



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



## Efecto de la temperatura y precipitación sobre la longitud de los anillos de crecimiento de *Eucalyptus globulus* y *Pinus sylvestris* en el cantón Rumiñahui

Calle Andrade, Gyna Paola

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniería Agropecuaria

Ing. Pérez Guerrero, Patricio Alejandro PhD.

04 de Febrero del 2022





**INTRODUCCIÓN**

**JUSTIFICACIÓN**

**OBJETIVOS**

**HIPÓTESIS**

**MARCO TEÓRICO**

**METODOLOGÍA**

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**CONCLUSIONES**

**RECOMENDACIONES**

**AGRADECIMIENTO**



# INTRODUCCIÓN



Fuente: (Gené *et al.*, 1993); (Camarero, Guerrero, & Gutiérrez, 1997; Domínguez, 2014).

# JUSTIFICACIÓN



Eventos climáticos

Crecimiento de especies forestales

Información para estudios dendroclimáticos.

# OBJETIVOS

## Objetivo general

- Evaluar el efecto de la precipitación y temperatura sobre la longitud de los anillos de crecimiento en árboles de *Eucalyptus globulus* y *Pinus sylvestris*.

## Objetivos específicos

- Determinar la relación entre la longitud de los anillos de crecimiento periódicos de dos especies arbóreas y las variables climáticas (precipitación y temperatura).
- Desarrollar un modelo de ecuación que interrelacione el efecto de la precipitación y temperatura en la longitud de los anillos de crecimiento de dos especies arbóreas.

## H1

- La longitud de los anillos de crecimiento de árboles de *Eucalyptus globulus* y *Pinus sylvestris* presenta una relación directamente proporcional con los factores climáticos (precipitación y temperatura).

## H0

- La longitud de los anillos de crecimiento de árboles de *Eucalyptus globulus* y *Pinus sylvestris* no presenta una relación directamente proporcional con los factores climáticos (precipitación y temperatura).

# HIPÓTESIS

# MARCO TEÓRICO



- ✓ Precipitación
- ✓ Temperatura



Influencia de factores climáticos

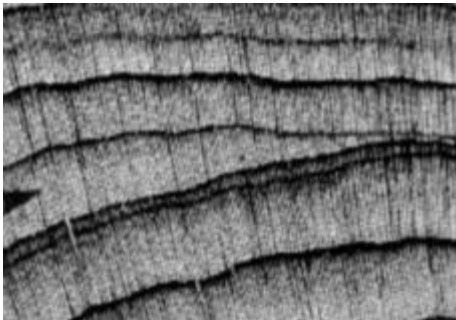
- ✓ Corte transversal
- ✓ Longitudinal tangencial
- ✓ Longitud radial

Tipos de cortes

Crecimiento de los árboles

Estructura anatómica

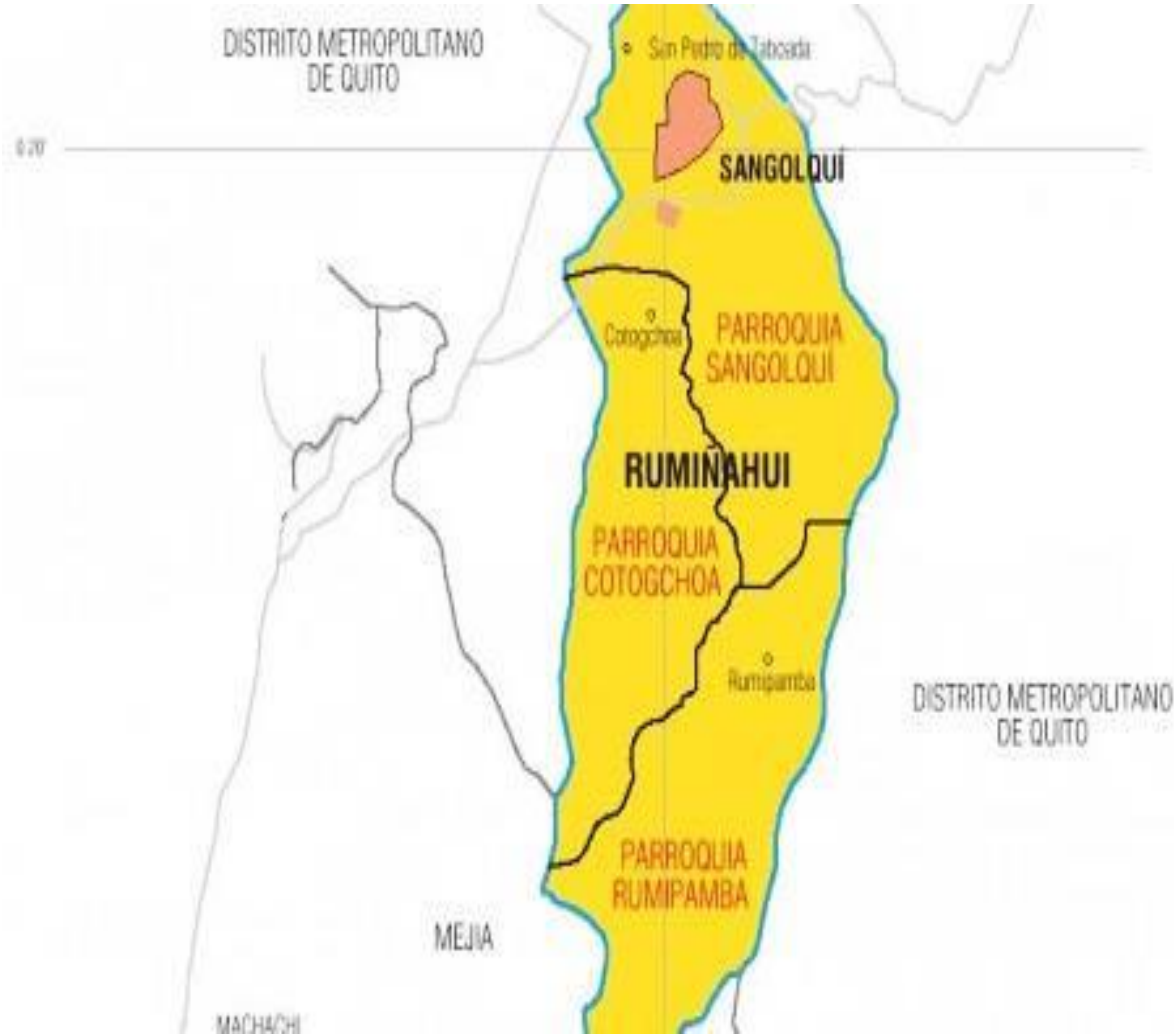
- ✓ Coníferas → traqueidas, parénquima, canales resiníferos.
- ✓ Latifoliadas → vasos, parénquima, fibras



- ✓ Anillos ausentes
- ✓ Anillos falsos

Anomalías anatómicas





## Características geográficas

Latitud	0°20'04" S
Longitud	78°26'51" O
Altitud	2500 m.s.n.m
Extensión	134, 15 km <sup>2</sup>

## Características ecológicas

Precipitación media	824,8 mm
Temperatura media	15 °C

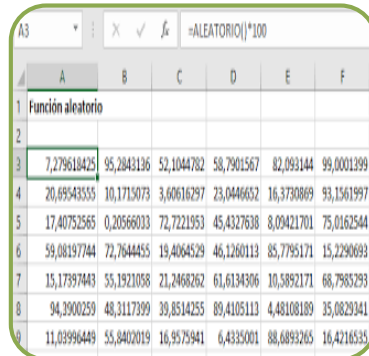
**Figura 1.** Localización del área de estudio

Fuente: Gobierno de la Provincia de Pichincha, (2017).

- Obtención y recolección de las muestras

$$n = \frac{Z^2 \cdot S^2 \cdot N}{(N \cdot e^2) + (Z^2 \cdot S^2)}$$

**Muestreo aleatorio simple**



A3    X    ✓    ✗    =ALEATORIO()\*100

	A	B	C	D	E	F
1	Función aleatorio					
2						
3	7,279610425	95,2043136	52,1044702	58,7901567	02,093144	99,0001399
4	20,69543555	10,1715073	3,60616297	23,0446652	16,3730809	93,1561997
5	17,40752565	0,20566033	72,7221953	45,4327638	8,09421701	75,0162544
6	59,08197744	72,7644455	19,4064529	46,1260113	85,7795171	15,2290693
7	15,17397443	55,1921058	21,2468262	61,6134306	10,5092171	68,7985293
8	94,2900259	48,3117399	39,8514255	89,4105113	4,48108189	35,0829341
9	11,03996449	55,8402019	16,9575941	6,4335001	88,6893265	16,4216535

**Aleatorización**



**Localización del árbol a muestrear**



**Corte de la corteza**



**Extracción de la muestra**



- Tratamiento de las muestras



**Almacenamiento  
de muestras**



**Secado (60°C por  
24 horas)**



**Lijado**



**Hervir las  
muestras  
(15 min)**

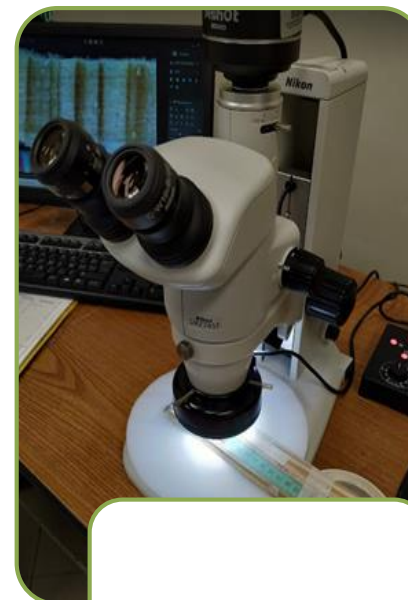
- **Análisis microscópico de las muestras**



**Identificación de los anillos**



**Rasgos cualitativos y marcaje**



**Captura fotográfica de los anillos**



**Medición de los anillos**

- Obtención de datos meteorológicos



**Figura 2.** Ubicación geográfica de la estación meteorológica (C08)

### Características geográficas

Latitud	0°23'31.7" S
Longitud	78°24'51.3" O
Altitud	2728 m.s.n.m.

- Variables medidas y análisis de la información

### Características cualitativas e identificación de anillos:

- ✓ Longitud de los anillos (mm)
- ✓ *Eucalipto* → dimensión de los vasos
- ✓ *Pino* → identificación de sección clara y oscura



### Agrupación de datos:

- ✓ Se agrupa los datos de cada especie por periodos
- ✓ Tabulación de datos meteorológicos
- ✓ Análisis de regresión lineal



- Análisis microscópico de las especies arbóreas

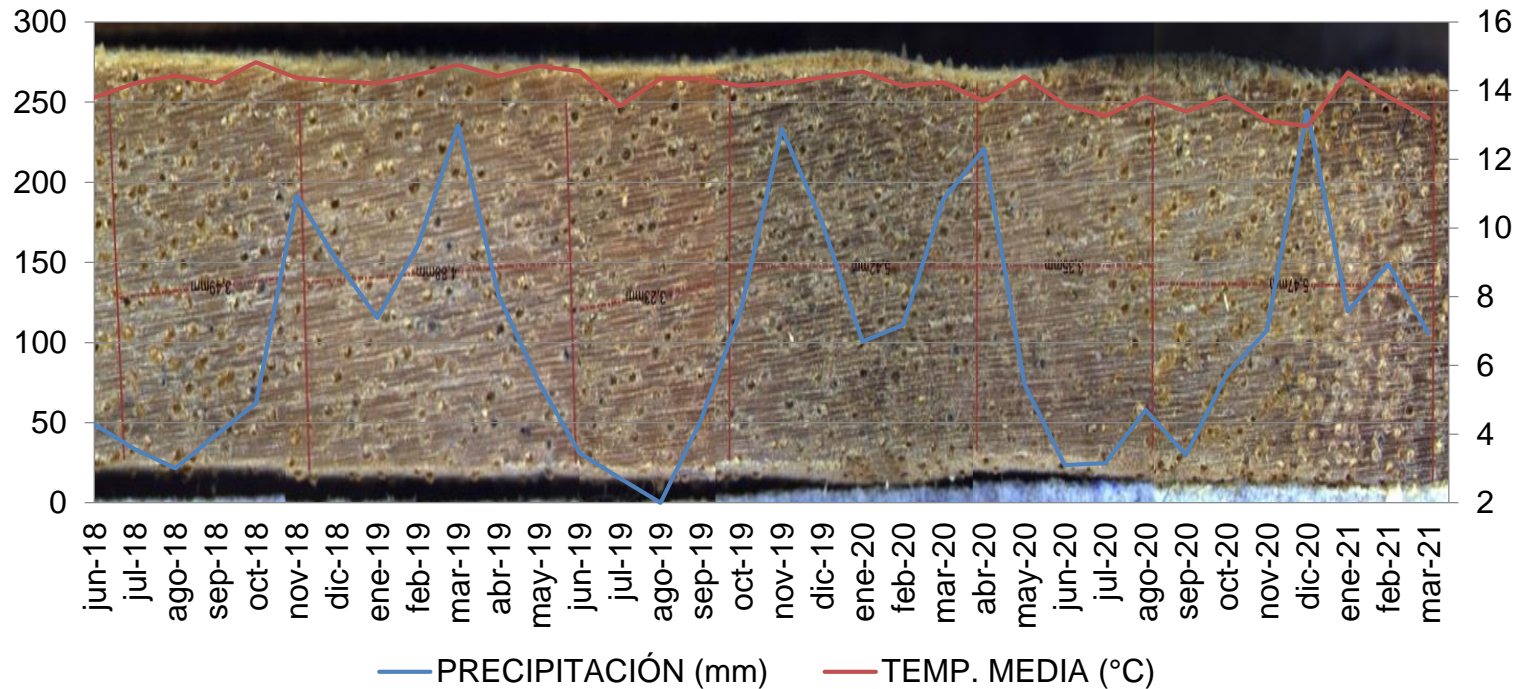
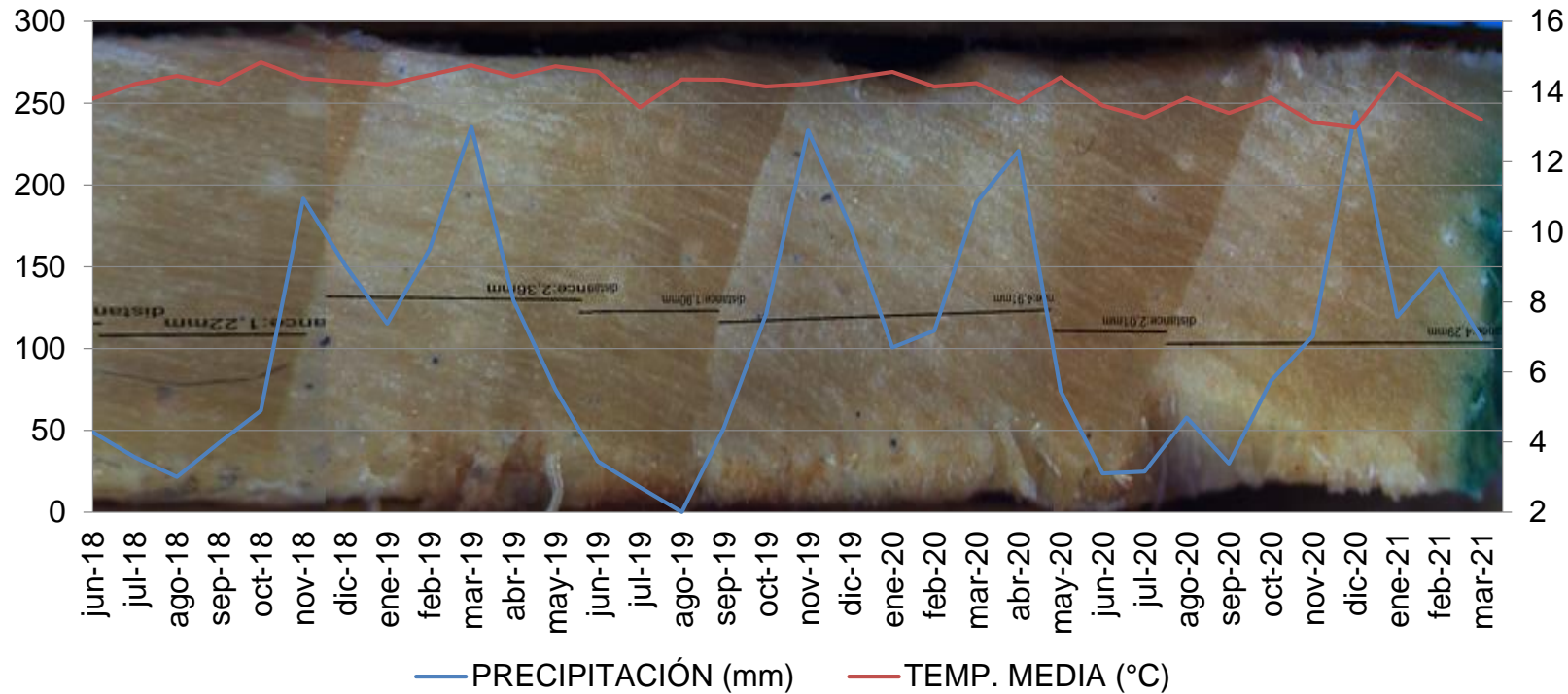


Figura 3. Vista microscópica de una muestra de *Eucalyptus globulus*.

Especie	Periodos	Longitud de lanillos (mm)		
		Promedio	Mín	Máx.
<i>Eucalyptus globulus</i>	1 (I)	5.94	3.95	7.92
	2 (V)	2.61	1.18	4.6
	3 (I)	6.35	4.09	9.43
	4 (V)	2.96	1.9	5.01
	5 (I)	5.86	3.55	7.9
	6 (V)	2.95	1.05	6.10

Tabla 1. Anillos periódicos de crecimiento

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

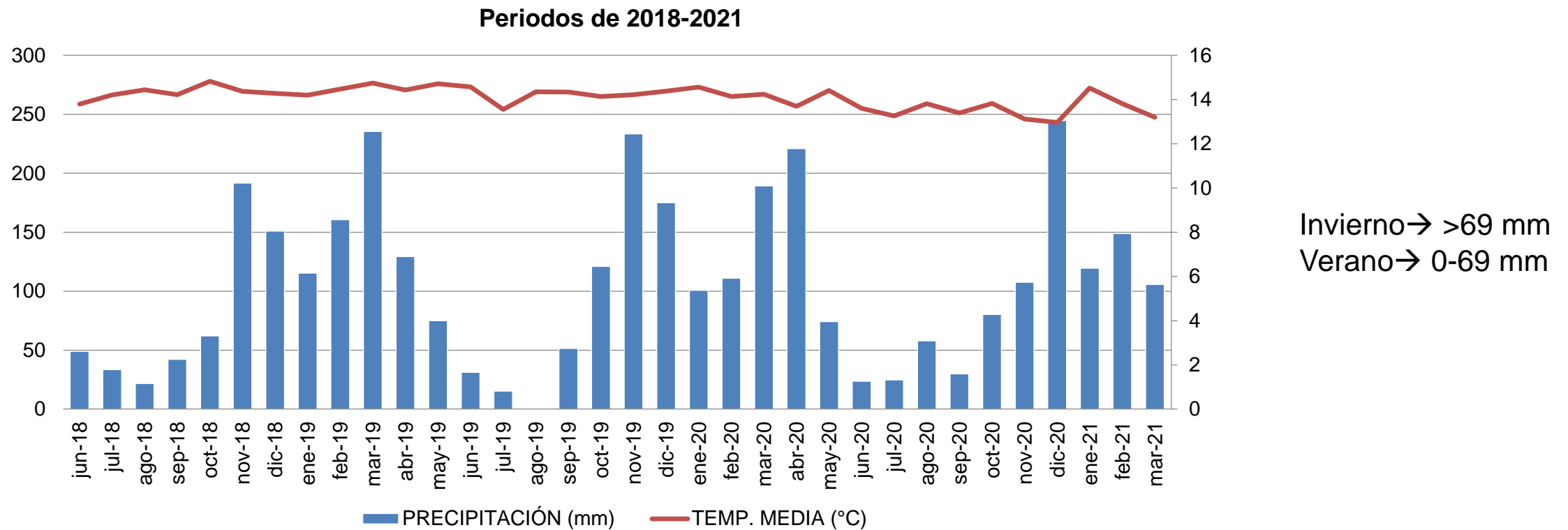


Especie	Periodos	Longitud de anillos (mm)		
		Promedio	Mín	Máx.
<i>Pinus sylvestris</i>	1 (I)	4.71	3.39	6.98
	2 (V)	1.97	1.17	2.66
	3 (I)	4.6	2.55	7.35
	4 (V)	2.3	1.52	3.67
	5 (I)	4.39	2.36	7.38
	6 (V)	2.33	0.83	3.75

**Tabla 2.** Anillos periódicos de crecimiento

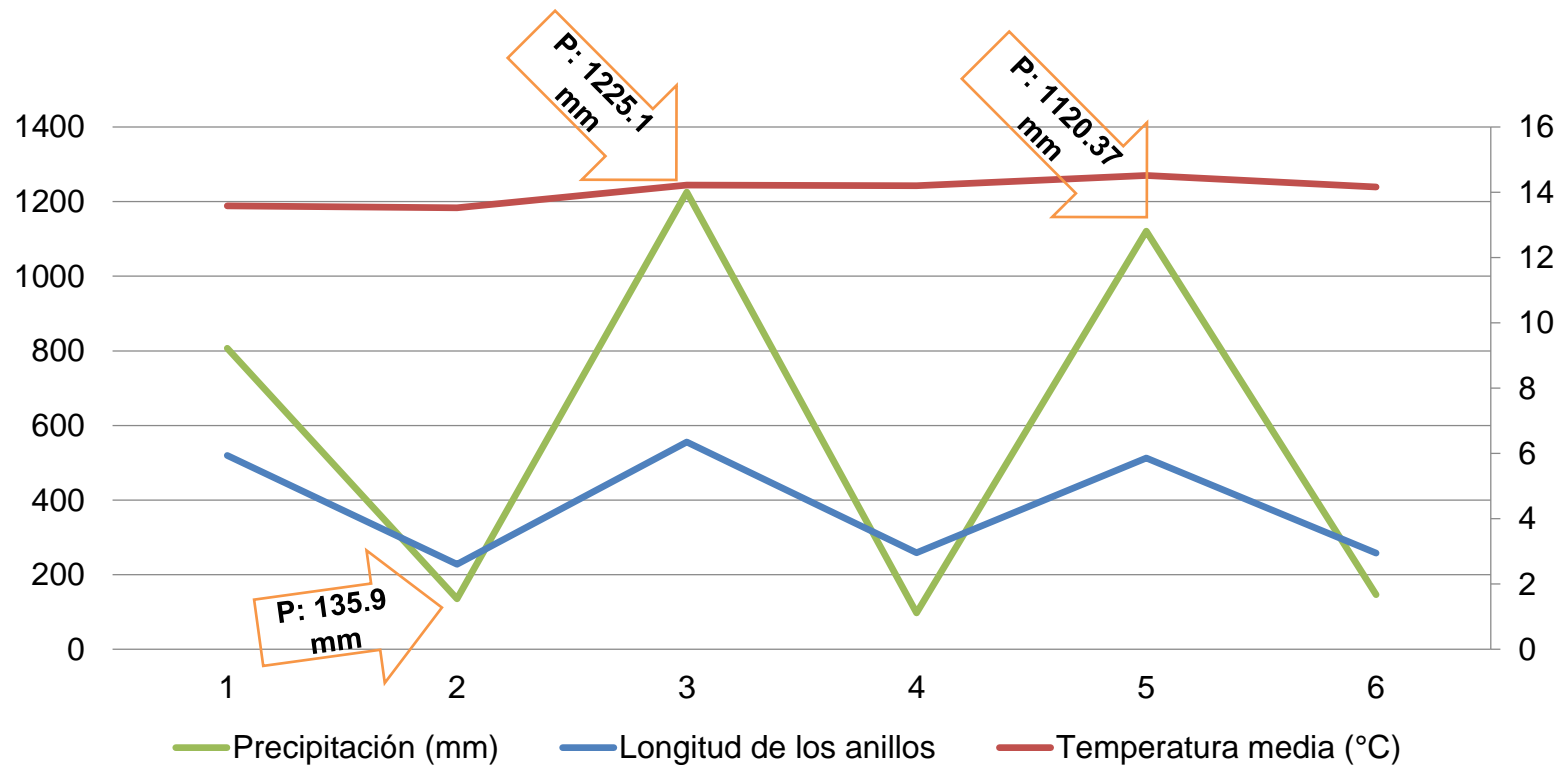
**Figura 4.** Vista microscópica de una muestra de *Pinus sylvestris*

- Obtención de datos meteorológicos



**Tabla 3.** Datos meteorológicos del sitio de estudio.

- Relación entre el ancho de los anillos con la precipitación y temperatura.



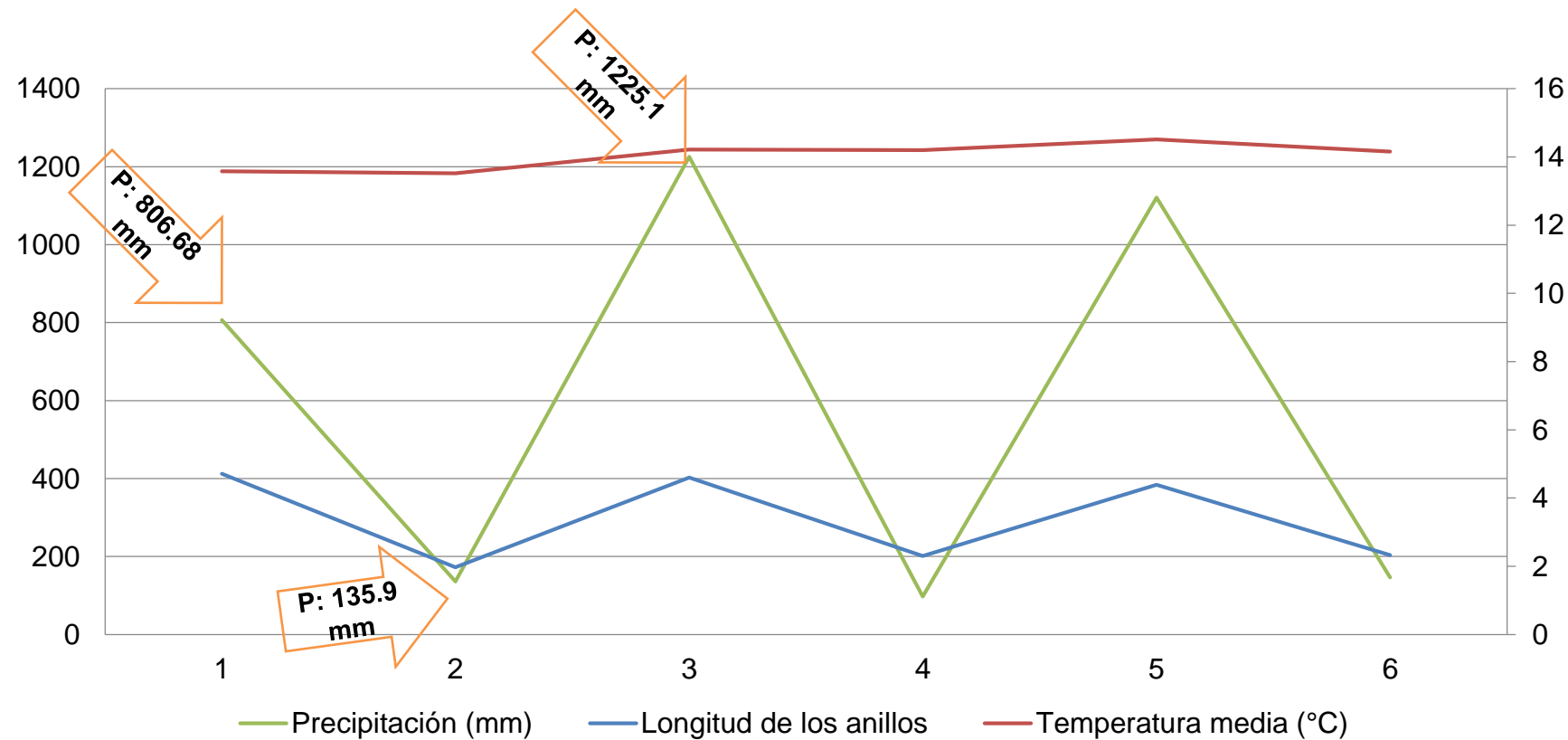
**Periodo 2:** long.  
promedio **2.61 mm**  
(jun. 20 – sep. 20)

**Periodo 3:** long.  
promedio **5.94 mm**  
(oct. 19 – may. 20)

**Periodo 5:** long.  
Promedio **5.86 mm**  
(nov.18- may. 19)

**Figura 4.** Relación de los anillos de crecimiento de *Eucalyptus globulus* y variables meteorológicas

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN



**Periodo 1:** long.  
promedio **4.71 mm**  
(Oct. 20 - mar.21)

**Periodo 2:** long.  
promedio **1.97 mm**  
(jun. 20 – sep. 20)

**Periodo 3:** long.  
Promedio **4.6 mm**  
(oct. 19– may. 20)

**Figura 5.** Relación de los anillos de crecimiento *Pinus sylvestris* y variables meteorológicas.



- Análisis de regresión lineal (modelos lineales para eucalipto)

Modelo	R <sup>2</sup> AJ.	p-Valor	ECMP	AIC	BIC
1. $L = -10,60 + 1,07T$	0,04	0,0096	3,61	667,68	676,95
2. $L = 2,52 + 0,0033P$	0,70	<0,0001	1,13	479,96	489,22
3. $L = 10,53 - 0,58T + 0,0035P$	0,71	0,0186 <0,0001	1,12	476,30	488,65

**Tabla 3.** Resumen de los modelos lineales obtenidos para estimar la longitud de los anillos de crecimiento en árboles de *Eucalyptus globulus*.

✓ Yáñez, Cantú, González, & Uvalle, (2014), en su investigación trabajaron con tres especies de eucalipto y como resultado obtuvieron una regresión lineal ( $R^2$  entre 40 y 82%) donde se comprometía la precipitación, reconociendo que el balance hídrico disponible es de suma importancia para el desarrollo y crecimiento de esta especie

- Análisis de regresión lineal (modelos lineales para pino)

Modelo	R <sup>2</sup>	p-Valor	ECMP	AIC	BIC
1. $L = -6 + 0.67 T$	0,02	0,4022	3,25	144,3	149,05
2. $L = 2 + 0.0023 P$	0,45	<0,0001	1,81	123,29	128,04
3. $L = 9.08 - 0.51 T + 0.0025 P$	0,46	0,4260 <0,0001	1,94	124,59	130,92

✓ López, *et al.*, (2018) y Vericat, Piqué, & Trasobares, (2013), realizaron estudios con esta especie de pino y obtuvieron ecuaciones en las que se incluía a la precipitación con un coeficiente de determinación de 0.49 y 0.31 respectivamente.

**Tabla 5.** Resumen de los modelos lineales obtenidos para estimar la longitud de los anillos de crecimiento en árboles de *Pinus sylvestris*.

- Modelos de ecuación para árboles de *Eucalyptus globulus* y *Pinus sylvestris*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<b>Modelo</b>	410,82	1	410,82	371,64	<0,0001
<b>Precipitación</b>	410,82	1	410,82	371,64	<0,0001
<b>Error</b>	176,87	160	1,11		
<b>Total</b>	587,69	161			

**Tabla 6.** Estimación de los parámetros del modelo 2 de *Eucalyptus globulus* y su significancia.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<b>Modelo</b>	45,51	1	45,51	28,23	<0,0001
<b>Precipitación</b>	45,51	1	45,51	28,23	<0,0001
<b>Error</b>	54,80	34	1,61		
<b>Total</b>	100,31	35			

**Tabla 7.** Estimación de los parámetros del modelo 2 de *Pinus sylvestris* y su significancia.

Ares, Zalba, & Peinemann (1992) mencionan que en este tipo de modelos aun utilizando otros factores climáticos como variables, raramente se logra explicar con un coeficiente de determinación de valores superiores al 50 y 60%.

La precipitación presentó un efecto significativo a un nivel de significancia del 5% sobre la longitud de los anillos de crecimiento de *Eucalyptus globulus* y *Pinus sylvestris*, mientras que la temperatura media de los periodos climáticos analizados no influyó significativamente en el crecimiento de los anillos ya que la variabilidad de los datos climáticos entre el mes más caliente (14.83°C) y el más frío (12.97°C) es solamente de 1.86°C.

Los anillos de crecimiento de las muestras de eucalipto y pino presentaron una relación significativa con la precipitación, ya que los meses del periodo de invierno tuvieron precipitaciones acumuladas entre 806.68 a 1225.1 mm, mientras que en los periodos que menos precipitaciones acumuladas tuvieron estuvo en el rango de 97.79 a 146.2 mm, y esto no afectó significativamente en el crecimiento de las especies arbóreas estudiadas.

Se desarrollaron modelos de regresión lineal para estimar el valor de la longitud de los anillos de crecimiento, de lo cual resultó que la longitud de los anillos y la precipitación se relaciona positivamente mediante los siguientes modelos matemáticos:

$L_{(\text{eucalipto})} = 2,52 + 0.0033P$  ( $R^2: 0.70$ ;  $p < 0,0001$ ) y  $L_{(\text{pino})} = 2 + 0.0023P$  ( $R^2: 0.45$ ;  $p < 0,0001$ ).

---

Las investigaciones dendrocronológicas de las especies forestales existentes en Ecuador aún son escasas, y para el análisis de los anillos de crecimiento existen algunas especies que demuestran un gran potencial para su aplicación. Aunque las especies muestran irregularidades en los anillos, pueden ser aplicados en estudios de manejo forestal basándose en las condiciones climáticas de los bosques ecuatorianos; por lo que recomienda considerar este tipo de investigaciones para conocer más sobre la ocurrencia de los anillos en la diversidad de especies arbóreas existentes en nuestro país.

---

Una variabilidad del crecimiento entre individuos de cierta población arbórea puede ser relativamente alta y con la obtención de curvas individuales de crecimiento a partir de la medición de los anillos puede ser utilizada para estimar las tasas de crecimiento usando las ecuaciones de incremento de las diferentes clases de tamaño de una población, lo que revela la importancia de esta información para su evaluación en prácticas de manejo forestal.

---

# AGRADECIMIENTOS



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

