Behling, 2008.
Cerro Toledo CT	Erl-11397	83–84	9.056	Brunschon & Behling, 2009; Brunschon & Behling, 2010
Lago Surucucho (Llaviucu)	B 31246	6.42 – 6.53	9.205	Colinvaux et al., 1997
Lago Surucucho (Llaviucu)	B 27725	5.80 – 5.95	9.647	Colinvaux et al., 1997
Laguna Pallcacocha 2	AA-27026	656.5	9.700	Rodbell et al., 2002
Lago Surucucho (Llaviucu)	B 39953	8.61 – 8.76	10.078	Colinvaux et al., 1997
Laguna Rabadilla de Vaca	Erl-8375	450	10.380	Niemann et al., 2009; Brunschon & Behling, 2010.
Laguna Chorreras	CAMS-26415	243–245	11.030	Rodbell et al., 2002
Lago Surucucho (Llaviucu)	B 39954	9.11 – 9.26	11.216	Colinvaux et al., 1997
Lago Surucucho (Llaviucu)	B 27887	8.06 – 8.20	11.585	Colinvaux et al., 1997

Fuente: Colinvaux et al., 1997; Rodbell et al., 2002; Niemann & Behling, 2008; Brunschon & Behling, 2009; Niemann et al., 2009; Brunschon & Behling, 2010.

### 5.2.2.9. Secuencia Cronológica Absoluta

Gráfico Secuencia Cronológica Absoluta



Fuente: Autor

Si bien esta cronología absoluta nos permite ubicarnos temporalmente de acuerdo a los estudios analizados, también es cierto que no se puede inferir otro aporte más que la cronología absoluta (Temporalidad). Sin embargo, el valor del análisis de la biota vegetal que ha iniciado el presente capítulo permitirá en el capítulo siete analizar el comportamiento termosensible de la biota vegetal durante este período de tiempo, permitiéndonos comparar y entrelazar las variables temporalidad y biota vegetal para entender la dinámica climática en tiempo y espacio en el que se desarrollan unas especies u otras como resultado de los cambios de temperatura en los páramos de los Andes ecuatoriales.

## **6. Análisis**

### **6.1. Relación paleopolen, biota vegetal y paleoclima**

Como se ha venido trabajando durante el capítulo anterior, se analizará individualmente los estudios que conforman la muestra de estudio, y se presentarán los resultados obtenidos y las novedades que se presentaron durante el análisis. Para la elaboración de este capítulo se tomará como referencia el orden de la secuencia cronológica absoluta obtenida en el capítulo 6, ya que esta nos permite ubicarnos en la temporalidad de los estudios.

Cabe recalcar que en la mayoría de secuencias palinológicas se mezclan las categorías familia y género, y en varios casos se ha procedido a través del género a identificar la familia, lo que no es posible a la inversa, pues la familia puede contener varios géneros y resulta complicado identificarlos por este sesgo técnico de las investigaciones previas. Por este motivo en las tablas de identificación de especies no todas cuentan con un género, o en varios casos esta adjunto al género la partícula sp. que indica una especie del género a la que se adhiere la partícula, o spp. que señala varias especies del género en estudio.

Por otra parte, la recomendación personal de la Dra. Suzette Flantua (2020) de tomar la plataforma virtual NeoToma Paleoecology Database<sup>14</sup> que adjunta en su base de datos las secuencias palinológicas digitales de los estudios de LAPD, han sido tomadas en cuenta para el caso de Laguna Chorreras y Laguna Pallcacocha 2. De estas se ha podido determinar en la secuencia palinológica digital el número de punto de control que se adjunta en la tabla, de donde se obtiene el porcentaje de paleopolen datado.

Al referirnos a punto de control, estamos señalando el punto en la tabla de datos o pico porcentual dentro de la secuencia paleopalínológica digital, la cual está ligada a un archivo .CSV con los datos de la investigación original.

El punto de control se ha tomado en base a la profundidad de la muestra, puesto que las dataciones que presenta NeoToma tienen diferentes calibraciones por el uso de curvas de calibración alternas a la investigación, sin embargo al ubicarnos en la profundidad de la muestra, obtenemos los datos originales del estudio.

---

<sup>14</sup> <https://apps.neotomadb.org/explorer/>

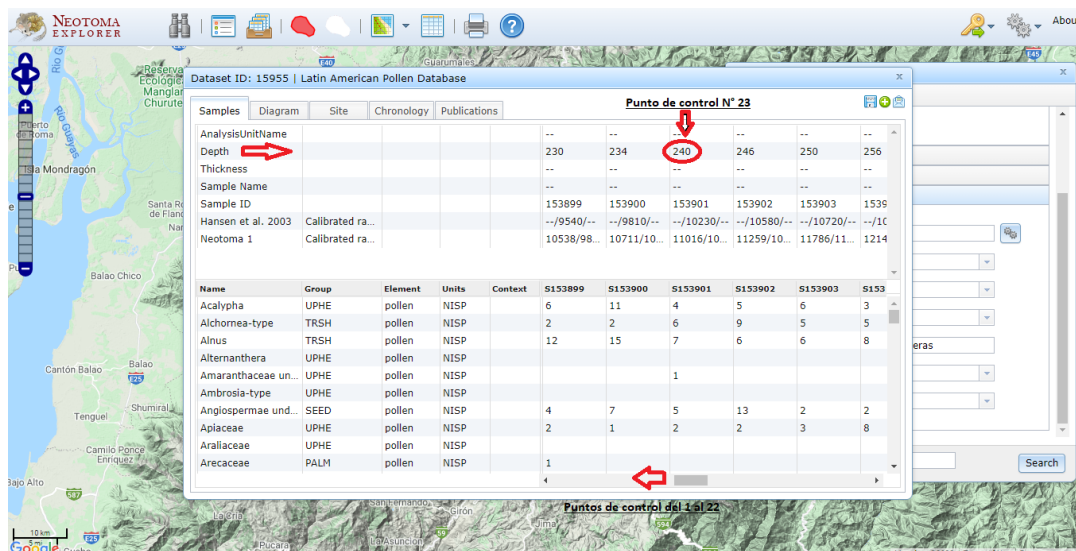


Imagen N° 1: Uso de Plataforma NeoToma (Punto de Control – Tabla de Datos)

Fuente: <https://apps.neotomadb.org/explorer/>

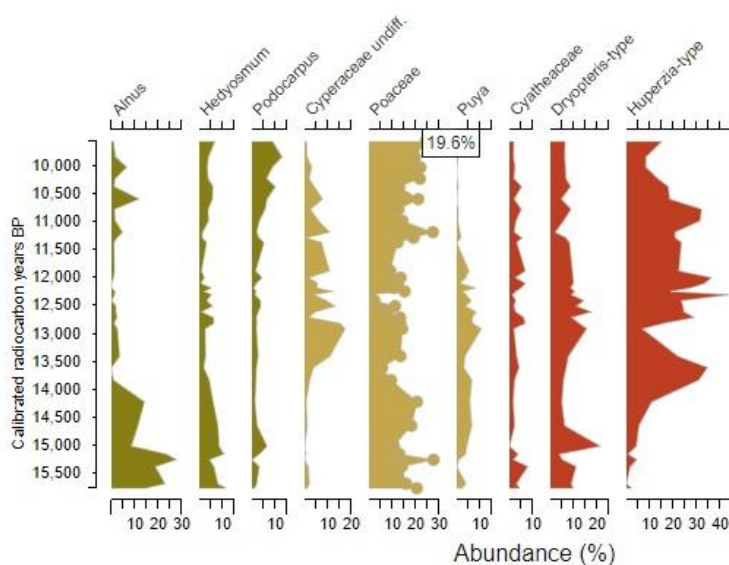


Ilustración N° 2: Uso de Plataforma NeoToma (Ejemplo: Punto de Control N° 1 – Pico porcentual Poaceae = 19.6%)

Fuente: <https://apps.neotomadb.org/explorer/>

En los casos de los datos obtenidos de la Laguna Rabadilla de Vaca, Laguna Cocha Caranga, Cerro Toledo CT y El Tiro, al contar con datos porcentuales con variable inferior y superior o que indican un rango entre un porcentaje X y otro (Ejemplo: entre 10% - 20%) para la secuencia palinológica, se ha generado en la tabla una columna llamada media, en la cual se procede a través de la fórmula estadística:  $Media = \frac{X1 + X2 + \dots + XN}{N}$  a determinar un valor promedio entre los dos porcentajes obtenidos de la investigación.

Es preciso recalcar que se ha analizado en primer lugar de forma individual cada muestra del paleopolen y por tanto la biota vegetal presente durante la transición pleistoceno tardío al holoceno temprano. Esto permitirá un mejor entendimiento de cada investigación, y posterior un análisis en conjunto que permita observar la dinámica paleoclimática del páramo de los Andes ecuatoriales durante la transición Pleistoceno Tardío (12.000) al Holoceno Temprano (8.000).

Finalmente, a través del análisis previo se ha podido obtener una tabla de presencia paleopalinológica porcentual de las investigaciones salvo el caso del Lago Surucucho (Llaviucu). Los detalles a profundidad y las dificultades que presentó el estudio (Caso Lago Surucucho (Llaviucu) Código muestra: B 27887; B 39954; B 39953; B 27725; B 31246) se detallan a continuación:

#### **6.1.1. Lago Surucucho (Llaviucu)**

Es verdad que este estudio forma parte de la investigación debido a su mérito de dataciones radiocarbónicas, lo que permitió en conjunto con las demás investigaciones la formulación de una secuencia cronológica absoluta para los páramos de los Andes ecuatoriales durante la transición pleistoceno tardío al holoceno temprano, sin embargo, los datos obtenidos no han sido suficientes para poder generar un cuadro de porcentajes polínicos y más aún un gráfico estadístico que refleje las fluctuaciones de la biota vegetal.

Debido a que en la investigación acerca del Lago Surucucho (Llaviucu) (Colinvaux et al., 1997) no se adjunta una tabla de porcentajes obtenidos del análisis radiocarbónico sobre especies o familias de paleopolen, sus muestras han sido excluidas del análisis final, sin desmerecer el gran aporte para la obtención de la cronología absoluta. Es claro que al ser uno de los primeros trabajos realizados en este ámbito, su carencia de datos estadísticos presentó una dificultad en un principio, más no un limitante, puesto que los trabajos posteriores a este mostraron que este problema se había superado, dejando claro en cada investigación posterior datos estadísticos que permitan acercarse a un análisis más profundo.

A pesar de no contar con una base estadística – porcentual sobre el paleopolen datado para este estudio, este nos guía con un análisis sobre las especies que se encontraron en el estudio radiocarbónico de lo cual podemos resumir lo siguiente:

Tabla N° 9: Dataciones años cal. B.P. Lago Surucucho (Llaviuco) por Zonas de Profundidad (Síntesis y Diseño del Autor)

	<b>Código / Laboratorio</b>	<b>Profundidad cm.</b>	<b>Datación C14 Originales</b>	<b>Calibración años B.P. (Oxcal)</b>	<b>Zona</b>
<b>Lago Surucucho (Llaviuco)</b>	B 39954	9.11 – 9.26	11870 ±220	11.216	Zone Llav 2: 10.7 – 8.2 m.
	B 39953	8.61 – 8.76	10.650 ±150	10.078	Zone Llav 2: 10.7 – 8.2 m.
	B 27887	8.06 – 8.20	12.150 ±210	11.585	Zone Llav 3: 8.2 – 7.0 m. (Polylepis zone)
	B 31246	6.42 – 6.53	10000 ±140	9.205	Zone Llav 4: 7.0 – 5.95 m.
	B 27725	5.80 – 5.95	10330 ±140	9.647	Zone Llav 5: 5.95 – 0.0 m (Holocene).

Fuente: Colinvaux et al., 1997.

Las muestras B 39954 (11.216 Cal. Yr. B.P.) y B 39953 (10.078 Cal. Yr. B.P.) por su profundidad pertenecen a la Zona Llav 2, zona caracterizada por la “concentración de polen de hierbas. La concentración de taxones forestales es baja, existe un avance efectivo de los elementos del bosque andino hacia la montaña quizá producto del retroceso de los glaciares” (Colinvaux et al., 1997: 75). Demostrando con esto un páramo Subnival reinante para la zona, con pequeños brotes arbóreos y arbustales que reflejan el avance progresivo de la línea forestal.

Siendo B 27887 (11.585 Cal. Yr. B.P.) la muestra de la Zona Llav 3, presenta una concentración alta de Polylepis, un árbol característico del bosque andino, por tanto, se sugiere presencia de bosque andino en el área (Colinvaux et al., 1997), y por tanto el incremento de la temperatura.

La muestra B 31246 (9.205 Cal. Yr. B.P.) perteneciente a la Zona Llav 4, se caracteriza por una dispersión del bosque de Polylepis, y aumento de hierbas principalmente Gramíneas (Colinvaux et al., 1997), infiriendo para la época un clima frío húmedo que permite el desarrollo de hierbas terrestres características del límite subnival.

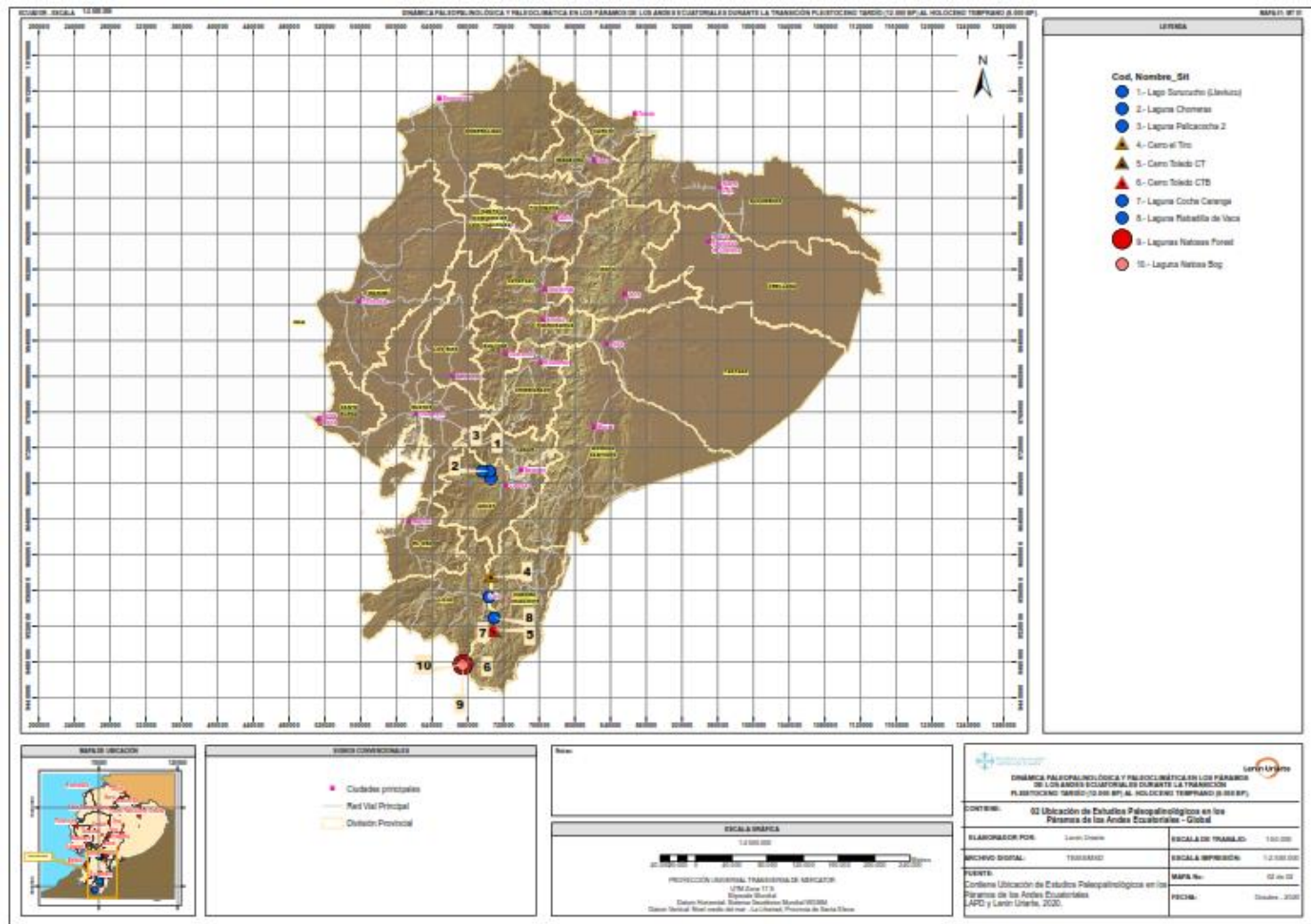
Finalmente, del estudio del Lago Surucucho (Llaviuco), la muestra B 27725 (9.647 Cal. Yr. B.P.) perteneciente a la Zona Llav 5 (Holoceno), presenta una dominancia de paleopolen perteneciente al bosque andino (Colinvaux et al., 1997), demostrando por tanto la elevación de la temperatura, y el retroceso de los páramos a zonas más altas.

Los trabajos que de aquí en adelante se presentan son el resultado de los últimos 18 años de trabajo en el Ecuador (2002 – 2020) por entender el pasado paleoclimático a través del estudio paleopalinológico y de la biota vegetal de páramo de los Andes ecuatoriales durante la transición pleistoceno tardío (12.000) al holoceno temprano (8.000).

Tabla N° 10: Estudios análisis Final

<b>Nombre Sitio</b>	<b>Código / Laboratorio</b>	<b>Profundidad cm.</b>	<b>Secuencia Cronológica Absoluta</b>	<b>Fuente</b>
<b>Laguna Chorreras</b>	CAMS-26415	243–245	11.030	Rodbell et al., 2002
<b>Laguna Rabadilla de Vaca</b>	Erl-8375	450	10.380	Niemann et al., 2009; Brunschon & Behling, 2010.
<b>Laguna Pallacocha 2</b>	AA-27026	656.5	9.700	Rodbell et al., 2002
<b>Cerro Toledo CT</b>	Erl-11397	83–84	9.056	Brunschon & Behling, 2009; Brunschon & Behling, 2010
<b>El Tiro</b>	Erl-8898	77	8.713	Niemann & Behling, 2008.
<b>Laguna Chorreras</b>	CAMS-26407	215–217	8.620	Rodbell et al., 2002
<b>Laguna Cocha Caranga</b>	Erl-11395	55	8.256	Niemann & Behling, 2009; Brunschon & Behling, 2010

Fuente: Autor



Mapa N° 1: Ubicación de Estudios Paleopalínológicos en los Páramos de los Andes Ecuatoriales  
Fuente: Autor

### 6.1.2. Laguna Chorreras (CAMS-26415) 11.030 cal. Yr. B.P.

Para el 2003 Hansen caracteriza a la Laguna Chorreras a 3.700 m.s.n.m. como un páramo herbáceo dominado por un clima más fresco y húmedo que el actual. Interpreta que las fluctuaciones en la biota vegetal pueden ser el resultado de la dirección del viento, o el clima (Hansen, 2003).

Para el análisis de la investigación se ha tomado como referencia la profundidad de la muestra, ubicando en la Plataforma NeoToma como punto de control para el porcentaje paleopolínico el dato número 23, este dato se repite para cada una de las especies encontradas en la investigación Laguna Chorreras, pudiendo identificar así el porcentaje de presencia de la familia o género. A continuación, se presenta el análisis de la muestra (CAMS-26415) 11.030 cal. Yr. B.P.

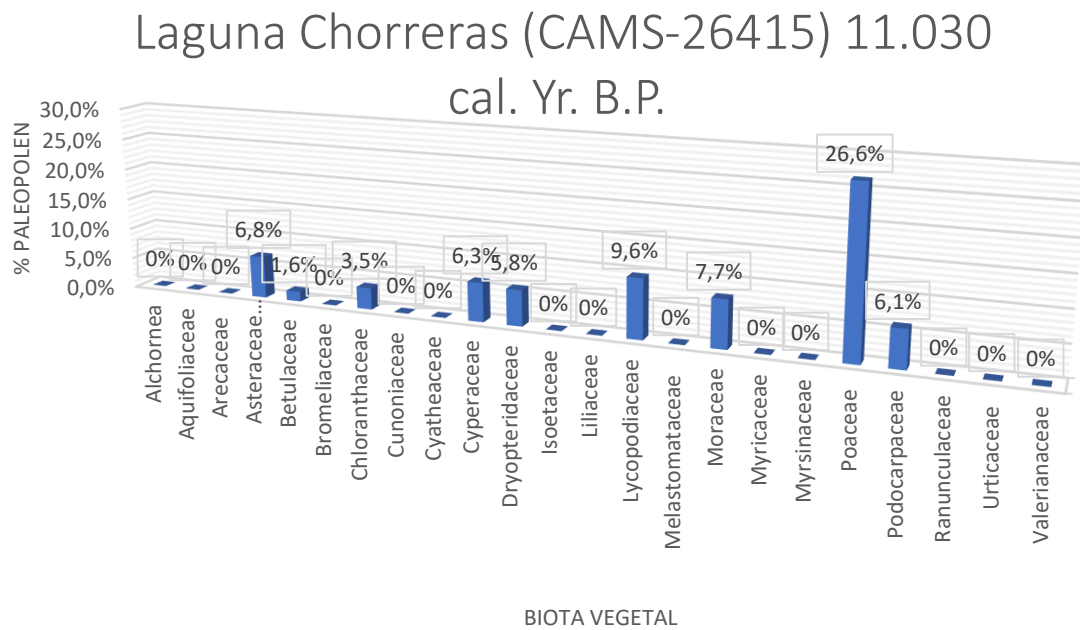
Cuadro Porcentual N° 1: Porcentaje Paleopolínico de la Laguna Chorreras (CAMS-26415) 11.030 cal. Yr. B.P. (Síntesis y Diseño del Autor)

		Laguna Chorreras (CAMS-26415) 11.030 cal. Yr. B.P. Punto de Control N° 23 NeoToma.							
Familia	Género	%	Media	% Paleopolen	Zona	Profundidad de la Zona	Cal. Yr. B.P.	Profundidad de la Muestra	Edad de la Muestra
Alchornea		0		0%	0	0	0	0	0
Aquifoliaceae	<i>Ilex s.p.</i>	0		0%	0	0	0	0	0
Arecaceae		0		0%	0	0	0	0	0
Asteraceae		6.8%		6,8%	Zona de Transición Ch-1 a Ch-2	Zona de Transición Ch-1 a Ch-2	11.030	243-245	11.030
Betulaceae	<i>Alnus s.p.</i>	1.6%		1,6%	Zona de Transición Ch-1 a Ch-2	Zona de Transición Ch-1 a Ch-2	11.030	243-245	11.030
Bromeliaceae	<i>Puya s.p.</i>	0		0%	0	0	0	0	0
Chloranthaceae	<i>Hedyosmum s.p.</i>	3.5%		3,5%	Zona de Transición Ch-1 a Ch-2	Zona de Transición Ch-1 a Ch-2	11.030	243-245	11.030
Cunoniaceae	<i>Weinmannia s.p.</i>	0		0%	0	0	0	0	0
Cyatheaceae		0		0%	0	0	0	0	0

<b>Cyperaceae</b>		6.3%		6,3%	Zona de Transición Ch-1 a Ch-2	Zona de Transición Ch-1 a Ch-2	11.030	243–245	11.030
<b>Dryopteridaceae</b>	<i>Dryopteris s.p.</i>	5.8%		5,8%	Zona de Transición Ch-1 a Ch-2	Zona de Transición Ch-1 a Ch-2	11.030	243–245	11.030
<b>Isoetaceae</b>	<i>Isoetes s.p.</i>	0		0%	0	0	0	0	0
<b>Liliaceae</b>		0		0%	0	0	0	0	0
<b>Lycopodiaceae</b>	<i>Huperzia s.p.</i>	9.6%		9,6%	Zona de Transición Ch-1 a Ch-2	Zona de Transición Ch-1 a Ch-2	11.030	243–245	11.030
<b>Melastomataceae</b>		0		0%	0	0	0	0	0
<b>Moraceae</b>		7.7%		7,7%	Zona de Transición Ch-1 a Ch-2	Zona de Transición Ch-1 a Ch-2	11.030	243–245	11.030
<b>Myricaceae</b>	<i>Myrica s.p.</i>	0		0%	0	0	0	0	0
<b>Myrsinaceae</b>	<i>Myrsine s.p.</i>	0		0%	0	0	0	0	0
<b>Poaceae</b>		26.6%		26,6%	Zona de Transición Ch-1 a Ch-2	Zona de Transición Ch-1 a Ch-2	11.030	243–245	11.030
<b>Podocarpaceae</b>	<i>Podocarpus s.p.</i>	6.1%		6,1%	Zona de Transición Ch-1 a Ch-2	Zona de Transición Ch-1 a Ch-2	11.030	243–245	11.030
<b>Ranunculaceae</b>	<i>Thalictrum s.p.</i>	0		0%	0	0	0	0	0
<b>Urticaceae</b>		0		0%	0	0	0	0	0
<b>Valerianaceae</b>	<i>Valeriana s.p.</i>	0		0%	0	0	0	0	0

Fuente: Rodbell et al., 2002; Hansen et al., 2003; NeoToma, 2020.

Gráfico Porcentual N° 1: Porcentaje Paleopolen Laguna Chorreras (CAMS-26415)  
11.030 cal. Yr. B.P. (Síntesis y Diseño del Autor)



Fuente: Rodbell et al., 2002; Hansen et al., 2003; NeoToma, 2020.

A través del análisis porcentual Paleopolínico de la muestra (CAMS-26415) 11.030 cal. Yr. B.P. de la Laguna Chorreras se puede observar una presencia muy alta con el 26,6% de Poaceae (Hierba Terrestre) en comparación con el resto de familias vegetales. En base a la distribución de biota vegetal actual (Tabla 2, 3, 4, 5, en el Cap. 6) se puede determinar que las Poaceae son una familia vegetal que se desarrolla en la actualidad sobre los 4.000 m.s.n.m.<sup>15</sup> Considerando que la mayoría de especies clasificadas en el capítulo 6, entre estas las Poaceae se desarrollan en la actualidad como Vegetación Subnival, se puede inferir que el páramo para el 11.030 B.P. había avanzado hacia las zonas bajas de la cordillera llegando a ser parte de la vegetación del entorno de la Laguna Chorreras a los 3.700 m.s.n.m. Sabiendo que en el presente es biota vegetal que se extiende a partir de los 4.000 m.s.n.m. es notable que el páramo con su vegetación y su límite Subnival avanzaron en este caso 300 m. hacia las zonas bajas de la cordillera, mostrando un descenso en la temperatura.

<sup>15</sup> Es preciso recordar que existen algunas excepciones por falta de estudios a profundidad de una u otra familia, género o especie, puesto que en algunos casos existe presencia de especies de páramo en otros pisos ecológicos de menor altura.

La presencia media de las familias Asteraceae (Asteroideae) (6.8%) hierba terrestre, Cyperaceae (6.3%) hierba terrestre, Dryopteridaceae (Dryopteris s.p. 5.8%) helecho terrestre o epífita, Lycopodiaceae (Huperzia s.p. 9.6%) hierba terrestre, Moraceae (7.7%) árbol y Podocarpaceae (6.1%) árbol<sup>16</sup>, que en su mayoría se desarrollan desde los 3000 m.s.n.m. muestran una constante en el nivel de páramo, se infiere un desarrollo en islas que interactúan entre el Superpáramo (Vegetación Nival) y el Bosque Altimontano, y que responde óptimamente a la temperatura media entre los límites mencionados.

La presencia mínima de Betulaceae (Alnus s.p. 1.6%) árbol<sup>17</sup> que se desarrolla en la actualidad desde los 3.000 m.s.n.m. nos indica una posible presencia accidental, por migración, o especiación. Chloranthaceae (Hedyosmum s.p. 3.5%) arbolito o árbol, con un bajo porcentaje de presencia durante el pleistoceno tardío y en comparación con los estudios actuales permiten inferir una desaparición gradual a tal punto que en la actualidad se registra una especie endémica catalogada como vulnerable entre las provincias de Loja y Zamora Chinchipe (León-Yáñez, 2019).

En base a los estudios de León-Yáñez (2019) se puede identificar un porcentaje elevado de endemismo por parte de la familia Poaceae, Asteraceae y Lycopodiaceae en el pasado pleistocénico tardío de la Laguna Chorreras (CAMS-26415) 11.030 cal. Yr. B.P.

---

<sup>16</sup> La caracterización o descripción común que se realizará de aquí en adelante en cada una de las muestras como: Árbol, arbusto hierba terrestre y helecho, han sido tomadas del Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Ecuador (León-Yáñez, et al. 2019).

<sup>17</sup> No se encontró en el Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Ecuador por lo que se recurrió a la búsqueda en otras fuentes que posibiliten identificar los datos faltantes. La fuente para su identificación en: [http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora\\_id=201&taxon\\_id=10101](http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=201&taxon_id=10101)

### 6.1.3. Laguna Rabadilla de Vaca (Erl-8375) 10.380 cal. Yr. B.P.

Para el 2009 Niemann caracteriza a la Laguna Rabadilla de Vaca a 3.312 m.s.n.m. con predominancia de hierba de páramo como resultado de las condiciones climáticas frías durante el pleistoceno tardío. Sugiere la constante interacción entre el límite herbáceo y el arbustivo. Hierbas que crecen a 1m de altura y algunas especies de arbustos que pueden llegar a medir entre 2 y 3 m de altura, los cuales finalmente a inicios del holoceno temprano avanzarán con vegetación arbustiva generando el retroceso del páramo a zonas más altas. (Lozano et al., 2003 en: Niemann, 2009). A continuación, se presenta el análisis de la muestra (Erl-8375) 10.380 cal. Yr. B.P.

Cuadro Porcentual N° 2: Porcentaje Paleopolínico de la Laguna Rabadilla de Vaca (Erl-8375) 10.380 cal. Yr. B.P. (Síntesis y Diseño del Autor)

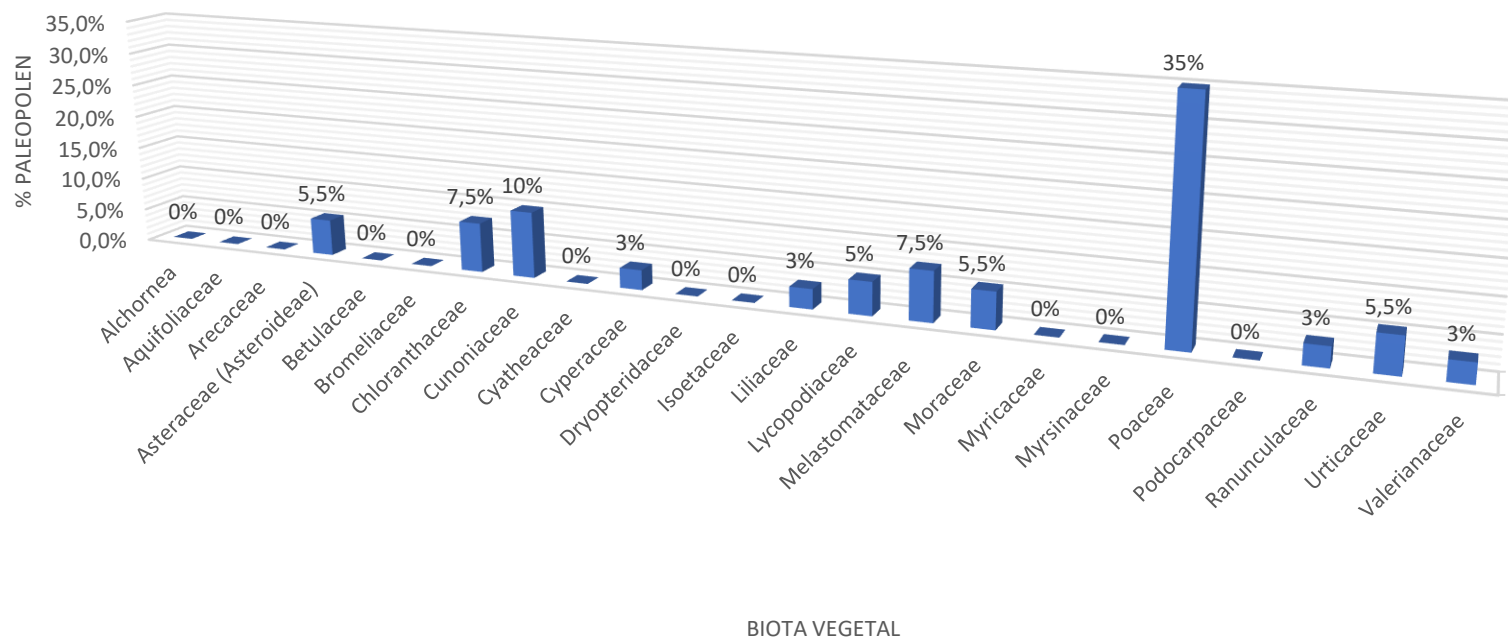
		Laguna Rabadilla de Vaca (Erl-8375) 10.380 cal. Yr. B.P.							
Familia	Género	%	Media	% Paleopolen	Zona	Profundidad de la Zona	cal. Yr. B.P.	Profundidad de la Muestra	Edad de la Muestra
Alchornea		0	0	0%	0	0	0	0	0
Aquifoliaceae	Ilex s.p.	0	0	0%	0	0	0	0	0
Arecaceae		0	0	0%	0	0	0	0	0
Asteraceae		3–8%	5.5%	5,5%	Zone RV-1	490–405 cm	11.700–8.990 cal. yr BP	450	10380 cal. yr BP
Betulaceae	Alnus s.p.	0	0	0%	0	0	0	0	0
Bromeliaceae	Puya s.p.	0	0	0%	0	0	0	0	0
Chloranthaceae	Hedyosmum s.p.	5–10%	7.5%	7,5%	Zone RV-1	490–405 cm	11.700–8.990 cal. yr BP	450	10380 cal. yr BP
Cunoniaceae	Weinmannia s.p.	8–12%	10%	10%	Zone RV-1	490–405 cm	11.700–8.990 cal. yr BP	450	10380 cal. yr BP
Cyatheaceae		0	0	0%	0	0	0	0	0
Cyperaceae		1–5%	3%	3%	Zone RV-1	490–405 cm	11.700–8.990 cal. yr BP	450	10380 cal. yr BP
Dryopteridaceae	Dryopteris s.p.	0	0	0%	0	0	0	0	0
Isoetaceae	Isoetes s.p.	0	0	0%	0	0	0	0	0

<b>Liliaceae</b>		1–5%	3%	3%	Zone RV-1	490–405 cm	11.700–8.990 cal. yr BP	450	10380 cal. yr BP
<b>Lycopodiaceae</b>	<b>Huperzia s.p.</b>	2–8%	5%	5%	Zone RV-1	490–405 cm	11.700–8.990 cal. yr BP	450	10380 cal. yr BP
<b>Melastomataceae</b>		5–10%	7.5%	7,5%	Zone RV-1	490–405 cm	11.700–8.990 cal. yr BP	450	10380 cal. yr BP
<b>Moraceae</b>		3–8%	5.5 %	5,5%	Zone RV-1	490–405 cm	11.700–8.990 cal. yr BP	450	10380 cal. yr BP
<b>Myricaceae</b>	<b>Myrica s.p.</b>	0	0	0%	0	0	0	0	0
<b>Myrsinaceae</b>	<b>Myrsine s.p.</b>	0	0	0%	0	0	0	0	0
<b>Poaceae</b>		30–40%	35%	35%	Zone RV-1	490–405 cm	11.700–8.990 cal. yr BP	450	10380 cal. yr BP
<b>Podocarpaceae</b>	<b>Podocarpus s.p.</b>	0	0	0%	0	0	0	0	0
<b>Ranunculaceae</b>	<b>Thalictrum s.p.</b>	1–5%	3%	3%	Zone RV-1	490–405 cm	11.700–8.990 cal. yr BP	450	10380 cal. yr BP
<b>Urticaceae</b>		3–8%	5.5 %	5,5%	Zone RV-1	490–405 cm	11.700–8.990 cal. yr BP	450	10380 cal. yr BP
<b>Valerianaceae</b>	<b>Valeriana s.p.</b>	1–5%	3%	3%	Zone RV-1	490–405 cm	11.700–8.990 cal. yr BP	450	10380 cal. yr BP

Fuente: Niemann et al., 2009; Brunschon & Behling, 2010.

Gráfico Porcentual N° 2: Porcentaje Paleopolen Laguna Rabadilla de Vaca (Erl-8375) 10.380 cal. Yr. B.P. (Síntesis y Diseño del Autor)

### Laguna Rabadilla de Vaca (Erl-8375) 10.380 cal. Yr. B.P.



Fuente: Niemann et al., 2009; Brunschon & Behling, 2010.

La muestra de la Laguna Rabadilla de Vaca (Erl-8375) 10.380 cal. Yr. B.P., a través del análisis porcentual Paleopolínico indica la presencia elevada de Poaceae (35%) hierba terrestre y Cunoniaceae (*Weinmannia* s.p. 10%) arbusto, por lo que se infiere un aumento brusco de temperatura, que alteró el frío constante, puesto que existe un % elevado de Poaceae, pero con presencia de *Weinmannia*, la cual se desarrolla a alturas más bajas (páramo arbustivo) y por tanto en temperaturas más elevadas. También se puede confirmar el avance simultáneo del páramo hacia las zonas más bajas, puesto que en comparación con los datos actuales (Tabla 2, 3, 4, 5, en el Cap. 6) la familia Poaceae se está desarrollando en tiempos pretéritos 688 metros más abajo que el límite actual. Lo que significa que la vegetación y el límite Subnival del páramo superior se extiende por las zonas bajas del páramo pleistocénico colindando entre el páramo Subnival y el páramo arbustivo.

La presencia media de las familias Asteraceae (Asteroideae) (5.5%) hierba terrestre, Chloranthaceae (*Hedyosmum* s.p. 7.5%) arbolito o árbol, Lycopodiaceae (*Huperzia* s.p. 5%) helecho terrestre, Melastomataceae (7.5%) arbusto, Moraceae (5.5 %) árbol, Urticaceae (5.5 %) subarbusto o hierba terrestre, que en su mayoría representan árboles y arbustos demuestra un incremento de la temperatura, y el avance del bosque de páramo hacia sectores más altos de la cordillera. A la vez por la presencia de varias especies de árboles y arbustos se confirma que el avance de la frontera arbórea o línea forestal, no es accidental o a manera de islas como es el caso de la laguna Chorreras.

La presencia mínima de Cyperaceae (3%) hierba terrestre, Liliaceae (3%) hierba terrestre, Ranunculaceae (*Thalictrum* s.p. 3%) hierba terrestre, Valerianaceae (*Valeriana* s.p. 3%) arbusto o hierba terrestre, confirma que el páramo Subnival pleistocénico perdió fuerza en su avance hacia zonas bajas de la cordillera confirmando la teoría de Niemann (2009) sobre el retroceso del páramo a zonas más altas.

En base a los estudios de León-Yáñez (2019) se puede identificar un porcentaje elevado de endemismo por parte de la familia Poaceae, Asteraceae, Melastomataceae y Lycopodiaceae en el pasado pleistocénico tardío de la Laguna Rabadilla de Vaca (Erl-8375) 10.380 cal. Yr. B.P.

#### 6.1.4. Laguna Pallcacocha 2 (AA-27026) 9.700 cal. Yr. B.P.

Para Rodbell (1999; 2002) y Hansen (2003) la Laguna Pallcacocha 2 a 4.060 m.s.n.m. es caracterizada por amplias adaptaciones de bosques forestales tropicales, los cuales son el resultado de amplias fluctuaciones de temperatura y humedad en las diferentes cotas altitudinales (Hansen, 2003). A continuación, se presenta el análisis de la muestra (AA-27026) 9.700 cal. Yr. B.P.

Cuadro Porcentual N° 3: Porcentaje Paleopolínico de la Laguna Pallcacocha 2 (AA-27026) 9.700 cal. Yr. B.P. (Síntesis y Diseño del Autor)

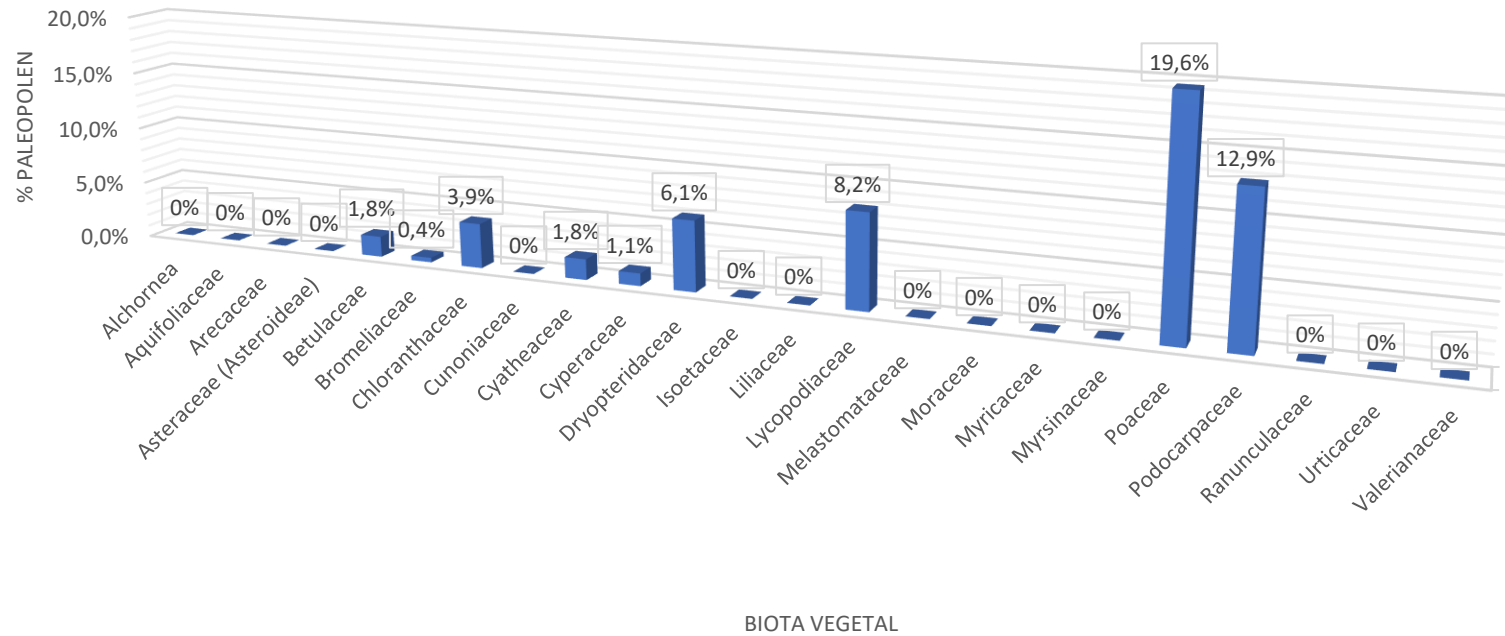
		Laguna Pallcacocha 2 (AA-27026) 9.700 cal. Yr. B.P.							
Familia	Género	%	Media	% Paleopolen	Zona	Profundidad de la Zona	cal. Yr. B.P.	Profundidad de la Muestra	Edad de la Muestra
Alchornea		0		0%	0	0	0	0	0
Aquifoliaceae	Ilex s.p.	0		0%	0	0	0	0	0
Arecaceae		0		0%	0	0	0	0	0
Asteraceae		0		0%	0	0	0	0	0
Betulaceae	Alnus s.p.	1.8%		1,8%	Zone Pa2-C	690-650 cm	10.200-9.000 cal. yr. BP	656.5	9.700
Bromeliaceae	Puya s.p.	0.4%		0,4%	Zone Pa2-C	690-650 cm	10.200-9.000 cal. yr. BP	656.5	9.700
Chloranthaceae	Hedyosmum s.p.	3.9%		3,9%	Zone Pa2-C	690-650 cm	10.200-9.000 cal. yr. BP	656.5	9.700
Cunoniaceae	Weinmannia s.p.	0		0%	0	0	0	0	0
Cyatheaceae		1.8%		1,8%	Zone Pa2-C	690-650 cm	10.200-9.000 cal. yr. BP	656.5	9.700
Cyperaceae		1.1%		1,1%	Zone Pa2-C	690-650 cm	10.200-9.000 cal. yr. BP	656.5	9.700
Dryopteridaceae	Dryopteris s.p.	6.1%		6,1%	Zone Pa2-C	690-650 cm	10.200-9.000 cal. yr. BP	656.5	9.700
Isoetaceae	Isoetes s.p.	0		0%	0	0	0	0	0
Liliaceae		0		0%	0	0	0	0	0
Lycopodiaceae	Huperzia s.p.	8.2%		8,2%	Zone Pa2-C	690-650 cm	10.200-9.000 cal. yr. BP	656.5	9.700
Melastomataceae		0		0%	0	0	0	0	0

<b>Moraceae</b>		0		0%	0	0	0	0	0
<b>Myricaceae</b>	<b>Myrica s.p.</b>	0		0%	0	0	0	0	0
<b>Myrsinaceae</b>	<b>Myrsine s.p.</b>	0		0%	0	0	0	0	0
<b>Poaceae</b>		19.6%		19,6%	Zone Pa2-C	690-650 cm	10.200-9.000 cal. yr. BP	656.5	9.700
<b>Podocarpaceae</b>	<b>Podocarpus s.p.</b>	12.9%		12,9%	Zone Pa2-C	690-650 cm	10.200-9.000 cal. yr. BP	656.5	9.700
<b>Ranunculaceae</b>	<b>Thalictrum s.p.</b>	0		0%	0	0	0	0	0
<b>Urticaceae</b>		0		0%	0	0	0	0	0
<b>Valerianaceae</b>	<b>Valeriana s.p.</b>	0		0%	0	0	0	0	0

Fuente: Rodbell et al., 2002; NeoToma, 2020.

Gráfico Porcentual N° 3: Porcentaje Paleopolen Laguna Pallcacocha 2 (AA-27026) 9.700 cal. Yr. B.P. (Síntesis y Diseño del Autor)

### Laguna Pallcacocha 2 (AA-27026) 9.700 cal. Yr. B.P.



Fuente: Rodbell et al., 2002; NeoToma, 2020.

La muestra de la Laguna Pallcacocha 2 (AA-27026) 9.700 cal. Yr. B.P., refleja a través del análisis porcentual Paleopolínico la presencia elevada de Poaceae (19.6%) y Podocarpaceae (Podocarpus s.p. 12.9%) arbusto, por lo que se infiere en comparación con los datos actuales (Tabla 2, 3, 4, 5, en el Cap. 6), un paisaje mixto semejante al actual, donde existe un relativo equilibrio entre la línea forestal, el páramo y la línea subnival. En comparación a las muestras anteriores, el páramo ha retrocedido a zonas más altas similares a las actuales, se puede inferir que inicia el holoceno temprano, tornándose un clima aparentemente semejante al actual.

La presencia media de Lycopodiaceae (Huperzia s.p. 8.2%) helecho terrestre, Dryopteridaceae (Dryopteris s.p. 6.1%) helecho terrestre o epífita, refleja la transición climática por la que la biota vegetal está transitando hacia un clima cálido desplazando así a la vegetación Subnival a áreas más elevadas de la cordillera.

La presencia baja de Chloranthaceae (Hedyosmum s.p. 3.9%) arbolito o árbol, Betulaceae (Alnus s.p. 1.8%) árbol<sup>18</sup>, Cyatheaceae (1.8%) helecho arborescente, permite inferir que son los primeros brotes y avances de familias de bosque andino, mientras que la aparición muy pobre de Cyperaceae (1.1%) hierba terrestre y Bromeliaceae (Puya s.p. 0.4%) hierba epífita, representarían el retroceso de las hierbas de origen Subnival.

En base a los estudios de León-Yáñez (2019) se puede identificar un porcentaje elevado de endemismo por parte de la familia Poaceae, Bromeliaceae y Lycopodiaceae en el pasado holocénico temprano de la Laguna Pallcacocha 2 (AA-27026) 9.700 cal. Yr. B.P.

---

<sup>18</sup> No se encontró en el Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Ecuador por lo que se recurrió a la búsqueda en otras fuentes que posibiliten identificar los datos faltantes. La fuente para su identificación en: [http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora\\_id=201&taxon\\_id=10101](http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=201&taxon_id=10101)

### 6.1.5. Cerro Toledo CT (Erl-11397) 9.056 cal. Yr. B.P.

Cerro Toledo datada a 3.110 m.s.n.m. por Brunschon & Behling (2009) y Brunschon & Behling (2010) nos proporciona datos de condiciones frías y húmedas durante el pleistoceno tardío, lo que posteriormente cambiará a un clima más cálido que ocurrió probablemente entre el 9.300 y el 8.500 cal. Yr. BP. Posterior a esto la vegetación de páramo se expandió dominando la familia Poaceae, lo que sugiere un cambio a condiciones más frías (Brunschon & Behling, 2009). A continuación, se presenta el análisis de la muestra Erl-11397) 9.056 cal. Yr. B.P.

Cuadro Porcentual N° 4: Porcentaje Paleopolínico Cerro Toledo CT (Erl-11397) 9.056 cal. Yr. B.P. (Síntesis y Diseño del Autor)

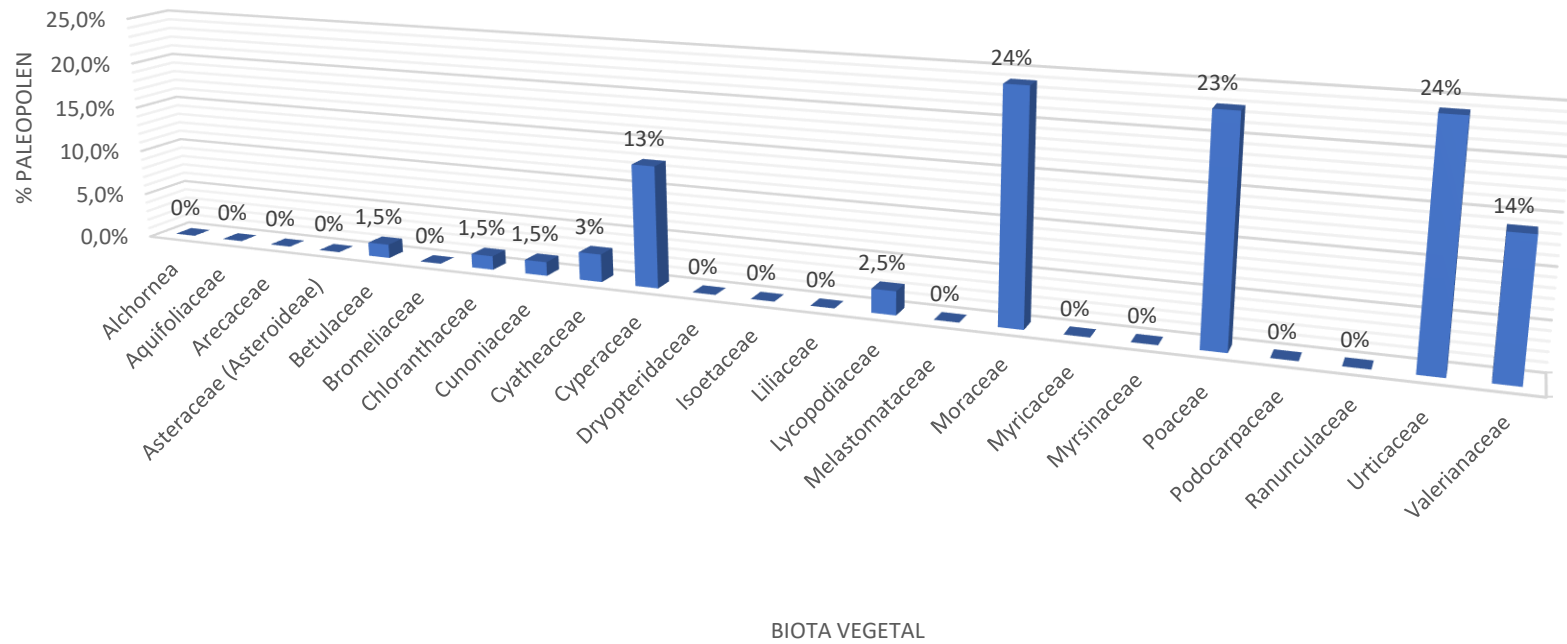
		Cerro Toledo CT (Erl-11397) 9.056 cal. Yr. B.P.							
Familia	Género	%	Media	% Paleopolen	Zona	Profundidad de la Zona	cal. Yr. B.P.	Profundidad de la Muestra	Edad de la Muestra
Alchornea		0	0	0%	0	0	0	0	0
Aquifoliaceae	<i>Ilex s.p.</i>	0	0	0%	0	0	0	0	0
Arecaceae		0	0	0%	0	0	0	0	0
Asteraceae		0	0	0%	0	0	0	0	0
Betulaceae	<i>Alnus s.p.</i>	2-1%	1.5%	1,5%	Zone CT-III	107-81 cm	14.000-8.600 cal yr BP	83-84	9.056
Bromeliaceae	<i>Puya s.p.</i>	0	0	0%	0	0	0	0	0
Chloranthaceae	<i>Hedyosmum s.p.</i>	2-1%	1.5%	1,5%	Zone CT-III	107-81 cm	14.000-8.600 cal yr BP	83-84	9.056
Cunoniaceae	<i>Weinmannia s.p.</i>	2-1%	1.5%	1,5%	Zone CT-III	107-81 cm	14.000-8.600 cal yr BP	83-84	9.056
Cyatheaceae		1-5%	3%	3%	Zone CT-III	107-81 cm	14.000-8.600 cal yr BP	83-84	9.056
Cyperaceae		13%		13%	Zone CT-III	107-81 cm	14.000-8.600 cal yr BP	83-84	9.056
Dryopteridaceae	<i>Dryopteris s.p.</i>	0	0	0%	0	0	0	0	0
Isoetaceae	<i>Isoetes s.p.</i>	0	0	0%	0	0	0	0	0
Liliaceae		0	0	0%	0	0	0	0	0
Lycopodiaceae	<i>Huperzia s.p.</i>	1-4%	2.5%	2,5%	Zone CT-III	107-81 cm	14.000-8.600 cal yr BP	83-84	9.056

<b>Melastomataceae</b>		0	0	0%	0	0	0	0	0
<b>Moraceae</b>		24%		24%	Zone CT-III	107–81 cm	14.000–8.600 cal yr BP	83–84	9.056
<b>Myricaceae</b>	<b>Myrica s.p.</b>	0	0	0%	0	0	0	0	0
<b>Myrsinaceae</b>	<b>Myrsine s.p.</b>	0	0	0%	0	0	0	0	0
<b>Poaceae</b>		23%		23%	Zone CT-III	107–81 cm	14.000–8.600 cal yr BP	83–84	9.056
<b>Podocarpaceae</b>	<b>Podocarpus s.p.</b>	0	0	0%	0	0	0	0	0
<b>Ranunculaceae</b>	<b>Thalictrum s.p.</b>	0	0	0%	0	0	0	0	0
<b>Urticaceae</b>		24%		24%	Zone CT-III	107–81 cm	14.000–8.600 cal yr BP	83–84	9.056
<b>Valerianaceae</b>	<b>Valeriana s.p.</b>	14%		14%	Zone CT-III	107–81 cm	14.000–8.600 cal yr BP	83–84	9.056

Fuente: Brunschon & Behling, 2009; Brunschon & Behling, 2010.

Gráfico Porcentual N° 4: Porcentaje Paleopolen Cerro Toledo CT (Erl-11397) 9.056 cal. Yr. B.P. (Síntesis y Diseño del Autor)

Cerro Toledo CT (Erl-11397) 9.056 cal. Yr. B.P.



Fuente: Brunschon & Behling, 2009; Brunschon & Behling, 2010.

La muestra del Cerro Toledo CT (Erl-11397) 9.056 cal. Yr. B.P., a través del análisis porcentual Paleopolínico refleja la presencia elevada de Moraceae (24%) árbol, Urticaceae (24%) subarbusto o hierba terrestre, Poaceae (23%) hierba terrestre, Valerianaceae (Valeriana s.p. 14%) arbusto o hierba terrestre, Cyperaceae (13%) hierba terrestre, por lo que se infiere en comparación con los datos actuales (Tabla 2, 3, 4, 5, en el Cap. 6) un paisaje dominado por vegetación arbórea y arbustiva que comparten con hierbas subnavales como las Poaceae. Por lo que se puede inferir un aumento de la temperatura, y por tanto el retroceso del páramo y de la línea subnival a zonas más elevadas de la cordillera. Demostrando así la teoría de Brunshon & Behling (2009) de un paleoclima más cálido entre el 9.300 y el 8.500 cal. Yr. BP.

La presencia baja de Cyatheaceae (3%) helecho arborescente, Betulaceae (Alnus s.p. 1.5%) árbol, Chloranthaceae (Hedyosmum s.p. 1.5%) arbolito o árbol y Cunoniaceae (Weinmannia s.p. 1.5%) arbusto, que en su mayoría son árboles o arbustos nos indica un avance paulatino de estas especies debido a su termosensibilidad, pues se van adaptando de a poco al nuevo paleoclima. La familia Lycopodiaceae (Huperzia s.p. 2.5%) hierba terrestre, al encontrarse en un bajo porcentaje, y aislada de las Poaceae podría reflejar la desaparición paulatina debido al incremento de la temperatura y la poca adaptabilidad a la nueva realidad paleoclimática.

En base a los estudios de León-Yáñez (2019) se puede identificar un porcentaje elevado de endemismo por parte de la familia Poaceae y Lycopodiaceae en el pasado holocénico temprano del Cerro Toledo CT (Erl-11397) 9.056 cal. Yr. B.P.

### 6.1.6. El Tiro (Erl-8898) 8.713 cal. Yr. B.P.

Para Niemann & Behling (2008), el páramo de El Tiro a 2.810 m.s.n.m. para el pleistoceno tardío es muy rico en hierbas terrestres como “Poaceae, Plantago rigida y Plantago australis, reflejando condiciones climáticas frías y húmedas”<sup>19</sup> (Niemann & Behling, 2008: 203). Durante el Holoceno temprano hacia el 8.900 cal. año BP, la vegetación comenzó a expandirse levemente, indicando un calentamiento gradual. Del 8.900 al 3.300 cal. año BP el avance de un bosque, reflejado en el aumento de Hedyosmun, Podocarpaceae, Myrsine e Ilex sugiere un clima más cálido que el actual a esta altura (Niemann & Behling, 2008). A continuación, se presenta el análisis de la muestra (Erl-8898) 8.713 cal. Yr. B.P.

Cuadro Porcentual N° 5: Porcentaje Paleopolínico El Tiro (Erl-8898) 8.713 cal. Yr. B.P. (Síntesis y Diseño del Autor)

		El Tiro (Erl-8898) 8.713 cal. Yr. B.P.							
Familia	Género	%	Media	% Paleopolen	Zona	Profundidad de la Zona	cal. Yr. B.P.	Profundidad de la Muestra	Edad de la Muestra
Alchornea		0–2%	1%	1%	Zone ET-4	78–64 cm	8.900–6.200 cal. yr BP	77	8.713
Aquifoliaceae	Ilex s.p.	3-8%	5.5%	5,5%	Zone ET-4	78–64 cm	8.900–6.200 cal. yr BP	77	8.713
Arecaceae		0–2%	1%	1%	Zone ET-4	78–64 cm	8.900–6.200 cal. yr BP	77	8.713
Asteraceae		0	0	0%	0	0	0	0	0
Betulaceae	Alnus s.p.	0	0	0%	0	0	0	0	0
Bromeliaceae	Puya s.p.	0	0	0%	0	0	0	0	0
Chloranthaceae	Hedyosmum s.p.	5–15%	10%	10%	Zone ET-4	78–64 cm	8.900–6.200 cal. yr BP	77	8.713
Cunoniaceae	Weinmannia s.p.	10–15%	12.5%	12,5%	Zone ET-4	78–64 cm	8.900–6.200 cal. yr BP	77	8.713
Cyatheaceae		0	0	0%	0	0	0	0	0
Cyperaceae		0	0	0%	0	0	0	0	0
Dryopteridaceae	Dryopteris s.p.	0	0	0%	0	0	0	0	0

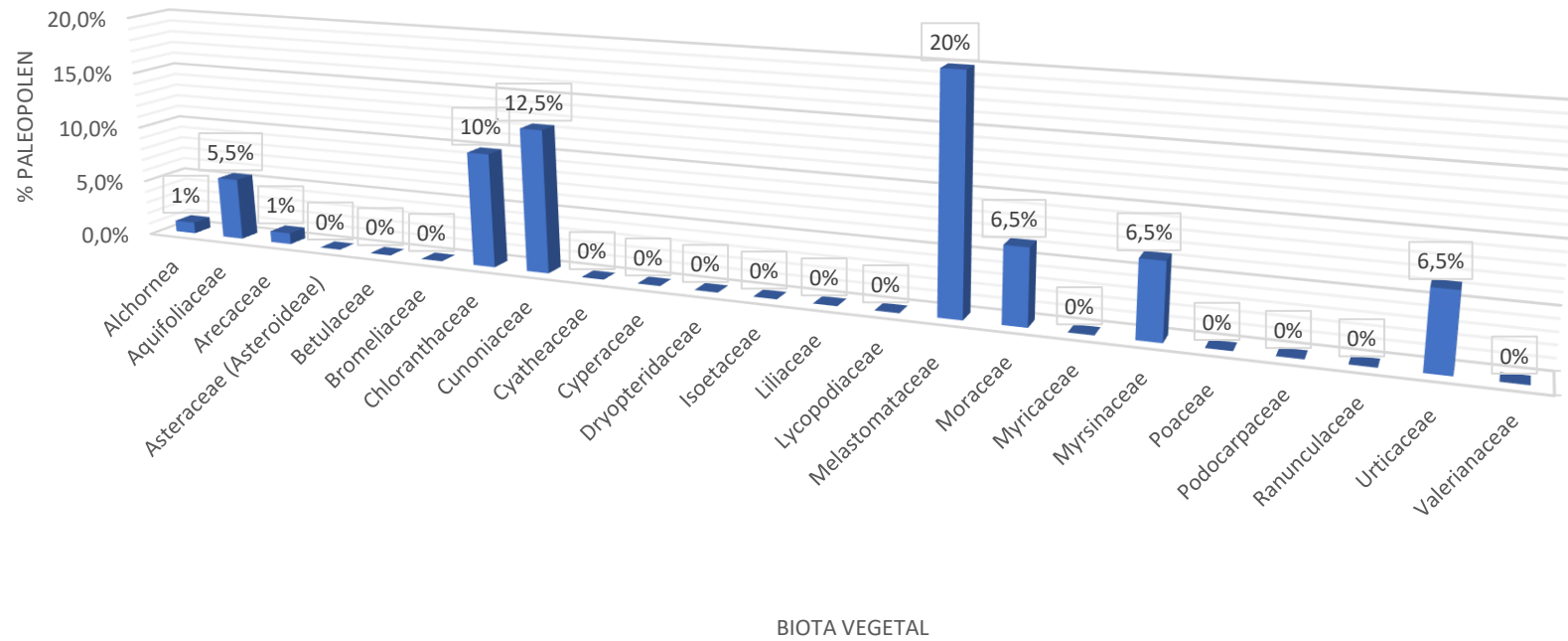
<sup>19</sup> Traducido por el autor.

<b>Isoetaceae</b>	<b>Isoetes s.p.</b>	0	0	0%	0	0	0	0	0
<b>Liliaceae</b>		0	0	0%	0	0	0	0	0
<b>Lycopodiaceae</b>	<b>Huperzia s.p.</b>	0	0	0%	0	0	0	0	0
<b>Melastomataceae</b>		15–25%	20%	20%	Zone ET-4	78–64 cm	8.900–6.200 cal. yr BP	77	8.713
<b>Moraceae</b>		5–8%	6.5%	6,5%	Zone ET-4	78–64 cm	8.900–6.200 cal. yr BP	77	8.713
<b>Myricaceae</b>	<b>Myrica s.p.</b>	0	0	0%	0	0	0	0	0
<b>Myrsinaceae</b>	<b>Myrsine s.p.</b>	3–10%	6.5%	6,5%	Zone ET-4	78–64 cm	8.900–6.200 cal. yr BP	77	8.713
<b>Poaceae</b>		0	0	0%	0	0	0	0	0
<b>Podocarpaceae</b>	<b>Podocarpus s.p.</b>	0	0	0%	0	0	0	0	0
<b>Ranunculaceae</b>	<b>Thalictrum s.p.</b>	0	0	0%	0	0	0	0	0
<b>Urticaceae</b>		5–8%	6.5%	6,5%	Zone ET-4	78–64 cm	8.900–6.200 cal. yr BP	77	8.713
<b>Valerianaceae</b>	<b>Valeriana s.p.</b>	0	0	0%	0	0	0	0	0

Fuente: Niemann & Behling, 2008.

Gráfico Porcentual N° 5: Porcentaje Paleopolen El Tiro (Erl-8898) 8.713 cal. Yr. B.P. (Síntesis y Diseño del Autor)

### El Tiro (Erl-8898) 8.713 cal. Yr. B.P.



Fuente: Niemann & Behling, 2008.

Si bien para el pleistoceno tardío Niemann & Behling (2008) data una vegetación característica del páramo Subnival a 2.810 m.s.n.m. o sea 1.190 m. más abajo del actual límite Subnival, que indica un avance considerable del páramo hacia las zonas bajas de la cordillera; para el holoceno temprano época a la que corresponde esta muestra, presenta un cambio fortísimo con la presencia de Melastomataceae (20%) arbusto, Cunoniaceae (*Weinmannia* s.p. 12.5%) arbusto, Chloranthaceae (*Hedyosmum* s.p. 10%) arbolito o árbol. Esto nos permite inferir un avance y expansión de la biota vegetal arbustiva y arbórea hacia las zonas altas de la cordillera, por lo tanto, deducimos un incremento radical de la temperatura.

Si bien en comparación con los datos actuales (Tabla 2, 3, 4, 5, en el Cap. 6) a esta altura (El Tiro a 2.810 m.s.n.m.) es una zona Arbórea y arbustiva, hay que considerar que para el pleistoceno tardío Niemann & Behling (2008) datan vegetación Subnival, lo que para esta muestra significa el retroceso de los páramos por el incremento de la temperatura en comparación con las muestras del pleistoceno tardío. Este evento es claramente notorio, debido a la total ausencia de la familia Poaceae bien datada por Niemann & Behling (2008) en muestras anteriores para las épocas del pleistoceno tardío, y que también ha caracterizado los páramos fríos húmedos del holoceno temprano y el páramo actual. Esta muestra indica un fuerte cambio de la biota vegetal tras la ausencia de Poaceae, confirmando el incremento de la temperatura en la cordillera hacia el 8.713 B.P.

De igual manera, la presencia media de Moraceae (6.5%) árbol, Myrsinaceae (*Myrsine* s.p. 6.5%) árbol, Urticaceae (6.5%) subarbusto o hierba terrestre, Aquifoliaceae (*Ilex* s.p. 5.5%) árbol<sup>20</sup>, que en su mayoría son arbusto o árboles muestran un incremento de la temperatura, por lo tanto, el avance hacia zonas más altas de los páramos arbustivos, y bosques de páramo.

Con la presencia mínima de Alchornea (1%) árbol, Arecaceae (1%) Arbusto o árbol, y la presencia media de árboles y arbustos mencionados anteriormente se determina que el avance sigue siendo progresivo, pues son las muestras de familias vegetales que avanzan hacia zonas más altas y muestran sus primeros brotes tras un calentamiento progresivo del paleoclima.

---

<sup>20</sup> No se encontró en el Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Ecuador por lo que se recurrió a la búsqueda en otras fuentes que posibiliten identificar los datos faltantes. La fuente para su identificación en: [http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora\\_id=201&taxon\\_id=10055](http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=201&taxon_id=10055)

En base a los estudios de León-Yáñez (2019) se puede identificar un porcentaje elevado de endemismo por parte de la familia Melastomataceae en el pasado holocénico temprano en el paso El Tiro (Erl-8898) 8.713 cal. Yr. B.P.

### 6.1.7. Laguna Chorreras (CAMS-26407) 8.620 cal. Yr. B.P.

La investigación de Hansen (2003) correspondiente a la Laguna Chorreras (Holoceno temprano) a 3.700 m.s.n.m., representa un acercamiento a entender el paleoclima a través del análisis de la biota vegetal. Donde registra para el período holocénico temprano la expansión de los bosques montanos húmedos, dominando el área la línea forestal (Hansen et al, 2003). A continuación, se presenta el análisis de la muestra (CAMS-26407) 8.620 cal. Yr. B.P. datada hacia el 8.620 B.P. correspondiente a la presente investigación. Se ha tomado el punto de control N° 18 de la plataforma virtual NeoToma con el finde identificar los porcentajes polínicos.

Cuadro Porcentual N° 6: Porcentaje Paleopolínico Laguna Chorreras (CAMS-26407) 8.620 cal. Yr. B.P. (Síntesis y Diseño del Autor)

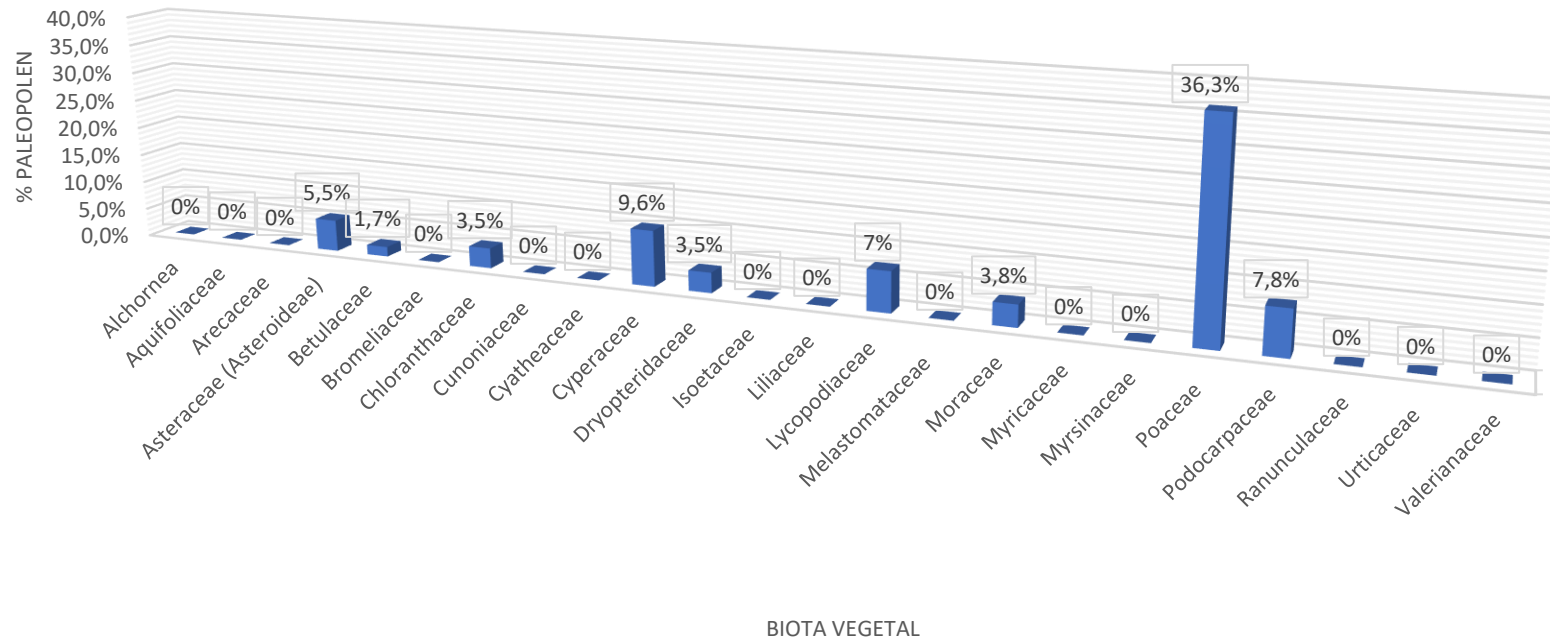
		Laguna Chorreras (CAMS-26407) 8.620 cal. Yr. B.P. Punto de Control N° 18 en NeoToma							
Familia	Género	%	Media	% Paleopolen	Zona	Profundidad de la Zona	cal. Yr. B.P.	Profundidad de la Muestra	Edad de la Muestra
Alchornea		0		0%	0	0	0	0	0
Aquifoliaceae	Ilex s.p.	0		0%	0	0	0	0	0
Arecaceae		0		0%	0	0	0	0	0
Asteraceae		5.5%		5,5%	Zone Ch2-C	220-180 cm	9.000-7.000 cal. yr BP	215-217	8.620
Betulaceae	Alnus s.p.	1.7%		1,7%	Zone Ch2-C	220-180 cm	9.000-7.000 cal. yr BP	215-217	8.620
Bromeliaceae	Puya s.p.	0		0%	0	0	0	0	0
Chloranthaceae	Hedyosmum s.p.	3.5%		3,5%	Zone Ch2-C	220-180 cm	9.000-7.000 cal. yr BP	215-217	8.620
Cunoniaceae	Weinmannia s.p.	0		0%	0	0	0	0	0
Cyatheaceae		0		0%	0	0	0	0	0
Cyperaceae		9.6%		9,6%	Zone Ch2-C	220-180 cm	9.000-7.000 cal. yr BP	215-217	8.620
Dryopteridaceae	Dryopteris s.p.	3.5%		3,5%	Zone Ch2-C	220-180 cm	9.000-7.000 cal. yr BP	215-217	8.620
Isoetaceae	Isoetes s.p.	0		0%	0	0	0	0	0

<b>Liliaceae</b>		0		0%	0	0	0	0	0
<b>Lycopodiaceae</b>	<b>Huperzia s.p.</b>	7.0%		7%	Zone Ch2-C	220-180 cm	9.000-7.000 cal. yr BP	215-217	8.620
<b>Melastomataceae</b>		0		0%	0	0	0	0	0
<b>Moraceae</b>		3.8%		3,8%	Zone Ch2-C	220-180 cm	9.000-7.000 cal. yr BP	215-217	8.620
<b>Myricaceae</b>	<b>Myrica s.p.</b>	0		0%	0	0	0	0	0
<b>Myrsinaceae</b>	<b>Myrsine s.p.</b>	0		0%	0	0	0	0	0
<b>Poaceae</b>		36.3%		36,3%	Zone Ch2-C	220-180 cm	9.000-7.000 cal. yr BP	215-217	8.620
<b>Podocarpaceae</b>	<b>Podocarpus s.p.</b>	7.8%		7,8%	Zone Ch2-C	220-180 cm	9.000-7.000 cal. yr BP	215-217	8.620
<b>Ranunculaceae</b>	<b>Thalictrum s.p.</b>	0		0%	0	0	0	0	0
<b>Urticaceae</b>		0		0%	0	0	0	0	0
<b>Valerianaceae</b>	<b>Valeriana s.p.</b>	0		0%	0	0	0	0	0

Fuente: Rodbell et al., 2002; Hansen et al., 2003; NeoToma, 2020.

Gráfico Porcentual N° 6: Porcentaje Paleopolen Laguna Chorreras (CAMS-26407) 8.620 cal. Yr. B.P. (Síntesis y Diseño del Autor)

### Laguna Chorreras (CAMS-26407) 8.620 cal. Yr. B.P.



Fuente: Rodbell et al., 2002; Hansen et al., 2003; NeoToma, 2020.

La muestra (CAMS-26407) 8.620 cal. Yr. B.P. Laguna Chorreras por medio del análisis porcentual paleopolínico detalla una presencia elevada de Poaceae (36.3%) hierba terrestre. Considerando que la altura de la Laguna Chorreras es de 3.700 m.s.n.m. y en comparación con los datos actuales (Línea Subnival. 4.000 m.s.n.m.) (Tabla 2, 3, 4, 5, en el Cap. 6), se puede inferir que la vegetación y el límite subnival está 300 m. más abajo de lo actual, demostrando una temperatura más baja que permite el avance del páramo subnival hacia zonas más bajas de la cordillera.

Por lo mencionado la presencia media de Cyperaceae (9.6%) hierba terrestre, Podocarpaceae (7.8%) árbol, Lycopodiaceae (*Huperzia* s.p. 7.0%) hierba terrestre, Asteroideae (5.5%) hierba terrestre, demuestra la predominancia de biota vegetal característica del páramo subnival (exceptuando Podocarpaceae = árbol), lo que contradice en parte la propuesta de Hansen (2003) donde afirma una dominancia de vegetación arbórea y arbustiva. Sin embargo, es la presente investigación y sus limitantes temporales como se ha mencionado anteriormente, los que no permiten el análisis de todas las muestras que van desde el pleistoceno (17.500 – 15.000 cal. Yr. B.P. hasta el holoceno (1800 yr B.P.) para la Laguna Chorreras (Hansen, 2003). Pues el fin de la presente es el estudio de la transición pleistoceno tardío (12.000) al holoceno temprano (8.000) en la cual la única muestra que cabe al estudio es de la que se realiza el presente análisis.

La presencia baja de Moraceae (3.8%) árbol, Chloranthaceae (*Hedyosmum* s.p. 3.5%) arbolito o árbol, Dryopteridaceae (*Dryopteris* s.p. 3.5%) helecho terrestre o epífita, Betulaceae (*Alnus* s.p. 1.7%) árbol, que representan a la vegetación de menor altura (Árboles y arbustos) permite inferir en conjunto con el análisis de Hansen (2003) que son los primeros brotes de vegetación arbórea y arbustiva que dominará el área en el holoceno temprano y estaría reflejando el inicio de un incremento en la temperatura y de cierta manera coincidiendo con el análisis de Hansen (2003), a no ser que representen islas, o especiación de este pequeño grupo vegetal.

En base a los estudios de León-Yáñez (2019) se puede identificar un porcentaje elevado de endemismo por parte de la familia Asteraceae (Asteroideae), Poaceae y Lycopodiaceae en el pasado holocénico temprano de la Laguna Chorreras (CAMS-26407) 8.620 cal. Yr. B.P.

### 6.1.8. Laguna Cocha Caranga (Erl-11395) 8.256 cal. Yr. B.P.

Para Niemann & Behling (2009) su estudio acerca de la Laguna Cocha Caranga ubicada a 2.710 m.s.n.m. sugiere un aumento de temperatura y humedad hacia el holoceno, se estableció una vegetación de hierba abierta. Se produjeron óptimas condiciones climáticas para el desarrollo de biota vegetal de páramo y subpáramo (Niemann & Behling, 2009). A continuación, se presenta el análisis de la muestra (Erl-11395) 8.256 cal. Yr. B.P.

Cuadro Porcentual N° 7: Porcentaje Paleopolínico Laguna Cocha Caranga (Erl-11395) 8.256 cal. Yr. B.P. (Síntesis y Diseño del Autor)

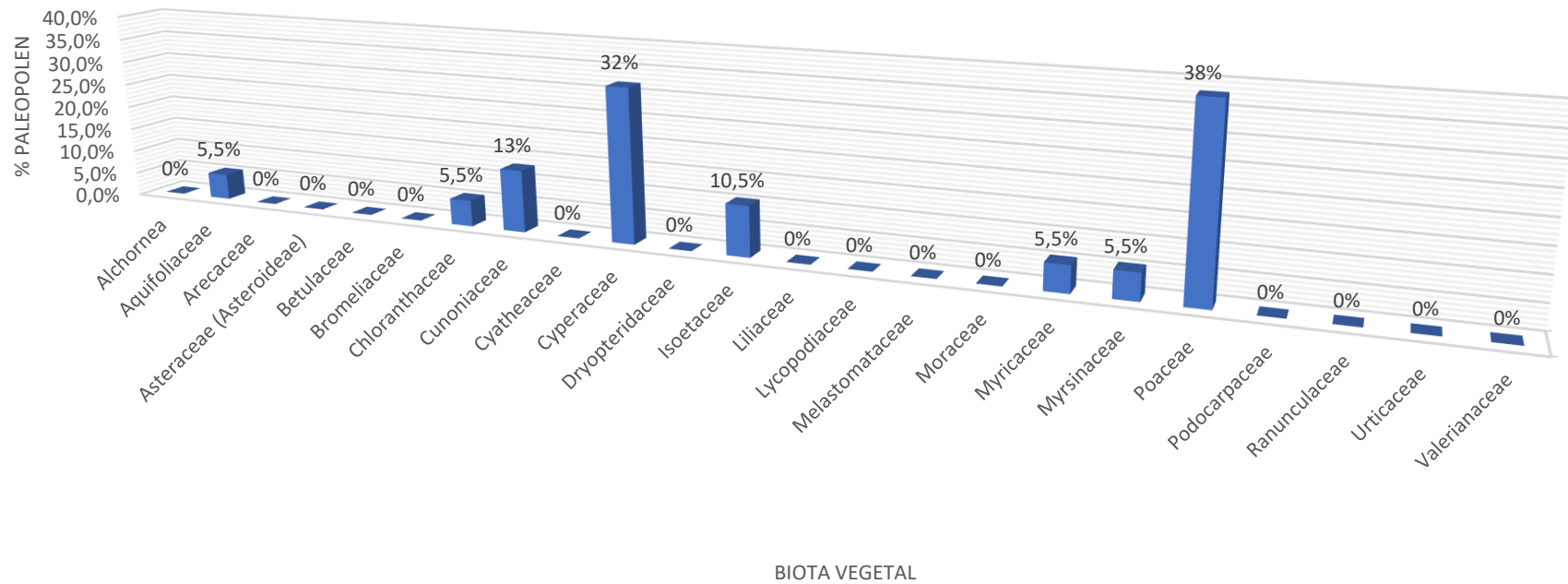
		Laguna Cocha Caranga (Erl-11395) 8.256 cal. Yr. B.P.							
Familia	Género	%	Media	% Paleopolen	Zona	Profundidad de la Zona	cal. Yr. B.P.	Profundidad de la Muestra	Edad de la Muestra
Alchornea		0	0	0%	0	0	0	0	0
Aquifoliaceae	<i>Ilex s.p.</i>	3-8%	5.5%	5,5%	Zone CL-2	57-49 cm	9.700-6.900 cal yr BP	55	8.256
Arecaceae		0	0	0%	0	0	0	0	0
Asteraceae		0	0	0%	0	0	0	0	0
Betulaceae	<i>Alnus s.p.</i>	0	0	0%	0	0	0	0	0
Bromeliaceae	<i>Puya s.p.</i>	0	0	0%	0	0	0	0	0
Chloranthaceae	<i>Hedyosmum s.p.</i>	3-8%	5.5%	5,5%	Zone CL-2	57-49 cm	9.700-6.900 cal yr BP	55	8.256
Cunoniaceae	<i>Weinmannia s.p.</i>	11-15%	13%	13%	Zone CL-2	57-49 cm	9.700-6.900 cal yr BP	55	8.256
Cyatheaceae		0	0	0%	0	0	0	0	0
Cyperaceae		32%		32%	Zone CL-2	57-49 cm	9.700-6.900 cal yr BP	55	8.256
Dryopteridaceae	<i>Dryopteris s.p.</i>	0	0	0%	0	0	0	0	0
Isoetaceae	<i>Isoetes s.p.</i>	6-15%	10.5%	10,5%	Zone CL-2	57-49 cm	9.700-6.900 cal yr BP	55	8.256
Liliaceae		0	0	0%	0	0	0	0	0
Lycopodiaceae	<i>Huperzia s.p.</i>	0	0	0%	0	0	0	0	0

<b>Melastomataceae</b>		0	0	0%	0	0	0	0	0
<b>Moraceae</b>		0	0	0%	0	0	0	0	0
<b>Myricaceae</b>	<b>Myrica s.p.</b>	3-8%	5.5%	5,5%	Zone CL-2	57-49 cm	9.700-6.900 cal yr BP	55	8.256
<b>Myrsinaceae</b>	<b>Myrsine s.p.</b>	3-8%	5.5%	5,5%	Zone CL-2	57-49 cm	9.700-6.900 cal yr BP	55	8.256
<b>Poaceae</b>		38%		38%	Zone CL-2	57-49 cm	9.700-6.900 cal yr BP	55	8.256
<b>Podocarpaceae</b>	<b>Podocarpus s.p.</b>	0	0	0%	0	0	0	0	0
<b>Ranunculaceae</b>	<b>Thalictrum s.p.</b>	0	0	0%	0	0	0	0	0
<b>Urticaceae</b>		0	0	0%	0	0	0	0	0
<b>Valerianaceae</b>	<b>Valeriana s.p.</b>	0	0	0%	0	0	0	0	0

Fuente: Niemann & Behling, 2009; Brunschon & Behling, 2010.

Gráfico Porcentual N° 7: Porcentaje Paleopolen Laguna Cocha Caranga (Erl-11395) 8.256 cal. Yr. B.P. (Síntesis y Diseño del Autor)

### Laguna Cocha Caranga (Erl-11395) 8.256 cal. Yr. B.P.



Fuente: Niemann & Behling, 2009; Brunschon & Behling, 2010.

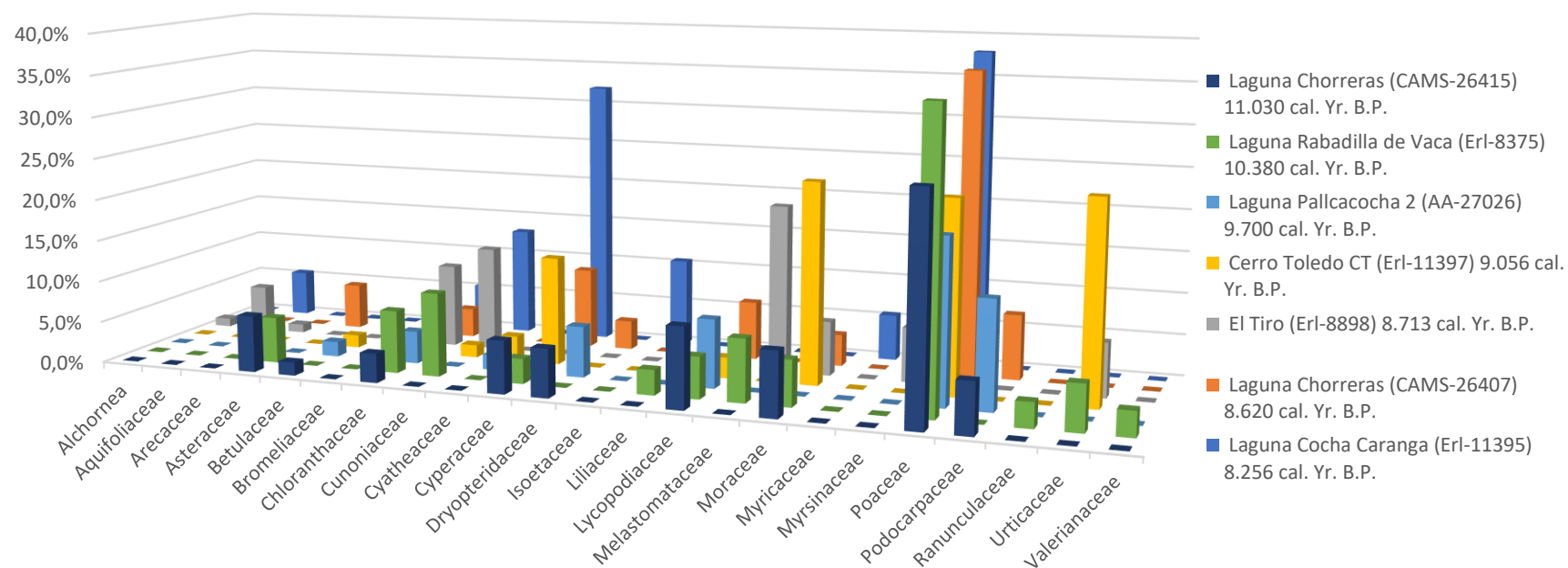
La muestra de la Laguna Cocha Caranga (Erl-11395) 8.256 cal. Yr. B.P. ha permitido observar por medio del análisis porcentual una predominancia de la familia Poaceae (38%) hierba terrestre, Cyperaceae (32%) hierba terrestre, Cunoniaceae (*Weinmannia* s.p. 13%) arbusto, Isoetaceae (*Isoetes* s.p. 10.5%) Helecho litófito, de las cuales las Poaceae y Cyperaceae pertenecen y se desarrollan hasta la actualidad (Tabla 2, 3, 4, 5, en el Cap. 6) en zonas subnivales de páramo, la misma que se extiende hacia el 8.256 B.P. 1.290 m. bajo el nivel actual (4.000 m.s.n.m.) de crecimiento. A la vez que las Cunoniaceae, Isoetaceae que se extienden en menores alturas conviven de igual forma en el pasado holocénico temprano de la presente muestra, infiriendo una biota vegetal mixta que posiblemente fluctúa en base a la temperatura durante períodos cortos de tiempo, manteniendo así el equilibrio entre las especies y evitando la desaparición de una u otra familia vegetal.

La presencia media del resto de familias de biota vegetal como Myricaceae (*Myrica* s.p. 5.5%) árbol, Myrsinaceae (*Myrsine* s.p. 5.5%) árbol, Aquifoliaceae (*Ilex* s.p. 5.5%) árbol, Chloranthaceae (*Hedyosmum* s.p. 5.5%) arbolito o árbol, de origen arbóreo conjugan perfectamente con el ambiente mixto que se propone en este análisis para la muestra. Sin embargo, también se puede inferir un retroceso del páramo y su línea subnival hacia zonas más altas, pues familias como la Lycopodiaceae característica de estos páramos y épocas pretéritas ha desaparecido por completo en esta muestra.

En base a los estudios de León-Yáñez (2019) se puede identificar un porcentaje elevado de endemismo por parte de la familia Poaceae en el pasado holocénico temprano de la Laguna Cocha Caranga (Erl-11395) 8.256 cal. Yr. B.P.

### 6.1.9. Porcentajes Paleopolen de las muestras de análisis

Gráfico Porcentual N° 8: Total Porcentajes Paleopolen de las muestras de análisis (Síntesis y Diseño del Autor)



Fuente: Rodbell et al., 2002; Hansen et al., 2003; Niemann & Behling, 2008; Niemann et al., 2009; Brunschon & Behling, 2009; Brunschon & Behling, 2010.

## 6.2. Conectividad Parpadeante de los Andes Ecuatoriales

Para el desarrollo de esta parte del análisis se ha tomado como referencia al estudio de la doctora Suzette Flantua del año 2019 titulado “The flickering connectivity system of the north Andean paramos”, en donde existe una propuesta para identificar la conectividad de los páramos andinos de hace un millón de años, a través del análisis topográfico en conjunto con las fluctuaciones climáticas del pasado. “La rica colección de secuencias de polen fósil en toda esta región (Flantua et al., 2015) muestran que los páramos sufrieron cambios evolutivos durante el Pleistoceno, resultando en cambios extensos en superficie y conectividad (Flantua et al., 2014; Hooghiemstra & Van der Hammen, 2004; Sklenář et al., 2014; Van der Hammen, 1974)” (Flantua, 2019: 1809). Esto hace de los Andes del norte donde se ubica el Ecuador y el presente trabajo, un área de óptimas condiciones para obtener respuestas sobre las fluctuaciones paleoclimáticas.

Si bien es cierto que el objetivo de Flantua (2019) es cuantificar los cambios biogeográficos del páramo en términos de escala espacial y conectividad de épocas remotas y períodos “climáticos de gran amplitud (ciclos largos), que permitan a los sistemas y a los cinturones de vegetación a conectarse y desconectarse<sup>21</sup> (Flantua, 2020), también es posible interpretar a través del análisis del capítulo 7 y sus porcentajes polínicos, el avance o retroceso de la biota vegetal de páramo en referencia a su línea subnival y línea forestal en un corto período de tiempo (12.000 B.P. al 8.000 B.P. = 4.000 años), tomando así como base el modelo de conectividad parpadeante planteado por Flantua (2019).

Otro fin que presenta este análisis es acercarnos a una interpretación de la transición pleistoceno tardío al holoceno temprano que condicionará el desarrollo de diversas culturas del pasado ecuatoriano. Para esta finalidad y como ejemplo demostrativo de posibles estudios a futuro, (puesto que este tema significaría la construcción de otra investigación) se ha tomado como referencia los estudios analizados en el capítulo 7. Cabe recalcar que las dificultades técnicas como la falta de acceso a simulador especializados de elevación digital, y los programas técnicos representan un limitante, más no un impedimento de la aplicación empírica del modelo de Flantua (2019).

---

<sup>21</sup> Referencia a su estudio del pleistoceno. Correo personal.

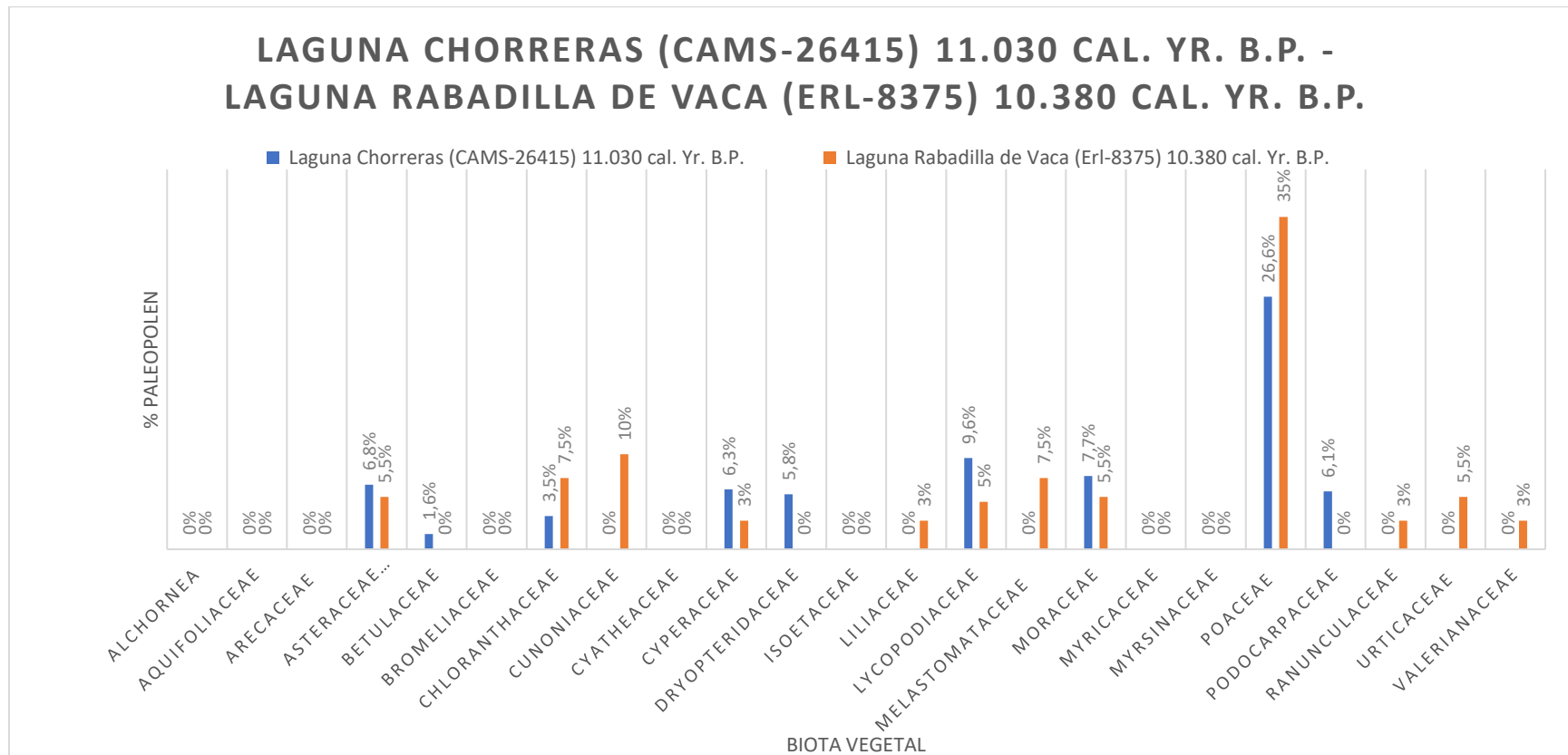
Tabla N° 11: Estudios para análisis Conectividad Parpadeante

<b>Nombre Sitio</b>	<b>Código / Laboratorio</b>	<b>Altura m.s.n.m.</b>	<b>Secuencia Cronológica Absoluta</b>	<b>Fuente</b>
<b>Laguna Chorreras</b>	CAMS-26415	3.700	11.030	Rodbell et al., 2002
<b>Laguna Rabadilla de Vaca</b>	Erl-8375	3.312	10.380	Niemann et al., 2009; Brunschon & Behling, 2010.
<b>Laguna Pallcacocha 2</b>	AA-27026	4.060	9.700	Rodbell et al., 2002
<b>Cerro Toledo CT</b>	Erl-11397	3.110	9.056	Brunschon & Behling, 2009; Brunschon & Behling, 2010
<b>El Tiro</b>	Erl-8898	2.810	8.713	Niemann & Behling, 2008.
<b>Laguna Chorreras</b>	CAMS-26407	3.700	8.620	Rodbell et al., 2002
<b>Laguna Cocha Caranga</b>	Erl-11395	2.710	8.256	Niemann & Behling, 2009; Brunschon & Behling, 2010

Fuente: Autor

### 6.2.1. Pleistoceno Tardío

Gráfico Porcentual N° 9: Conectividad parpadeante Laguna Chorreras (CAMS-26415) (3.700 m.s.n.m.) y Rabadilla de Vaca (3.312 m.s.n.m.) (Síntesis y Diseño del Autor)



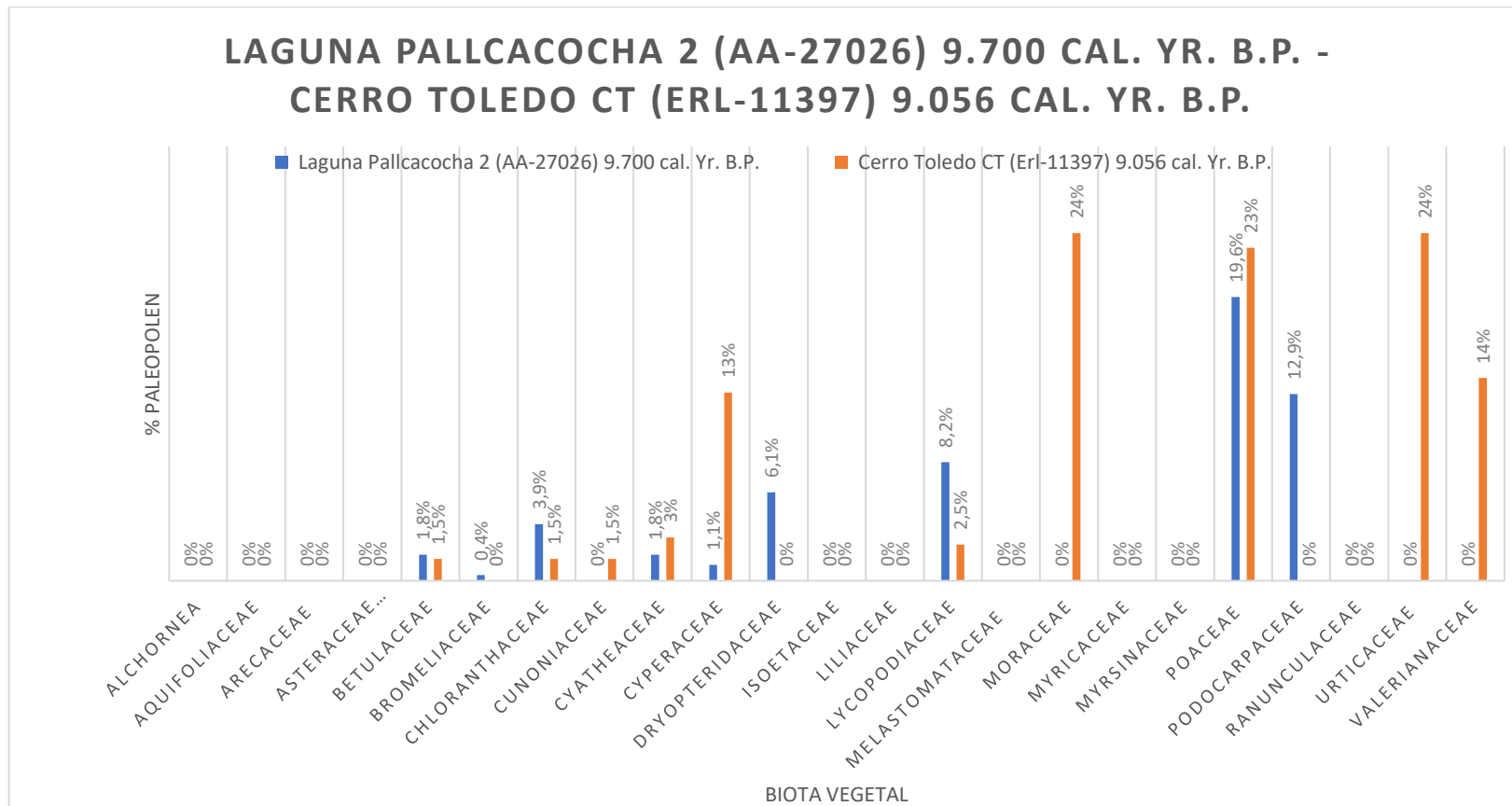
Fuente: Rodbell et al., 2002; Niemann et al., 2009; Brunschon & Behling, 2010.

La presencia de similar magnitud de Poaceae de las lagunas en comparación nos muestran un avance de los páramos subnivales porcentualmente similares. A pesar de su diferencia de datación por 650 años y su altura relativamente similar se debe considerar que los cambios son paulatinos o graduales, si existiera un cambio brusco de temperatura se registraría un cambio significativo del porcentaje paleopolínico. Por tanto, se infiere de las muestras, una relación entre los páramos que albergan los sitios, tornándose hacia el presente un calentamiento que permite identificar la reducción de las hierbas terrestres Poaceae, y el incremento medio de Chloranthaceae (arbolito o árbol) y Cunoniaceae (arbusto) pertenecientes a la línea Arbórea y arbustiva de páramo. Por lo demás se muestra un leve equilibrio entre avance y retroceso de las familias vegetales, confirmando la teoría de Flantua (2019) para el pleistoceno en la Cordillera ecuatoriana donde destaca una variación relativamente pequeña de conectividad (Flantua, 2019: 1813).

Coincidiendo con Flantua (2019) la escala espacial o remota no es un impedimento para el análisis paleoclimático, por ende, se observa en las dos áreas un gran porcentaje de endemismo a la vez que nos muestra la relación entre estas muestras, pues en su entorno se extienden familias como las Poaceae, Asteraceae, Lycopodiaceae y Melastomataceae (Arbusto ausente en la laguna Chorreras – época más fría), demostrando que la biota vegetal predominante es similar a pesar de la distancia geográfica, indicando una conectividad entre los páramos que finalmente se verá alterada por las fluctuaciones paleoclimáticas.

## 6.2.2. Transición Pleistoceno Tardío al Holoceno temprano

Gráfico Porcentual N° 10: Conectividad parpadeante Laguna Pallcacocha 2 (4.060 m.s.n.m.) - Cerro Toledo CT (3.110 m.s.n.m.) (Síntesis y Diseño del Autor)



Fuente: Rodbell et al., 2002; Brunshon & Behling, 2009; Brunshon & Behling, 2010.

En esta gráfica se puede observar claramente la diferencia existente entre el porcentaje paleopolínico que refleja la biota vegetal en una temporalidad no mayor a los 800 años, donde el bosque arbóreo y arbustivo o línea forestal del Cerro Toledo CT indica una desconexión del páramo durante los años más fuertes de transición pleistoceno tardío al holoceno temprano. Sin embargo, la presencia de la familia Poaceae y Cyperaceae en menor grado que las indicadas en el Grafico Porcentual N° 9, permite inferir una posible conectividad a inicios del pleistoceno tardío, “donde los mínimos extremos de temperatura fueron 8° C más frío que hoy, provocando una amplitud total del UFL<sup>22</sup> hasta 1.600 metros” (Flantua, 2019; 1820).

La presencia mixta de biota vegetal de origen subnival como las Poaceae, Dryopteridaceae y Lycopodiaceae en el caso de la Laguna Pallcacocha 2 y en lo posterior la presencia arbórea y arbustiva de Urticaceae, Moraceae y Valerianaceae nos indica un cambio gradual de temperatura que va desde el 9.700 B.P. al 9.056 B.P. en un rango de 644 años, rango relativamente similar al de 650 presentado para el pleistoceno tardío.

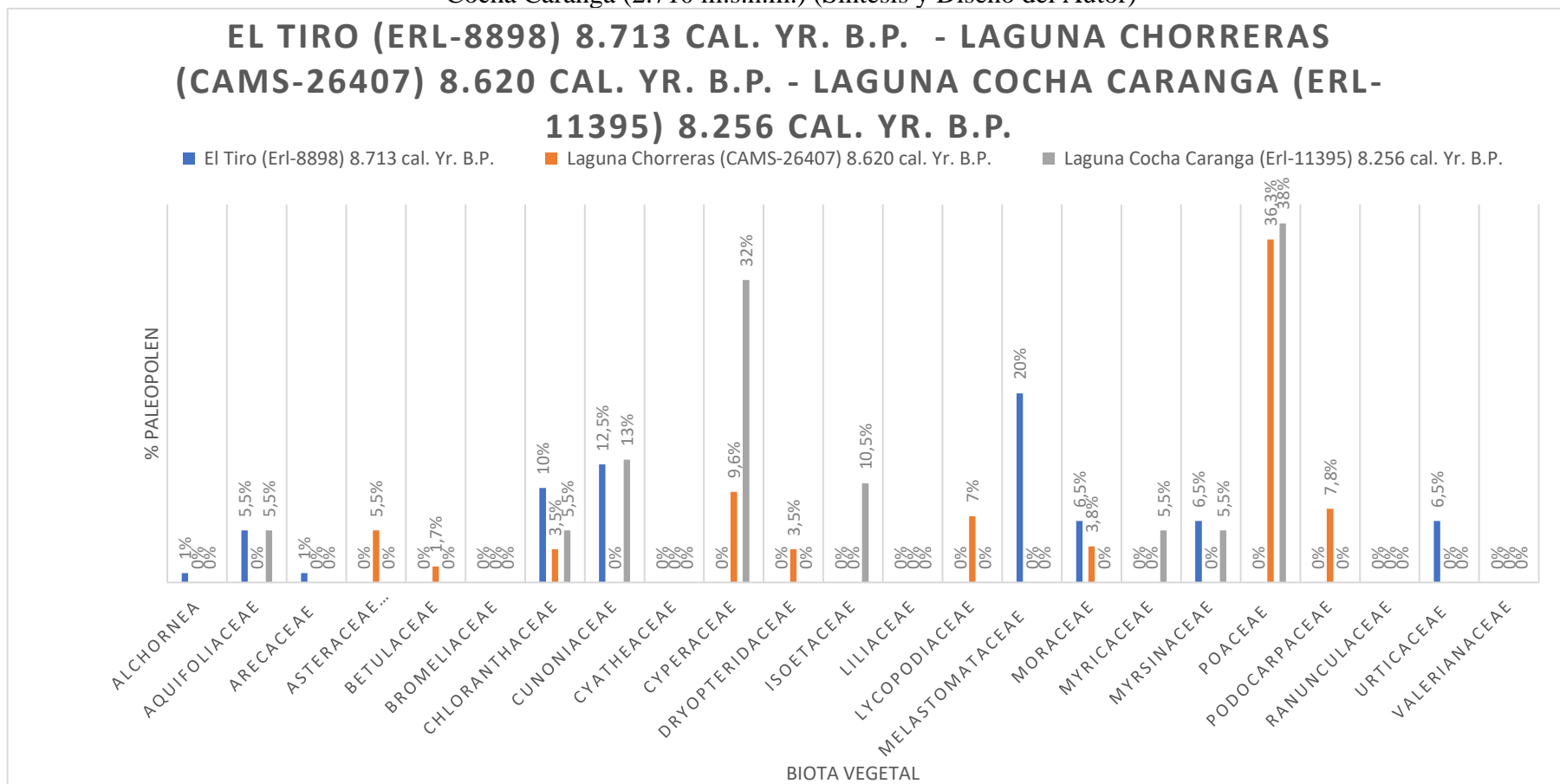
Se observa en las dos áreas un gran porcentaje de endemismo de Poaceae, Lycopodiaceae y Bromeliaceae (Ausente en Cerro Toledo CT) características de los páramos, sin embargo, la predominancia arbórea y arbustiva hacia el 9.056 B.P. demuestra una breve desconexión de los páramos de los Andes ecuatoriales manteniendo en su entorno local la predominancia endémica de las Poaceae.

---

<sup>22</sup> UFL: la transición desde el monte superior bosque hasta los páramos) del registro Funza09 (Flantua, 2019). Traducido por el Autor.

### 6.2.3. Holoceno Temprano

Gráfico Porcentual N° 11: Conectividad parpadeante El Tiro (2.810 m.s.n.m.) - Laguna Chorreras (CAMs-26407) (3.700 m.s.n.m.) – Laguna Cocha Caranga (2.710 m.s.n.m.) (Síntesis y Diseño del Autor)



Fuente: Rodbell et al., 2002; Niemann & Behling, 2008; Niemann & Behling, 2009; Brunschon & Behling, 2010.

Los datos obtenidos en estas muestras nos permiten identificar inmediatamente un cambio brusco en la distribución de la biota vegetal hacia el 8.713 B.P., pues desaparecen por completo las familias de hierbas terrestres características del páramo subnival (Poaceae y Lycopodiaceae) y se fortalece el avance de la línea forestal con las familias Aquifoliaceae, Chloranthaceae, Cunoniaceae, Melastomataceae, Moraceae, Myrsinaceae y Urticaceae. Se infiere un cambio brusco de temperatura en comparación con los otros estadios, con tendencia al incremento de la temperatura, y por tanto retroceso del páramo subnival a áreas más elevadas. Hay que recalcar que se deduce lo anterior en base a que desde el 9.056 B.P. (Gráfico porcentual N° 10) hasta la datación de el paso El Tiro, apenas han transcurrido 343 años, cuando en los anteriores períodos que se han analizado la media para el avance progresivo de la temperatura es de 647 años, lo que representa una desconexión del sitio El Tiro con los páramos andinos ecuatoriales.

Para los sitios Laguna Chorreras (CAMS-26407) y Laguna Cocha Caranga con una presencia mixta de vegetación herbácea y forestal se puede identificar al igual que para el sitio El Tiro un cambio de la biota vegetal en un rango de 364 años, lo que indica una variación de la temperatura cada vez más rápida hacia estados más cálidos, y por ende el retroceso de los páramos a zonas más altas. Por lo tanto, se infiere un paisaje mixto ya que se presentan porcentajes elevados de Poaceae referente fundamental del páramo superior, y diversas familias de especies arbóreas y arbustivas de la línea forestal de páramo.

En general se puede identificar que desde el 12.000 BP hasta el 8.000 BP ha existido en la mayoría de muestras (CAMS-26415; Erl-8375; AA-27026; Erl-11397; CAMS-26407) una predominancia de las herbáceas con la presencia de la familia Poaceae, sin embargo, la muestra Erl-8898 de El Tiro muestra una ausencia total de la familia Poaceae, infiriendo un retroceso total del páramo subnival y por tanto un incremento potencial de la temperatura que impacta en el avance de la línea forestal con las familias Aquifoliaceae, Chloranthaceae, Cunoniaceae, Melastomataceae, Moraceae, Myrsinaceae y Urticaceae. Basado en las muestras y sus porcentajes paleopolínicos se podría deducir que este es el cambio más significativo durante este período (12.000 BP al 8.000 BP) donde desaparecen por completo las herbáceas que, desde el 12.000 BP aprox., hasta el en el 8.713 BP (El Tiro) predominaban en los páramos. Posterior a esto la temperatura del páramo parece retornar a un clima más frío y por tanto reaparecen las Poaceae.

Por lo demás, se muestra una constante fluctuación del clima, que se puede identificar en base a que en ciertos estadios como se ha explicado existe una mayor presencia de familias arbustivas, las cuales ganan territorio en base al incremento de la temperatura, y por tanto la línea forestal se moviliza hasta alturas mucho más elevadas de lo acostumbrado, sin embargo, también presenta en estos 4.000 años de transición un avance del páramo y su línea subnival con herbáceas hacia niveles inferiores de altura de la cordillera. Hay que destacar que este período de 4.000 años estudiado nos muestra ciclos de una relativa armonía donde conviven herbáceas y arbustos (Laguna Pallcacocha 2 9.700 BP y Cerro Toledo CT 9.056 BP), sin embargo, lo que cabe resaltar es que esa leve armonía se rompe constantemente y el polen fósil muestra siempre una constante variación de temperatura a través de la presencia masiva de una u otra familia herbácea o arbustiva. Como se ha planteado en capítulos anteriores, las muestras al ser tomadas en diferentes áreas y alturas pueden variar de una u otra forma, sin embargo, al entender la conectividad parpadeante de nuestros páramos, e identificar la relativa cercanía de las muestras del presente estudio se puede proponer un patrón de variación climática.

A excepción del caso planteado para El Tiro, donde muestra la desaparición completa de las Poaceae, las demás muestras señalan una similitud de comportamiento, aparición, desaparición y constante movilidad de la biota vegetal, y por tanto variación climática constante durante el período pleistoceno tardío (12.000 BP al 8.000 BP).

Finalmente se puede deducir que los Andes ecuatorianos en general mantuvieron un alto grado de conectividad y relación entre las fluctuaciones paleoclimáticas, lo que es observable a través de variación porcentual de la biota vegetal, claramente observable por la presencia de Poaceae. Se ha podido demostrar una fragmentación o desconexión de el paso El Tiro por la ausencia de Poaceae, esto puede evidenciar al sitio como una isla, o pivote que en estados más fríos se reconecta con los páramos ecuatoriales. Sin embargo, no se descarta que en épocas pleistocénicas donde el páramo avanzó hasta los 1.600 msnm (Flantua, 2019) el sitio El Tiro pudo haber estado relacionado con el resto de sitios estudiados en la presente.

### **6.3. Aproximación Paleoclimática y eventos antrópicos de los Páramos de Los Andes Ecuatoriales**

La dinámica paleoclimática reflejada a través de los testigos fósiles como el paleopolen que se han presentado en la presente investigación, no solo permiten entender la dinámica

termosensible de las plantas y el clima, sino, también nos permite una aproximación breve al pasado prehistórico del Ecuador, y la dinámica cultural desarrollada en base a los eventos climatológicos a los que se enfrentaron los primeros pobladores de los Andes ecuatoriales.

Dentro de estos primeros pobladores de los Andes ecuatoriales podemos encontrar lugares de residencia, ya sea al aire libre o en cuevas (Bell, 1965; Salazar, 1979), quienes “practicaban una subsistencia de caza y recolección, formando bandas dispersas con territorios relativamente fijos, aunque con cierta periodicidad debieron juntarse para explotar zonas ricas en recursos y ejercer acciones de cohesión social” (Salazar, 1988: 77).

Evidencia de estos pobladores tempranos de los Andes ecuatoriales son el caso de El Inga, Chobshi y Cubilán. Para el sitio El Inga la apropiación del paisaje de páramo hacia el 10.000 B.P. (9030 BP + 144 (R- 1070/2) indicador plausible de la edad del sitio (Burger, R. L., Asaro, F., Michel, H. V., Stross, F. H., & Salazar, E., 1994) es a manera de campamentos estacionarios (Salazar, 1979) con presencia de “herramientas, cuchillos, raspadores, buriles y puntas de proyectil de diversas formas y tamaños, particularmente la punta de cola de pescado” (Salazar, 1988: 95).

Tomando como referencia las fechas de datación de las muestras y considerando que ninguno de los estudios de la presente investigación se ha datado para el norte del Ecuador en el espacio temporal propuesto, se plantea como una posibilidad que los pobladores del Sitio El Inga se relacionan con el entorno en base a las fluctuaciones climáticas y principalmente a las condiciones que presentaba el paleoclima para su supervivencia y la obtención de materia prima para la elaboración de herramientas. Ya que la evidencia muestra una apropiación del paisaje a manera de taller y durante diferentes períodos de tiempo (Salazar, 1988). Escribir sobre la biota vegetal y la biota animal de esa época, así como “determinar la base de subsistencia de las bandas del Ilaló es difícil por la completa ausencia de restos orgánicos en los sitios arqueológicos de la zona” (Salazar, 1988), sin embargo, Salazar (1988) sostiene que existen todavía plantas silvestres comestibles cuyos usos son conocidos; y, sin duda, existen también otras plantas que fueron utilizadas por el hombre temprano, aunque sus propiedades nos sean hoy desconocidas. El Hombre Temprano, que interactuaba con el bosque montano recolectaba frutas como:

“la uvilla (*Physalis peruviana*), el taxo (*Passiflora mollissima*), la mora (*Rubus floribundus*); el nogal o "roete" (*Juglans nigra*), la "nigua" (*Margyricarpus setosus*), el capulí (la especie sudamericana *Prunus salicifolia*), la joyapa o hualicón (*Ceratostema grandiflorum*); granos de amarantáceas, como el ataco (*Amaranthus caudatus*), de quenopodiáceas, como la "ashpa quinua" (*Chenopodium* sp.) y de leguminosas, como el "ashpa chocho" (*Lupinus* sp.); en fin, hojas de bledo (*Amaranthus blitum*) y berro (*Nasturtium officinale*) y, tal vez, tubérculos silvestres del género *Solanum* y *Dioscorea* ("sachapapas")” (Salazar, 1988: 103).

A pesar de esta riqueza vegetal, para Salazar (1988) es la diversidad de la fauna lo que determinará la importancia de este piso ecológico para los pobladores tempranos de los Andes ecuatoriales, pues, a pesar de la falta de evidencia paleontológica para el sitio El Inga, de manera indirecta se sospecha de la caza de animales, pues la presencia de puntas de proyectil nos da un acercamiento a esta posibilidad.

Por tanto, se puede inferir brevemente que los pobladores de El Inga, al convivir con un clima fluctuante, en donde el páramo subnival avanza y retrocede constantemente con una clara tendencia al calentamiento, los pobladores tempranos se movilizan en base a criterios paleoclimatológicos, los cuales les permiten acceder a ciertos beneficios vegetales, animales e instrumentales (Arbustos frutales, megafauna, lítica) en ciertas temporadas, y en otras simplemente toman distancia por las inclemencias del tiempo.

Por otra parte, hacia el 8.000 B.P., Chobshi (La Cueva Negra de Chobshi) en Azuay que data de 10,010 + 430 (Tx-1133) (Lynch y Pollock, 1981; Burger, et al. 1994) presenta evidencia de artefactos de piedra y restos de fauna; instrumentos de hueso, como punzones y leznas, rocas de varios colores, rocas metamórficas y, muy ocasionalmente obsidiana, al igual que puntas de proyectil lanceoladas y pedunculadas, cuchillos, buriles y raspadores, que en muchos aspectos parecen guardar relaciones con la tradición tecnológica de los utillajes del Ilaló (Salazar, 1988).

En cuestión de la biota vegetal y animal, el caso es similar al del Ilaló, incluso la altura donde se ubica el sitio es similar, por tanto, para Salazar (1988) se repite un patrón de apropiación de los recursos, claro está que puede existir varias variables derivadas del entorno y la realidad paleoclimática. Cabe recalcar que los restos fáunicos hallados en el sitio y usados como instrumentos, pertenecen a la especie paramuna venado de cola

blanca (*Odocoileus virginianus*) (Salazar, 1988), contemporáneo de la megafauna, más no una evidencia irrefutable de la caza o interacción de los pobladores tempranos del Ecuador con la megafauna.

La evidencia de restos fósiles de “cuy, el oso de anteojos, la perdiz y el conejo, habla claramente en favor de la explotación sistemática del páramo como fuente de proteína animal” (Salazar, 1988: 108). No obstante, para Salazar (1988) ciertas especies no se adaptan más que a hábitats boscosos, y la presencia de sus restos del oso andino, y la danta en áreas de páramo podría representar la apropiación de extensos territorios y pisos ecológicos.

Estas evidencias interpretadas por Salazar de sus estudios paleobotánicos, y paleoecológicos, es el motivo principal por el que se infiere que los asentamientos tempranos no permanecen en una sola área, y tienden a moverse en búsqueda no solo de alimento, sino de fuentes de materia prima y un clima óptimo que garantice la supervivencia tanto biológica como social.

Por otra parte, entre las provincias de Loja y Azuay, se ha realizado estudios del sitio Cubilán (12,700 a 9900 cal. BP (Temme, 2005)), el área de Cubilán cubre aproximadamente 52 km<sup>2</sup> entre las Provincias de Loja y Azuay, donde estudios previos identificaron otras 23 localidades arqueológicas, caracterizando a dos de ellas como talleres líticos o campamentos estacionarios de sociedades de cazadoras-recolectoras (Temme 1982; Salazar, 1988; Pagán, 2015). Su ubicación es además estratégica ya que el sitio se encuentra en una ruta de fácil acceso a la selva tropical (Temme 1982:136). No se ha recuperado restos de fauna en las excavaciones y estudios anteriores, pero la presencia de puntas de proyectil indica claramente el objetivo de los hombres que acamparon allí” (Salazar, 1988: 109).

Cubilán es un campamento que ha dado evidencia de al menos, “siete fogones, aparentemente contemporáneos, asociados a artefactos líticos como raspadores diversos, puntas de proyectil pedunculadas y foliáceas, piezas bifaces, perforadores, y restos de talla” (Salazar, 1988). Esta evidencia y características en la lítica permitió proponer que los talleres estudiados en El Inga, Chobshi y Cubilán son afines y la materia prima es obtenida de una misma fuente (Salazar, 1988).

La afinidad que sugiere Salazar (1988) sobre los tres sitios mencionados concuerda con el estudio de Burger (1994) ya que presenta datos sobre la presencia de obsidiana de los

sitios Yanaurco-Quiscatola y Mullumica como las principales fuentes en bruto para la mayor parte de Ecuador, “y a juzgar por los resultados de los análisis de “Chobshi Cave” y “OGSE-46”, también fue el caso de los sitios en las tierras altas del sur y la costa”<sup>23</sup> (Burger, et al. 1994: 234). Esto en conjunto con la evidencia de otros tipos de obsidiana de los cuales no se ha podido determinar su origen (Burger, et al. 1994) predispone una investigación a fondo sobre la movilidad, comercio, e intercambio durante el final del pleistoceno e inicios del holoceno temprano, que con ayuda de la interpretación paleopalinoológica y paleoclimática permitirá un acercamiento a la realidad y puentes de tránsito de los primeros pobladores de los Andes ecuatoriales.

Los estudios en Cubilán no solo evidencian una similitud morfológica y de origen de la materia prima (lítica), sino que además los estudios de Pagán (2015; 2020) proponen una manipulación del maíz, y desarrollo de una especie endógama, que con las herramientas halladas eran sometidos a un proceso de raspado y trituración (Pagán, 2015). Por lo que Pagán sugiere que las herramientas líticas identificadas en el sitio “Cu-S2” tenían un propósito y fueron utilizadas para:

“moler intencionalmente granos de maíz maduros, aunque duros, mientras que los raspadores se utilizaron para pelar y soltar granos (posiblemente pastosos) que estaban fuertemente adheridos a las mazorcas de maíz. Estos métodos de procesamiento podrían estar relacionados con la transformación del maíz en masas envueltas (tamal), o para preparar Bebidas energéticas o alcohólicas derivadas de masas pastosas” (Pagán, 2015: 12)

Para Salazar (1988), la geomorfología de Cubilán al contrario de Pagán, indica una zona glaciaria que, si no estaba regido por nieve, al menos lo estaba por un páramo y no existía mayor recurso vegetal del que se puedan proveer los primeros pobladores. Teniendo así que recurrir para su supervivencia a la movilidad constante de alimento hacia la cueva desde el bosque montano o como campamento de aprovisionamiento de biota animal de altura.

Si bien es cierto que el análisis paleobotánico muestra grandes fluctuaciones entre avances de la línea subnival como lo plantea Salazar (1988), queda claro también que era un área donde el desarrollo de las herbáceas era posible, por lo que se puede inferir, que,

---

<sup>23</sup> Traducido por el Autor.

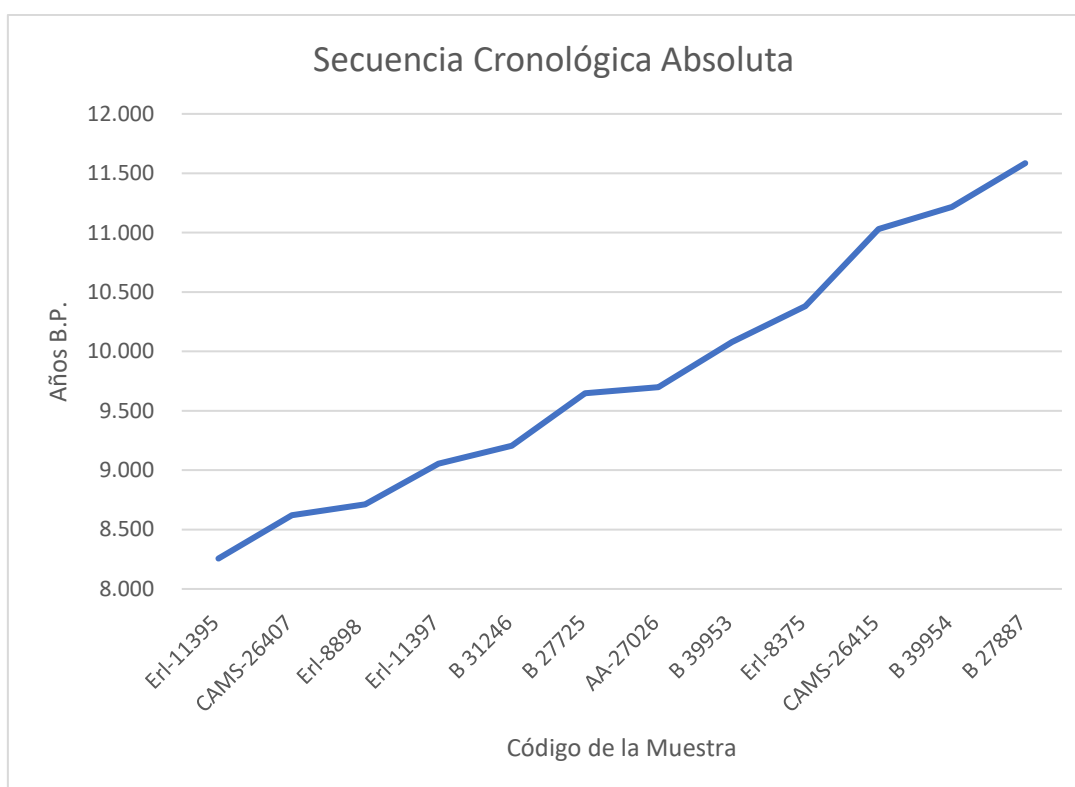
el maíz al ser una gramínea o conocida también como Poaceae perteneciente a la familia de las herbáceas, pudieron cubrir ciertas áreas de Cubilán en la época de transición del Pleistoceno tardío al Holoceno Temprano. Por lo tanto, se puede ratificar lo planteado por Pagán (2015), pues es posible la presencia de maíz endógeno a grandes alturas de los Andes ecuatoriales, pues, los hallazgos de Pagán “encajan diversas hipótesis derivadas de la genética que indican que la alta tierras constituían escenarios fundamentales para la domesticación temprana del maíz y su dispersión” (Pagán, 2015: 12).

A la vez se puede inferir que la distribución de 23 localidades arqueológicas, en el área de Cubilán apoyan la constante movilidad humana por las diferentes áreas del sur del Ecuador (movilidad microregional) o el callejón interandino entre el sur y norte de los Andes ecuatoriales (movilidad regional), con el fin de obtener recursos para la supervivencia. Para Pagán “Estas actividades sugieren que la interacción humana local y microregional fueron consistentes, continuas y complejas a lo largo del tiempo desde 12.000 cal. BP en adelante” (Pagán, 2020: 3)

A sabiendas de estos detalles y en comparación con el análisis de la presente investigación, se puede ratificar la apropiación del paisaje de manera estacional como lo han planteado algunos autores, (Bell, 1965; Salazar, 1979; Burger, R. L., Asaro, F., Michel, H. V., Stross, F. H., & Salazar, E., 1994; Temme, 1982; 2005; 2009; Pagán 2015; 2020) e inferir la movilidad de los primeros pobladores de los Andes ecuatoriales de manera regional, o microregional, debido a criterios paleoclimáticos que alteran su ecosistema y por lo tanto el acceso a alimentación y vivienda que permita una mejor adaptabilidad al entorno.

## 7. Resultados

La investigación nos permitió a través de las secuencias paleopalinológicas estudiadas, obtener dos resultados concretos por medio del análisis desarrollado en el capítulo 6 y 7, en primer lugar, el desarrollo sistemático de una secuencia cronológica absoluta, la misma que se presenta con sus muestras y calibración en años BP, lo que permitirá tanto a estudiantes como profesionales una calibración y ubicación temporal de los hechos y los eventos climáticos que surgieron, y por tanto correlacionar dichos eventos con las diferentes disciplinas que necesiten de la ayuda de esta cronología absoluta.

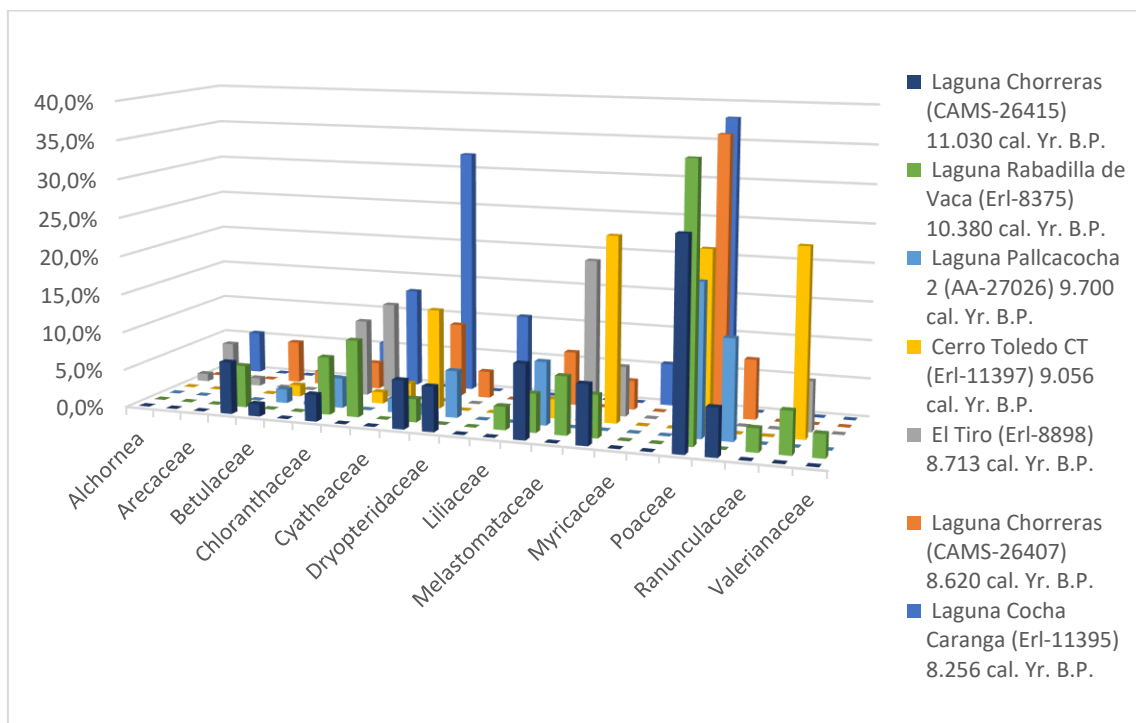


### Secuencia Cronológica Absoluta

Fuente: Autor

Esta cronología absoluta nos permite ubicarnos de acuerdo a los estudios, muestras sistematizadas y analizadas, en un período temporal de 4.000 años durante la transición pleistoceno tardío (12.000 BP) al holoceno temprano (8.000 BP), y observar el comportamiento termosensible a través del paleopolen, sirviendo de apoyo multidisciplinar en procesos de comparación y calibración de variables temporales para entender la dinámica climática en tiempo y espacio en el que se desarrollan ciertas especies, y si han sido afectadas de una u otra manera por algún evento climatológico en los páramos de los Andes ecuatoriales.

En segundo lugar, como resultado complementario del primero y como argumento final de la investigación se pudo obtener a través de los estudios y secuencias palinológicas una tabla porcentual de la Biota vegetal presente en 7 sitios que corresponden temporalmente (12.000 BP al 8.000 BP) y espacialmente (Páramo de los Andes ecuatoriales) a la investigación. Este aporte permitió identificar las familias y especies vegetales que predominaron este período temporal, así como los cambios bruscos, o relativamente equilibrados que fueron dándose durante estos 4.000 años de transición. A la vez que se puede identificar a través de estas variaciones porcentuales la termosensibilidad de la biota vegetal que reacciona de acuerdo a la interacción paleoclimática.



Porcentajes Paleopolen de las muestras de análisis (Síntesis y Diseño del Autor)  
Fuente: Rodbell et al., 2002; Hansen et al., 2003; Niemann & Behling, 2008; Niemann et al., 2009; Brunschon & Behling, 2009; Brunschon & Behling, 2010.

Este aporte representa el esfuerzo por identificar la variabilidad o fluctuación climática del pasado, permitiendo diferenciar los estadios durante 4.000 años y a la vez sirve como fuente de información para comparaciones, dataciones y calibraciones de otras muestras a futuro que se daten de los sitios estudiados, o de su temporalidad. Cabe resaltar que el aporte que representa es sin duda alguno valioso en el ámbito multidisciplinar, pues permite el análisis del clima pretérito, su variabilidad, sus transformaciones y sirve de

modelo para identificar futuras proyecciones del comportamiento climático en base al estudio de la biota vegetal presente, o el paleopolen para el pasado. Así también abre la oportunidad de dar respuestas a muchas incógnitas que enfocadas desde una sola disciplina o ciencia no permitiría la obtención de respuestas.

## **8. Conclusiones**

La presente investigación, a través de sus capítulos ha buscado demostrar la importancia de un estudio multidisciplinar que englobe la antropología, arqueología, botánica y la paleoclimatología, obteniendo favorablemente en primer lugar un análisis y sistematización de las investigaciones previas que reposan en la base de datos de LAPD, con datos paleopalinológicos del páramo de los Andes ecuatoriales durante el período de transición entre el Pleistoceno Tardío (12.000 BP) al Holoceno Temprano (8.000 BP). A través de este análisis y sistematización las dificultades que presentaba cada investigación no fueron un limitante, sino más bien un ejercicio del trabajo en equipo con otras disciplinas que permitieron el avance fructífero hacia la obtención de los resultados.

Tras el favorable análisis y sistematización de las investigaciones, se pudo establecer en base a criterios temporales de las muestras obtenidas en cada uno de los sitios e investigaciones, fechas radiocarbónicas que permitieron determinar edades datadas dentro del período preestablecido para la investigación. Dichas fechas radiocarbónicas dieron como resultado una secuencia cronológica absoluta para el páramo de los Andes ecuatoriales en base a las dataciones de LAPD durante la transición Pleistoceno Tardío (12.000 BP) al Holoceno Temprano (8.000 BP). Secuencia con la cual podríamos posteriormente identificar temporalmente las fluctuaciones paleoclimatológicas dentro de un rango temporal, así como en un espacio específico.

Con los resultados obtenidos del análisis, sistematización y las secuencia paleopalinológicas, se pudo evidenciar a través de los cuadros porcentuales paleopolínicos el avance espacio – temporal de la biota vegetal pretérita termosensible en base al modelo de “conectividad parpadeante” durante la transición Pleistoceno Tardío (12.000 BP) al Holoceno Temprano (8.000 BP). Logrando consolidar la hipótesis de que durante la transición pleistoceno tardío al holoceno temprano fue una época de inestabilidad climática y constantes fluctuaciones de temperatura. Dicho dinamismo paleoclimático representa en la biota vegetal termosensible una variación que como consecuencia puede generar la aparición, permanencia, retroceso, especiación o desaparición de taxones vegetales, así como su movilidad a diferentes alturas y lugares. Queda así demostrado que estas fluctuaciones climáticas permitieron el avance o retroceso de los páramos y su vegetación, mismo principio del modelo de “conectividad parpadeante”, donde muchas veces los páramos se conectaban durante períodos de bajas temperaturas, y se separaban o eran segregados por la línea forestal tras un clima más

caliente. Por tanto, se concluye que, la termosensibilidad de la biota vegetal pretérita a través de su movilidad permite identificar el dinamismo climático durante la transición pleistoceno tardío al holoceno temprano y que dichas fluctuaciones se ven reflejadas en las secuencias paleopalinológicas.

Desde una perspectiva antropológica y arqueológica en conjunto con la paleoclimática, se ha podido determinar que muchos de estos primeros pobladores de los Andes ecuatoriales fueron testigos vivos de las inclemencias del paleoclima y sus diversas fluctuaciones, posibilitando un acercamiento a entender el desarrollo cultural y la relación con el ambiente, así como la apropiación del paisaje, vivienda, alimentación y movilidad. Por lo que me atrevo a plantear, aunque es atrevido como factible, en base a las similitudes de la lítica que se ha mencionado anteriormente (Salazar, 1988; Burger, 1994); **que sean varios grupos de los mismos pobladores del paisaje pretérito quiteño, azuayo y lojano los que transitan continuamente de norte a sur y viceversa (movilidad regional ) o en áreas determinada por los valles interandinos (movilidad microregional) ocupando estacionariamente diversas zonas de los Andes durante los períodos más cálidos, cuando retrocede el páramo y su línea subnival.** Claro está, que esta es una puerta abierta a una futura investigación en la cual se podrá consolidar o desechar la hipótesis planteada.

Finalmente, esta perspectiva multidisciplinar que al final se ha planteado en conjunto con la antropología, la arqueología y el paleoclima, posibilita un mejor entendimiento de las dinámicas naturales que influenciaron en el comportamiento social de los primeros pobladores de los Andes ecuatoriales, y sin duda alguna representa un reto, y abre la posibilidad a futuras investigaciones dentro del ámbito antropológico y arqueológico que nos permitan entender de mejor manera el pasado prehistórico del Ecuador y sus relaciones con el ambiente.

## 9. Bibliografía

- Álvarez, P. K. S.** (2009). Clasificación fisiográfica del terreno a partir de la inclusión de nuevos elementos conceptuales. *Perspectiva geográfica*, 181-218.
- Anderson, E. C., Libby, W. F., Weinhouse, S., Reid, A. F., Kirshenbaum, A. D., & Grosse, A. V.** (1947). Radiocarbon from cosmic radiation. *Science*, 105(2735), 576-577.
- Arija, C. M.** (2012). Taxonomía, Sistemática y Nomenclatura, herramientas esenciales en Zoología y Veterinaria. REDVET. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 13(7).
- Barrionuevo, J. M. F., & Barrionuevo, J. C. B.** (2004). LA APLICACIÓN DE LA DATACIÓN POR RADIOCARBONO EN ARQUEOLOGÍA, CASOS PARTICULARES.
- Bell, R. E.** (1965). Investigaciones arqueológicas en el sitio de El Inga, Ecuador. Editorial Casa de la Cultura Ecuatoriana.
- Bell, R. E.** (1974). Final Report on Investigation of the El Inga Complex and Pre-ceramic Occupations of Highland Ecuador. Office of Research Administration, University of Oklahoma.
- Beltrán, K., Salgado, S., Cuesta, F., León-Yáñez, S., Romoleroux, K., Ortiz, E., ... & Velástegui, A.** (2009). Distribución espacial, sistemas ecológicos y caracterización florística de los páramos en el Ecuador. *EcoCiencia, Proyecto Páramo Andino y Herbario QCA*. Quito, 14-150.
- Benítez de Rojas, C., Cardozo, A., Hernández, L., Lapp, M., Rodríguez, H., Ruiz, T., & Torrecilla, P.** (2006). Botánica sistemática: fundamentos para su estudio.
- Brito, J., Camacho, M. A., Romero, V., Vallejo, A. F.** 2019. Mamíferos del Ecuador. Versión 2019.0. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <<https://bioweb.bio/faunaweb/mammaliaweb/>>, (23/01/2021)
- Burger, R. L., Asaro, F., Michel, H. V., Stross, F. H., & Salazar, E.** (1994). An initial consideration of obsidian procurement and exchange in prehispanic Ecuador. *Latin American Antiquity*, 228-255.
- Burjachs i Casas, F.** (2006). Palinología y restitución paleoecológica. Ecosistemas. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10045/7834>
- Brunschön, C., & Behling, H.** (2009). Late Quaternary vegetation, fire and climate history reconstructed from two cores at Cerro Toledo, Podocarpus National Park, southeastern Ecuadorian Andes. *Quaternary Research*, 72(3), 388-399.
- Brunschön, C., & Behling, H.** (2010). Reconstruction and visualization of upper forest line and vegetation changes in the Andean depression region of southeastern Ecuador since the last glacial maximum—A multi-site synthesis. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 163(1-2), 139-152.
- Camacho, M.** (2014, December). Los páramos ecuatorianos: caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible. In *Revista Anales* (Vol. 1, No. 372, pp. 77-92).
- Castro, P. V., & Pérez, R. M.** (1995). El C14 y la resolución de problemas arqueológicos. La conveniencia de una reflexión. *Revista d'arqueologia de Ponent*, (5), 252-260.
- Cervera, J.** (2010). Breve reseña sobre métodos para datación arqueológica. *Estrat crític: revista d'arqueologia*, (4), 91-99.
- Clapperton, C. M.** (1983). The glaciation of the Andes. *Quaternary Science Reviews*, 2(2-3), 83-155.
- Clapperton, C. M., & McEwan, C.** (1985). Late Quaternary moraines in the Chimborazo area, Ecuador. *Arctic and Alpine Research*, 17(2), 135-142.
- Clapperton, C. M., & Gardiner, V.** (1986). Glacial geomorphology, Quaternary glacial sequence and palaeoclimatic inferences in the Ecuadorian Andes. *International geomorphology*, 2, 843-870.
- Clapperton, C. M., & Sugden, D. E.** (1988). Holocene glacier fluctuations in South America and Antarctica. *Quaternary Science Reviews*, 7(2), 185-198.

- Clapperton, C. M.** (1990). Glacial and volcanic geomorphology of the Chimborazo-Carihuairazo massif, Ecuadorian Andes. *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 81(2), 91-116.
- Clapperton, C. M.** (1993). Nature of environmental changes in South America at the Last Glacial Maximum. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology*, 101(3-4), 189-208.
- Clapperton, C. M., Hall, M., Mothes, P., Hole, M. J., Still, J. W., Helmens, K. F., ... & Gemmell, A. M.** (1997). A Younger Dryas icecap in the equatorial Andes. *Quaternary Research*, 47(1), 13-28.
- Colinvaux, P. A., Olson, K., & Liu, K. B.** (1988). Late-glacial and holocene pollen diagrams from two endorheic lakes of the inter-andean plateau of Ecuador. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 55(1-3), 83-99.
- Colinvaux, P. A., Bush, M. B., Steinitz-Kannan, M., & Miller, M. C.** (1997). Glacial and postglacial pollen records from the Ecuadorian Andes and Amazon. *Quaternary Research*, 48(1), 69-78.
- Colinvaux, P. A., De Oliveira, P. E., & Bush, M. B.** (2000). Amazonian and neotropical plant communities on glacial time-scales: the failure of the aridity and refuge hypotheses. *Quaternary Science Reviews*, 19(1-5), 141-169.
- Cohmap Members.** (1988). Climatic changes of the last 18,000 years: observations and model simulations. *Science*, 1043-1052.
- Cuesta, F., Muriel, P., Beck, S., Meneses, R. I., Halloy, S., Salgado, S., ... & Becerra, M. T.** (2012). Biodiversidad y cambio climático en los Andes tropicales. Conformación de una red de investigación para monitorear sus impactos y delinear acciones de adaptación. Red Gloria-Andes, CONDESAN, Lima-Quito.
- de la Torre, L., Muriel, P., & Balslev, H.** (2006). Etnobotánica en los Andes del Ecuador. *Botánica Económica de los Andes Centrales*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 246-267.
- de la Torre, L., H. Navarrete, P. Muriel M., M.J. Macía & H. Balslev (eds.)**. 2008. Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador. Herbario QCA de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador & Herbario AAU del Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Aarhus. Quito & Aarhus.
- Dillehay, T. D.** (2003). Las culturas del Pleistoceno tardío en Suramérica. *Maguaré*, (17).
- Salazar, Ernesto.** (1988) El hombre temprano en el Ecuador. En Nueva Historia del Ecuador, Enrique Ayala Mora, ed. vol. 1, Época Aborigen, pp. 73-128. Corporación Editora Nacional, Editorial Grijalbo Ecuatoriana, Quito.
- Flantua, S. G., Hooghiemstra, H., Grimm, E. C., Behling, H., Bush, M. B., González-Arango, C., ... & Prieto, A. R.** (2015). Updated site compilation of the Latin American pollen database. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 223, 104-115.
- Flantua, S. G. A., Hooghiemstra, H., & Blaauw, M.** (2015). Quality assessment of chronologies in Latin American pollen records: a contribution to centennial to millennial scale studies of environmental change. *Climate of the Past Discussions*, 11(2).
- Flantua, S. G., Blaauw, M., & Hooghiemstra, H.** (2016). Geochronological database and classification system for age uncertainties in Neotropical pollen records. *Climate of the Past*, 12(2), 387-414.
- Flantua, S. G., O'dea, A., Onstein, R. E., Giraldo, C., & Hooghiemstra, H.** (2019). The flickering connectivity system of the north Andean páramos. *Journal of Biogeography*, 46(8), 1808-1825.
- Gibbard, P. L., Smith, A. G., Zalasiewicz, J. A., Barry, T. L., Cantrill, D., Coe, A. L., ... & Rawson, P. F.** (2005). What status for the Quaternary?. *Boreas*, 34(1), 1-6.
- Graf, K.** (1992). Pollendiagramme aus den Anden: Eine Synthese zur Klimageschichte und Vegetationsentwicklung seit der letzten Eiszeit. Universität Zürich-Irchel-Geographisches Institut.
- Hagemans, K., Tóth, C. D., Ormaza, M., Gosling, W. D., Urrego, D. H., León-Yáñez, S., ... & Donders, T. H.** (2019). Modern pollen-vegetation relationships along a steep temperature gradient in the Tropical Andes of Ecuador. *Quaternary Research*, 92(1), 1-13.

- Hansen, B. C. S.,** Rodbell, D. T., Seltzer, G. O., León, B., Young, K. R., & Abbott, M. (2003). Late-glacial and Holocene vegetational history from two sites in the western Cordillera of southwestern Ecuador. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 194(1-3), 79-108.
- Heindl, M.,** & Schuchmann, K. L. (1998). Biogeography, geographical variation and taxonomy of the Andean hummingbird genus *Metallura* Gould, 1847. *Journal für Ornithologie*, 139(4), 425-473.
- Heine, J. T.** (1993). A reevaluation of the evidence for a Younger Dryas climatic reversal in the tropical Andes. *Quaternary Science Reviews*, 12(9), 769-779.
- Heusser, C. J.** (1981). Palynology of the last interglacial-glacial cycle in midlatitudes of southern Chile. *Quaternary Research*, 16(3), 293-321.
- Heusser, C. J.** (1984). Late Quaternary climates of Chile. In Late Cainozoic palaeoclimates of the Southern Hemisphere. International symposium held by the South African Society for Quaternary Research; Swaziland (pp. 59-83).
- Hurt, W. R.,** Van der Hammen, T., & Urrego, G. C. (1976). The El Abra Rockshelters, Sabana de Bogotá, Colombia, South America (No. 2). William Hammond Mathers Museum.
- Iriarte, M. J.,** & Arrizabalaga, A. (1995). Aportación de la palinología al conocimiento de la primera economía de producción en Euskal Herria. *Cuadernos de Sección. Prehistoria-Arqueología*, 6, 141-153.
- James, P. E.** (1965). Estructura Conceptual de la Geografía. *Revista Geográfica*, 5-28.
- Jordá, P. J. F.** (1995). El Cuaternario: definición, límite inferior y divisiones.
- Josse, C.,** Cuesta, F., Navarro, G., Barrena, V., Cabrera, E., Chacón-Moreno, E., ... & Tovar, A. (2009). Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Secretaría General de la Comunidad Andina, Programa Regional ECOBONA-Intercooperation, CONDESAN-Proyecto Páramo Andino, Programa BioAndes, EcoCiencia, NatureServe, IAvH, LTA-UNALM, ICAEULA, CDC-UNALM, RUMBOL SRL. Lima, Perú.
- Josse, C.,** G. Navarro, P. Comer, R. Evans, D. Faber-Langendoen, M. Fellows, G. Kittel, S. Menard, M. Pyne, M. Reid, K. Schulz, K. Snow, y J. Teague. 2003. Ecological systems of Latin America and the Caribbean: A working classification of terrestrial systems. NatureServe. Arlington, Virginia.
- Kedves, M.** (1986). Introduction to the Palynology of Pre-quaternary Deposits. *Studia Biologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, (19-20).
- Kilian, R.** (1988). Die jungquartäre Vergletscherung des Chimborazo- Vulkan (Ecuador). *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 24, 41-54.
- Kuhry, P.,** Hooghiemstra, H., Van Geel, B., & Van der Hammen, T. (1993). The El Abra stadial in the Eastern Cordillera of Colombia (South America). *Quaternary Science Reviews*, 12(5), 333-343.
- Kutschera, W.** (2019). The Half-Life of  $^{14}\text{C}$ —Why Is It So Long?. *Radiocarbon*, 61(5), 1135-1142.
- Lain, C. S.** (2004). Glosario de términos palinológicos. *Lazaroa*, 25, 93-112.
- Lawrence, E.,** Codes Valcarce, R., & Espino Nuño, F. J. (2003). *Diccionario Akal de términos biológicos*.
- León-Yáñez, S.,** Valencia, R., Pitman, N., Endara, L., Ulloa, C. U., & Navarrete, H. (2019). Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador.
- Luteyn, J. L.,** & Balslev, H. (Eds.). (1992). *Páramo: an Andean ecosystem under human influence* (p. 1). London, UK: Academic Press.
- Luteyn, J. L.,** Churchill, S. P., Griffin, D., Gradstein, S. R., Sipman, H. J., & Mauricio R. Gavilanes A. (1999). *Páramos: a checklist of plant diversity, geographical distribution, and botanical literature* (Vol. 84, p. 278). Bronx, New York, USA: New York Botanical Garden Press.
- Lynch, T.,** & Pollock, S. (1981). La arqueología de la Cueva Negra de Chobshi. *Miscelánea Antropológica Ecuatoriana*, 1(1).
- Mayer-Oakes, W. J.** (1986). El Inga: A Paleo-Indian site in the sierra of northern Ecuador. *Transactions of the American Philosophical Society*, 76(4), i-235.

- Mendoza, P. L.** (2018) BESTIARIO DEL PLEISTOCENO DE CALAMA.
- Mercer, J. H.** (1969). The Allerød oscillation: a European climatic anomaly? *Arctic and Alpine Research*, 1(4), 227-234.
- Mercer, J. H.** (1976). Glacial history of Southernmost South America 1. *Quaternary Research*, 6(2), 125-166.
- Milankovitch, M. M.** (1941). Canon of insolation and the iceage problem. Koniglich Serbische Akademice Beograd Special Publication, 132.
- Niemann, H., & Behling, H.** (2008). Late Quaternary vegetation, climate and fire dynamics inferred from the El Tiro record in the southeastern Ecuadorian Andes. *Journal of Quaternary Science: Published for the Quaternary Research Association*, 23(3), 203-212.
- Niemann, H., & Behling, H.** (2009). Late Pleistocene and Holocene environmental change inferred from the Cocha Caranga sediment and soil records in the southeastern Ecuadorian Andes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 276(1-4), 1-14.
- Niemann, H., Haberzettl, T., & Behling, H.** (2009). Holocene climate variability and vegetation dynamics inferred from the (11700 cal. yr BP) Laguna Rabadilla de Vaca sediment record, southeastern Ecuadorian Andes. *The Holocene*, 19(2), 307-316.
- Pagán-Jiménez, J. R., Guachamín-Tello, A. M., Romero-Bastidas, M. E., & Constantine-Castro, A. R.** (2015). Late ninth millennium BP use of *Zea mays* L. at Cubilán area, highland Ecuador, revealed by ancient starches. *Quaternary international*, 404, 137-155.
- Pagán-Jiménez, J. R., Guachamín-Tello, A. M., & Saavedra-López, P. R.** (2020). An updated radiocarbon dataset of late Pleistocene to Holocene archaeological sites in the Cubilán area, southern highland Ecuador. *Quaternary International*.
- Romoleroux, K., Pérez, A., León-Yáñez, S., Quintana, C., Navarrete, H., Muriel, P., Cevallos, D. Valencia, R., Proaño, M. D.** 2018. Base de datos del Herbario QCA. Versión 1.0. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Disponible en <<https://bioweb.bio/portal/>> Consulta: 15 de octubre 2020.
- Rodbell, D. T., Seltzer, G. O., Anderson, D. M., Abbott, M. B., Enfield, D. B., & Newman, J. H.** (1999). An~ 15,000-year record of El Niño-driven alluviation in southwestern Ecuador. *Science*, 283(5401), 516-520.
- Rodbell, D. T., & Seltzer, G. O.** (2000). Rapid ice margin fluctuations during the Younger Dryas in the tropical Andes. *Quaternary Research*, 54(3), 328-338.
- Rodbell, D. T., Bagnato, S., Nebolini, J. C., Seltzer, G. O., & Abbott, M. B.** (2002). A late Glacial–Holocene tephrochronology for glacial lakes in southern Ecuador. *Quaternary Research*, 57(3), 343-354.
- Rodriguez, F., & Behling, H.** (2011). Late Holocene vegetation, fire, climate and upper forest line dynamics in the Podocarpus National Park, southeastern Ecuador. *Vegetation History and Archaeobotany*, 20(1), 1-14.
- Ron, S. R.** 2020. Regiones naturales del Ecuador. BIOWEB. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Disponible en <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/RegionesNaturales>> Consulta: 21 de enero 2021.
- Rosselló, V. V. M.** (1970). Clima y morfología pleistocena en el litoral mediterráneo español. *Papeles de Geografía*, (2).
- Salazar, E.** (1979). El hombre temprano en la región del Ilalo, sierra del Ecuador. Departamento de Difusión Cultural de la Universidad de Cuenca.
- Sánchez Goñi, M. F.** (1993). De la Taphonomie Pollinique a la reconstitution de l'environnement (Vol. 586). *British Archaeological Reports Ltd.*
- Schubert, C., & Clapperton, C. M.** (1990). Quaternary glaciations in the northern Andes (Venezuela, Colombia and Ecuador). *Quaternary Science Reviews*, 9(2-3), 123-135.

- Silva, P. G., Bardají, T., Roquero, E., Baena-Preysler, J., Cearreta, A., Rodríguez-Pascua, M. A., ... & Goy, J. L.** (2017). El Período Cuaternario: La Historia Geológica de la Prehistoria. *Cuaternario y Geomorfología*, 31(3-4), 113-154.
- Stejneger, L.** (1901). Scharff's History of the European Fauna. *The American Naturalist*, 35(410), 87-116. Retrieved October 8, 2020, from <http://www.jstor.org/stable/2454249>
- Stoherth, K. E., & Mosquera, A. S.** (2011). Culturas del Pleistoceno final y el Holoceno temprano en el Ecuador. *Boletín de Arqueología PUCP*, (15), 81-119.
- Temme, M.** (1982). Excavaciones en el sitio precerámico de Cubilan (Ecuador). *Miscelánea Antropológica Ecuatoriana*, 2(2), 135-164.
- Temme, M.**, 2005. Cubilán: dos estaciones precerámicas en el curso superior del río San Felipe de Oña, Provincias de Loja y Azuay, Ecuador. Universidad Técnica Particular de Loja, Loja.
- Temme, M.** (2009). Cubilán: Dos Estaciones Precerámicas en el Curso Superior del Río San Felipe de Oña (Provincias: Loja y Azuay–Ecuador). Loja: Universidad Técnica Particular de Loja.
- Van der Hammen, T., & González, E.** (1959). Historia de clima y vegetación del Pleistoceno Superior y del Holoceno de la Sabana de Bogotá y alrededores. Dept. Cundinamarca. Official Report of the Servicio Geológico Nacional, Bogotá.
- Van der Hammen, T., & González, E.** (1960). Upper pleistocene and holocene climate and vegetation of the "Sabana de Bogota" (Colombia, South America). *Leidse Geologische Mededelingen*, 25(1), 261-315.
- Van der Hammen, T.** (1978). Stratigraphy and environments of the Upper Quaternary of the El Abra corridor and rock shelters (Colombia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 25(1-2), 111-162.
- Van der Hammen, T., Noldus, G., & Salazar, E.** (2003). Un diagrama de polen del Pleistoceno final y Holoceno de Mullumica. *Maguaré*, (17).
- Velarde, L.** (1998). Problemática de los fechados carbono 14 y su calibración: el caso del formativo de los andes centrales. *Arqueología y Sociedad*, (12), 11-28.
- Varela, L. A., Ron, S. R.** 2018. Geografía y clima del Ecuador. BIOWEB. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Disponible en < <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/GeografiaClima/>> Consulta: 24 de agosto del 2020.
- Velásquez Ruiz, C. A.** (1999). Atlas palinológico de la flora vascular paramuna de Colombia: Angiospermae. Facultad de Ciencias.
- Villota, Hugo.** 1997. "Una nueva aproximación a la clasificación fisiográfica del terreno". *Revista CIAF*, 15(1): 83-117. Santa Fe de Bogotá.
- Villota, A., León-Yáñez, S., & Behling, H.** (2012). Vegetation and environmental dynamics in the Páramo of Jimbura region in the southeastern Ecuadorian Andes during the late Quaternary. *Journal of South American Earth Sciences*, 40, 85-93.
- Weng, C., Bush, M. B., & Chepstow-Lusty, A. J.** (2004). Holocene changes of Andean alder (*Alnus acuminata*) in highland Ecuador and Peru. *Journal of Quaternary Science*, 19(7), 685-691.
- Winckell, A.** (1982). Relieve y Geomorfología del Ecuador. Documentos de investigación, Centro ecuatoriano de investigación geográfica Guayaquil, (1), 3-19.
- Wille, M., Hooghiemstra, H., Hofstede, R., Fehse, J., & Sevink, J.** (2002). Upper forest line reconstruction in a deforested area in northern Ecuador based on pollen and vegetation analysis. *Journal of Tropical Ecology*, 18(3), 409-440.

## FUENTES VIRTUALES

<https://bioweb.bio/floraweb/librorojo/paramos/>

<https://www.tropicos.org/name/Search>

<http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema22/tema22-9polen.htm>

<https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal/OxCal.html>

Anexo 1

