

# DENDROCRONOLOGÍA: DESARROLLO Y EXPECTATIVAS DE INVESTIGACIÓN EN MÉXICO



**Julián Cerano Paredes**, Lorenzo Vázquez Selem, José Villanueva Díaz, Peter Z. Fulé, Víctor Magaña Rueda, Rosalinda Cervantes Martínez, Gerardo Esquivel Arriaga, Osvaldo Franco Ramos

# Dendrocronología

**Dendro:** Del Griego que significa Árbol

**Cronos:** Tiempo

**Logos:** Conocimiento

La ciencia que emplea los anillos de crecimiento de árboles, datados al año exacto de su formación para analizar los cambios ambientales en el pasado.

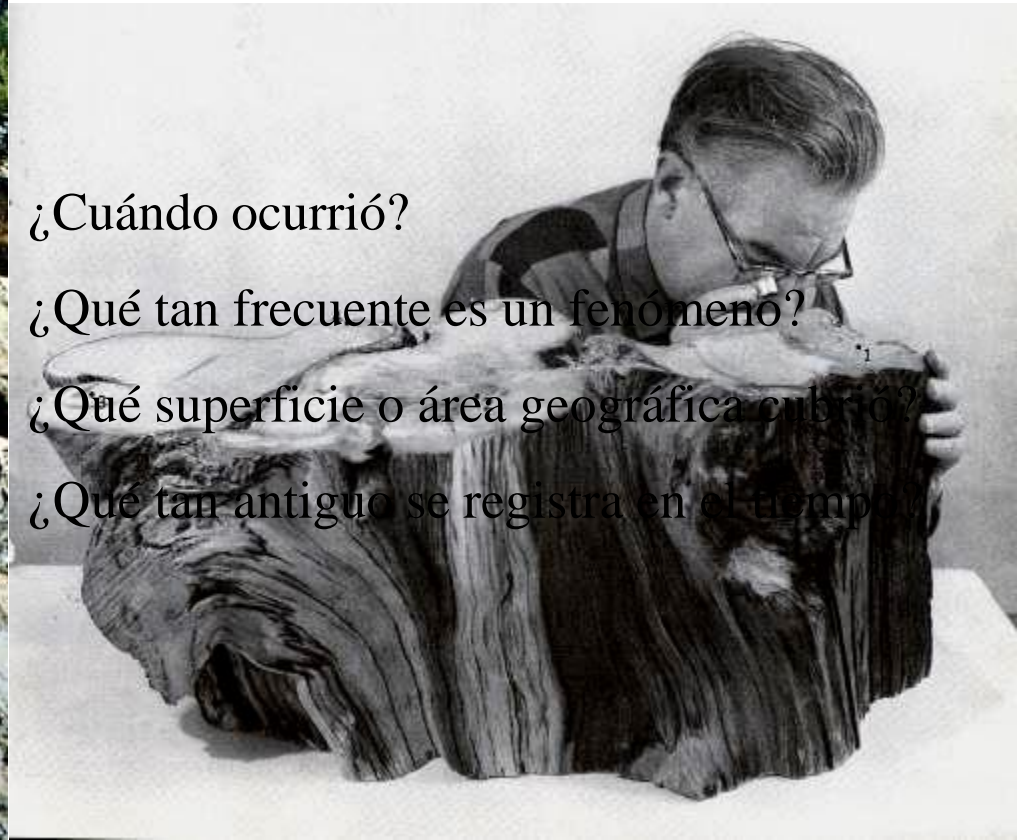


¿Cuándo ocurrió?

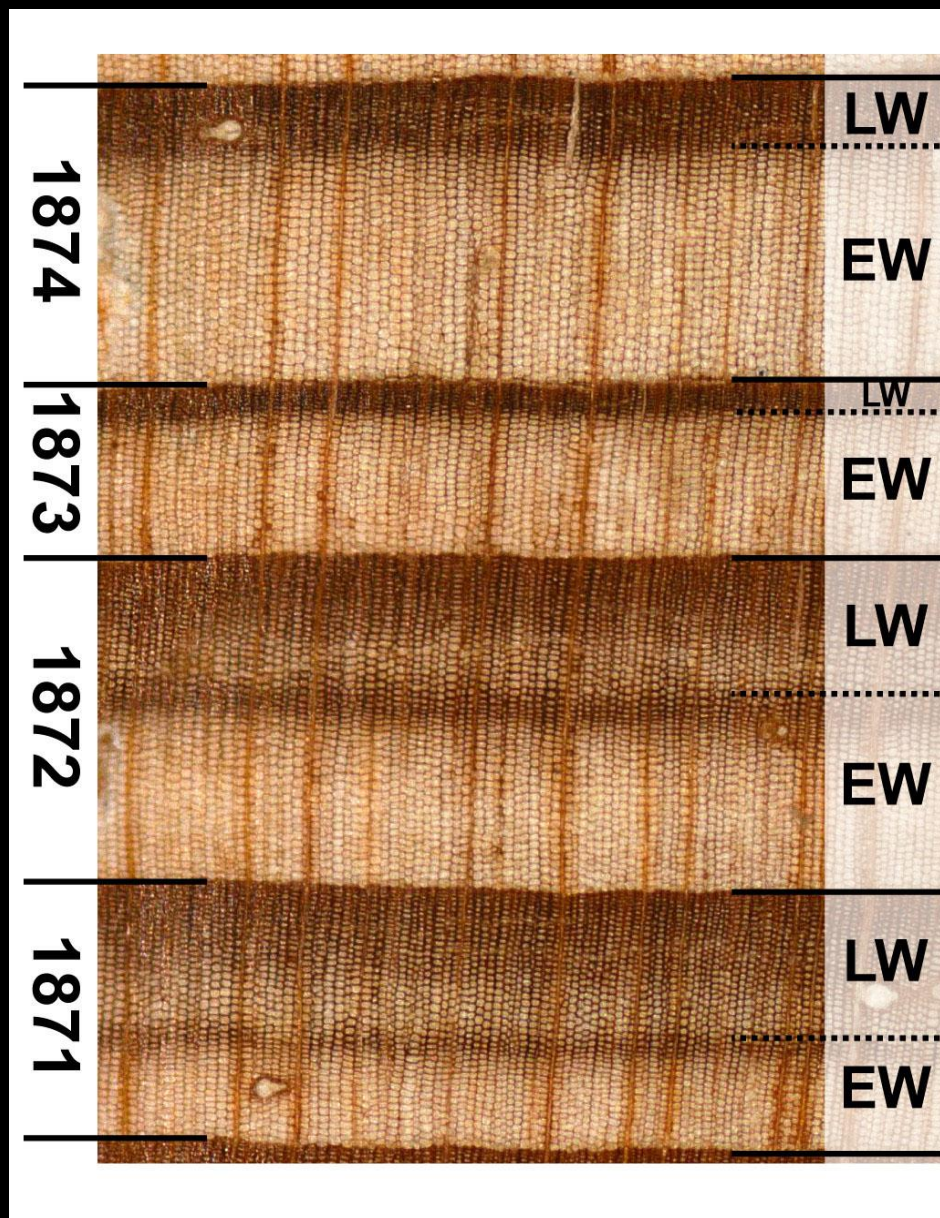
¿Qué tan frecuente es un fenómeno?

¿Qué superficie o área geográfica cubre?

¿Que tan antiguo se registra en el tiempo?



# Métodos de datación del Cuaternario (H-P)



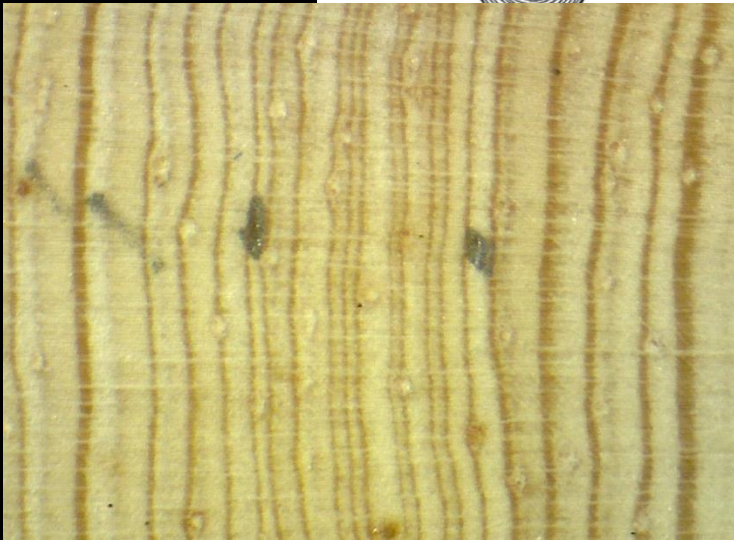
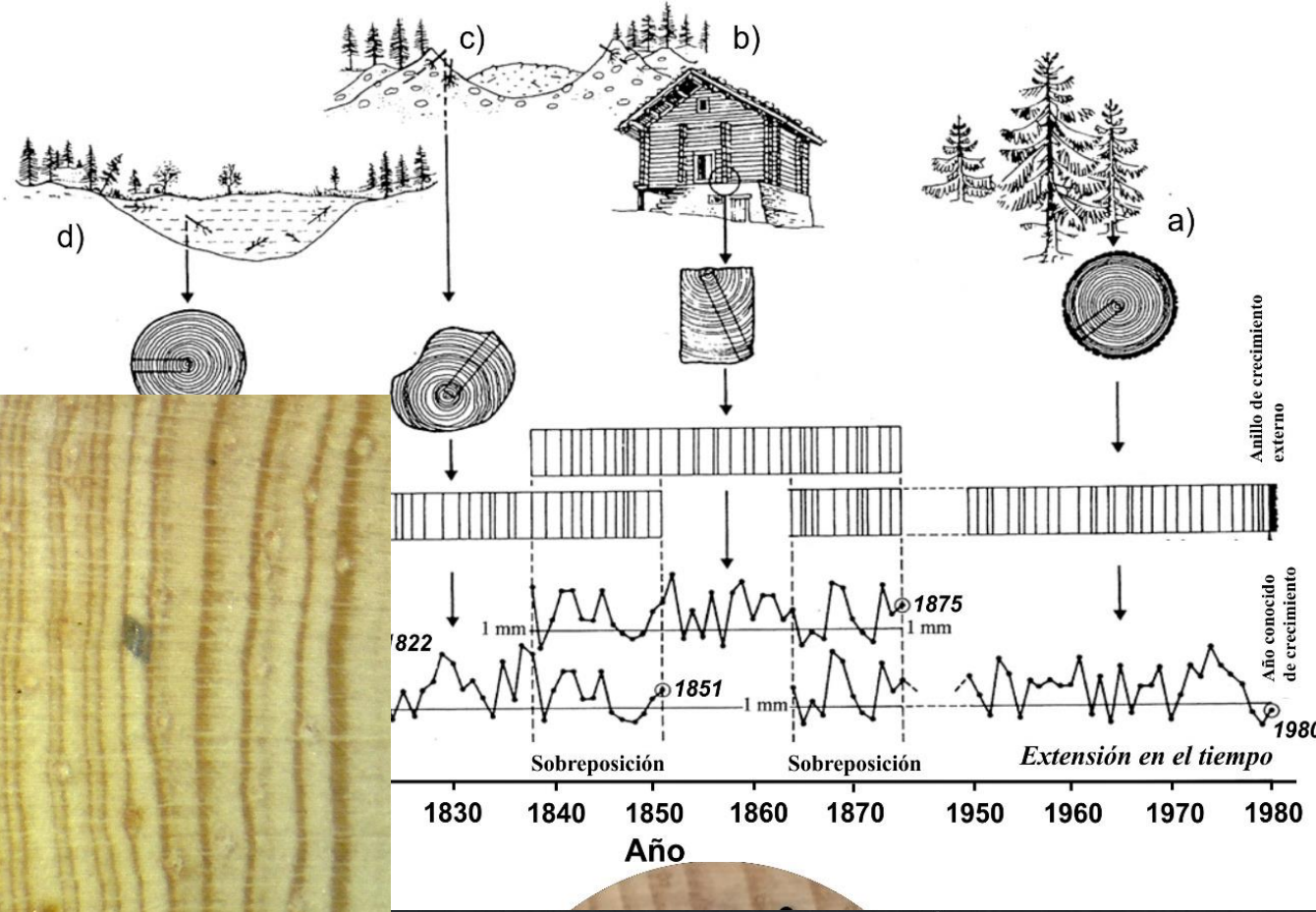
(Fotografía tomada de Griffin, 2013)

## Áreas de la Dendrocronología

- **Dendroarqueología:** Datar restos arqueológicos.
- **Dendroclimatología:** Desarrollo de registros del clima pasado.
- **Dendrogeomorfología:** Datar movimientos y deslizamientos de tierra en el pasado.
- **Dendrohidrología:** Desarrollo de registros de escurrimientos e inundaciones en el pasado.
- **Dendroglaciología:** Datar movimientos pasados de glaciares.
- **Dendrovolcanología:** Datar erupciones volcánicas pasadas.
- **Dendroquímica:** Usar anillos de árboles como monitores de contaminación o elementos en el suelo v aire.
- **Dendroecología:** Registrar procesos ecológicos, tales como movimiento del tree-line, ataque de insectos, especies invasoras.
- **Dendropirocronología:** Datar la ocurrencia de fuegos pasados.
- **Dendroentocronología:** Uso de anillos de árboles para reconstruir niveles de poblaciones pasadas de insectos.
- **Dendromastecología:** Uso de anillos de árboles para reconstruir los eventos de fructificación en árboles.



Tr



- \* Se co  
mm y c
- \* Las r
- \* El an
- \* La calidad del fe
- \* Las series de índ

7 12  
5).  
mm.

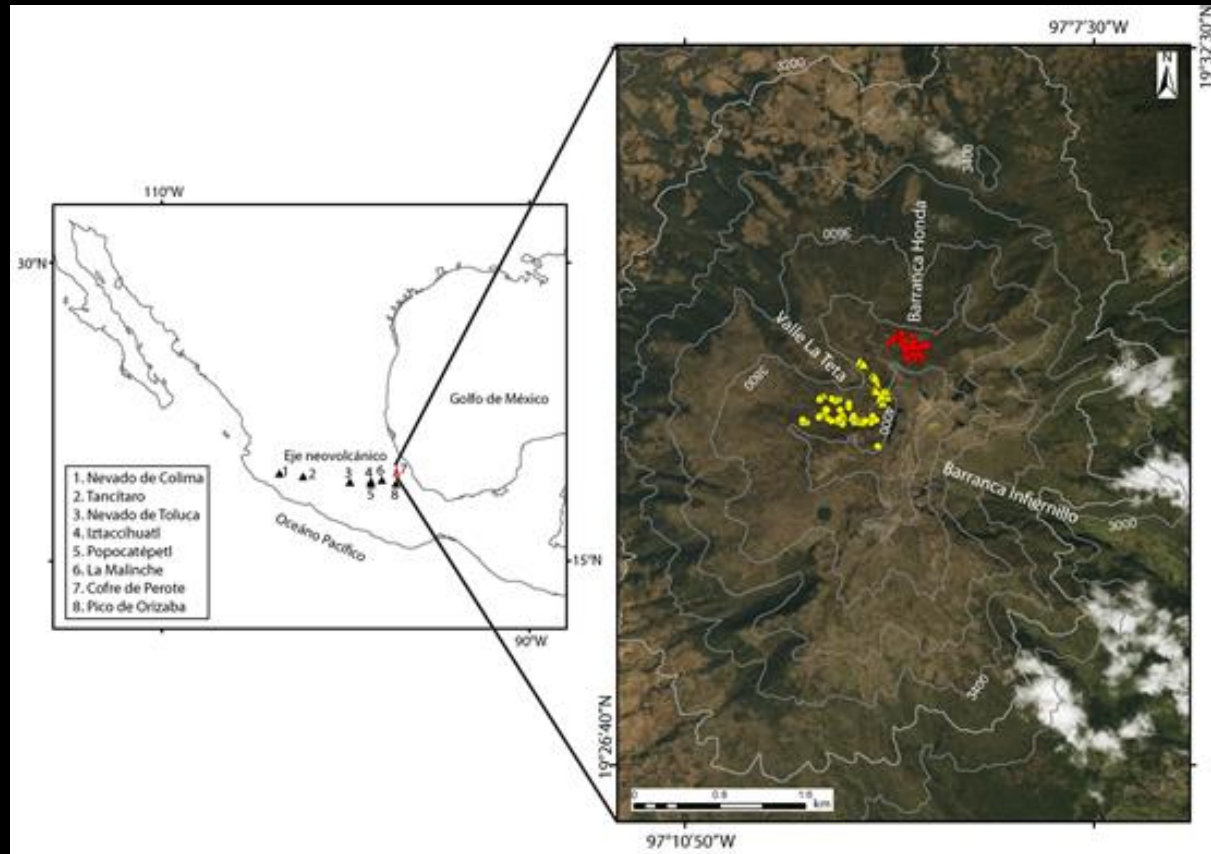
mes, 1984).

# RESULTADOS



# Parque Nacional Cofre del Perote, Veracruz

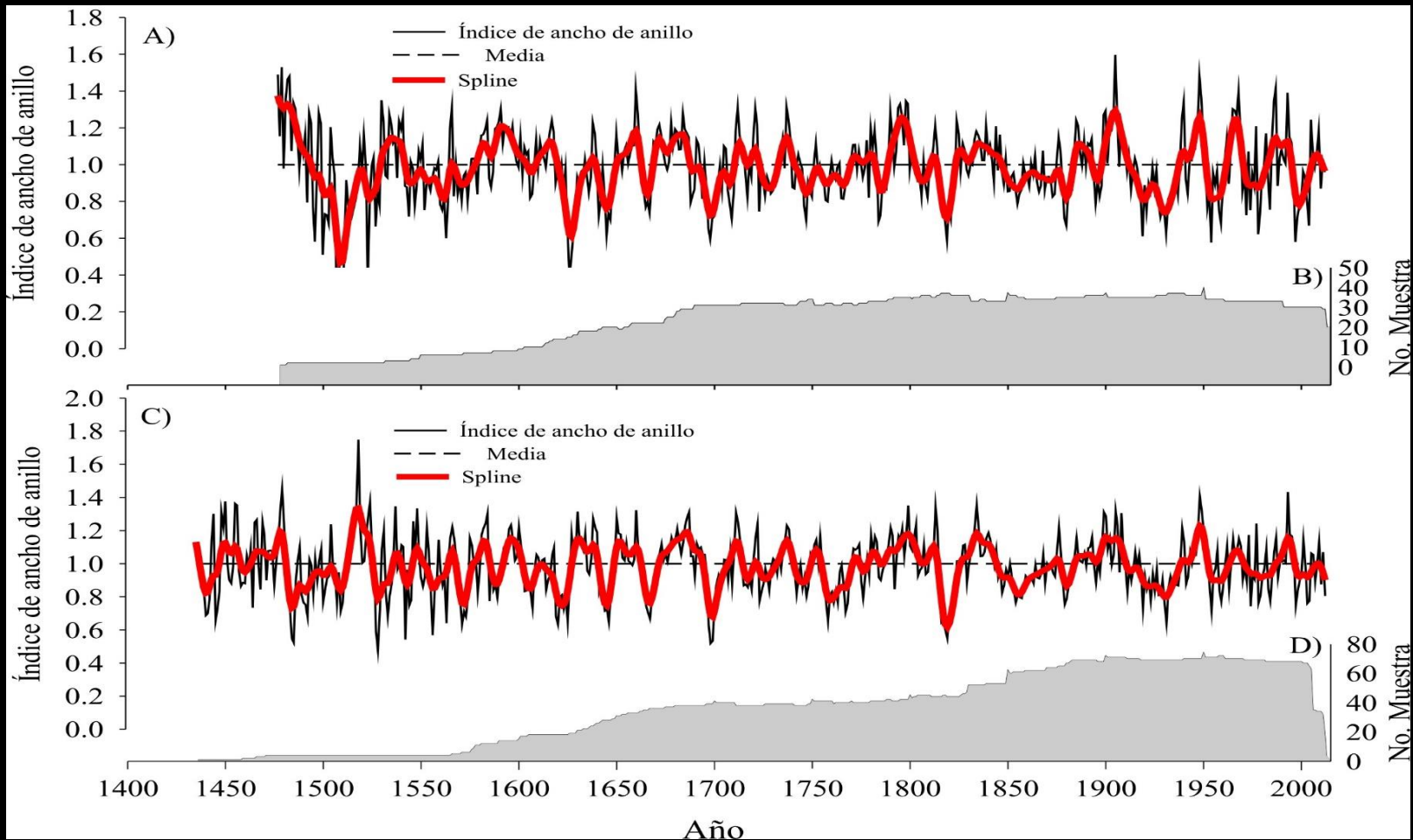
DENDROCLIMATOLOGÍA



Recurrencia de Sequías



# Series Paleoclimáticas



Desarrollo de dos cronologías:

Barranca Honda con una longitud 536 años que comprende el período 1478-2013 (A)

Valle la Teta con una longitud 578 años que comprende el período de 1436-2013 (C)



# Reconstrucción de la lluvia invernal

Relación entre la precipitación invernal (Enero-Marzo) y el índice de ancho de anillo para el período de datos observados (1966-2001).

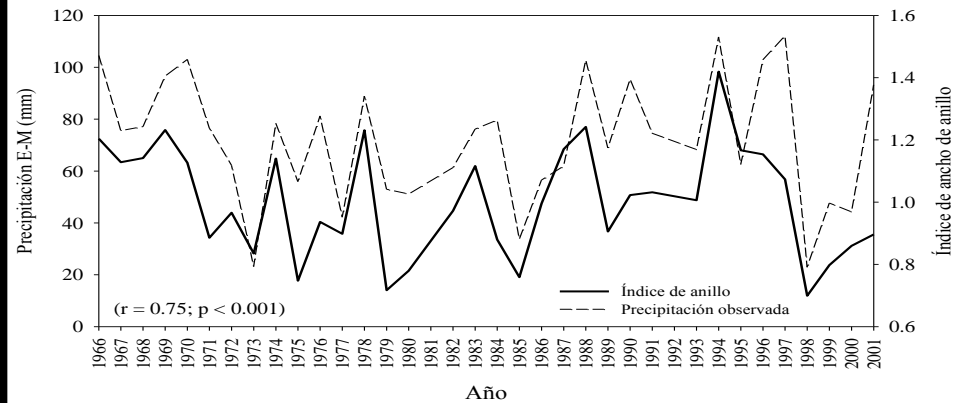
Correlación significativa entre los datos observados y los generados con base en los anillos de crecimiento de *Pinus hartwegii*.

## Potencial para desarrollar un modelo de Regresión

Se desarrolló un modelo de regresión lineal, considerando como variable dependiente a la lluvia invernal y la variable independiente los índices de anillo.

El modelo lineal (de la derecha), se corrió para generar los datos del período común y compara datos observados y reconstruidos.

Validado el modelo de regresión estadísticamente, se podrá aplicar a toda la serie de índice de anillo. Reconstruir la variabilidad de la lluvia invernal para los pasados **600 años**.



$$Y_t = a + b * X_t$$

Donde:

$Y_t$  = Precipitación Ene-Mar

$a = -30.16$

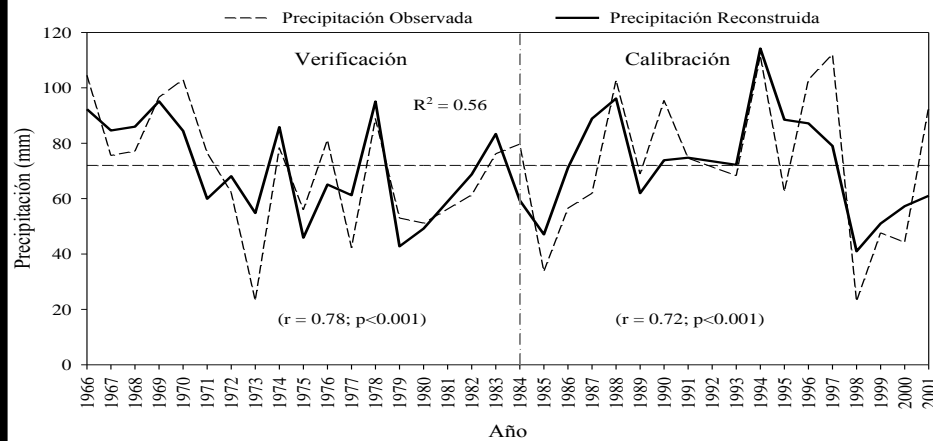
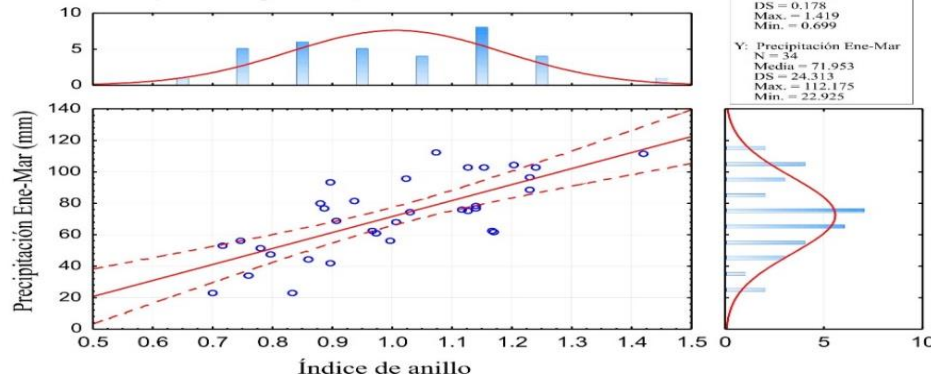
$b = 101.71$

$X_t$  = índice de anillo

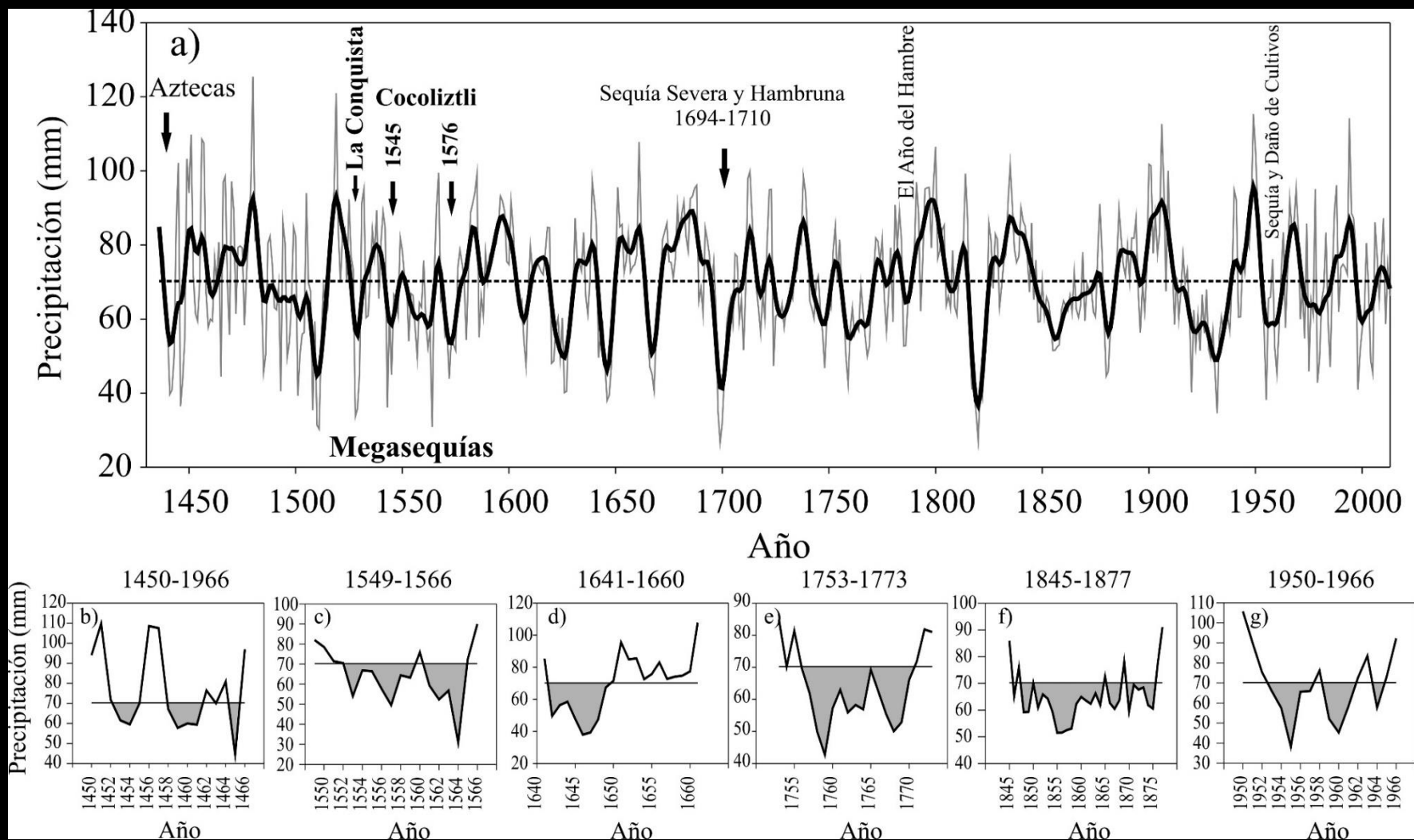
( $r = 0.75$ ;  $p < 0.01$ )

X: índice de anillo  
 N = 34  
 Media = 1.004  
 DS = 0.178  
 Max. = 1.419  
 Min. = 0.699

Y: Precipitación Ene-Mar  
 N = 34  
 Media = 71.953  
 DS = 24.313  
 Max. = 112.175  
 Min. = 22.925

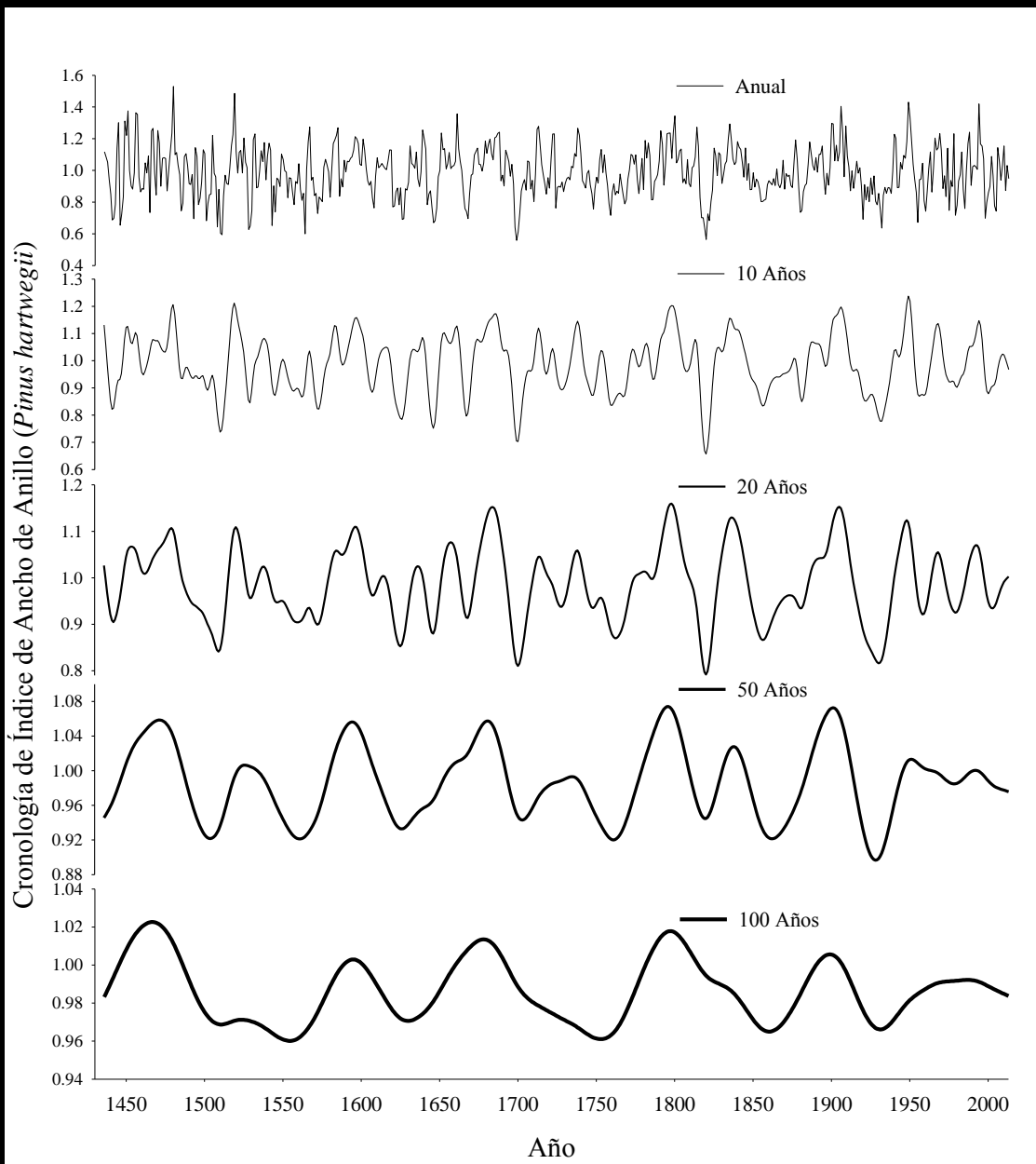


# Reconstrucción de la Precipitación Invernal



Variabilidad histórica de la precipitación invernal de los últimos 600 años para el centro de México. a) indica la variabilidad anual de alta frecuencia (línea gris) y la variabilidad de baja frecuencia (línea en color negro suavizada a 10 años). Las figuras inferiores (b, c, d, e, f y g) muestran los eventos extremos de sequía determinados cada mediados de siglo, eventos con una recurrencia de 100 años.

# Recurrencia de eventos de baja frecuencia

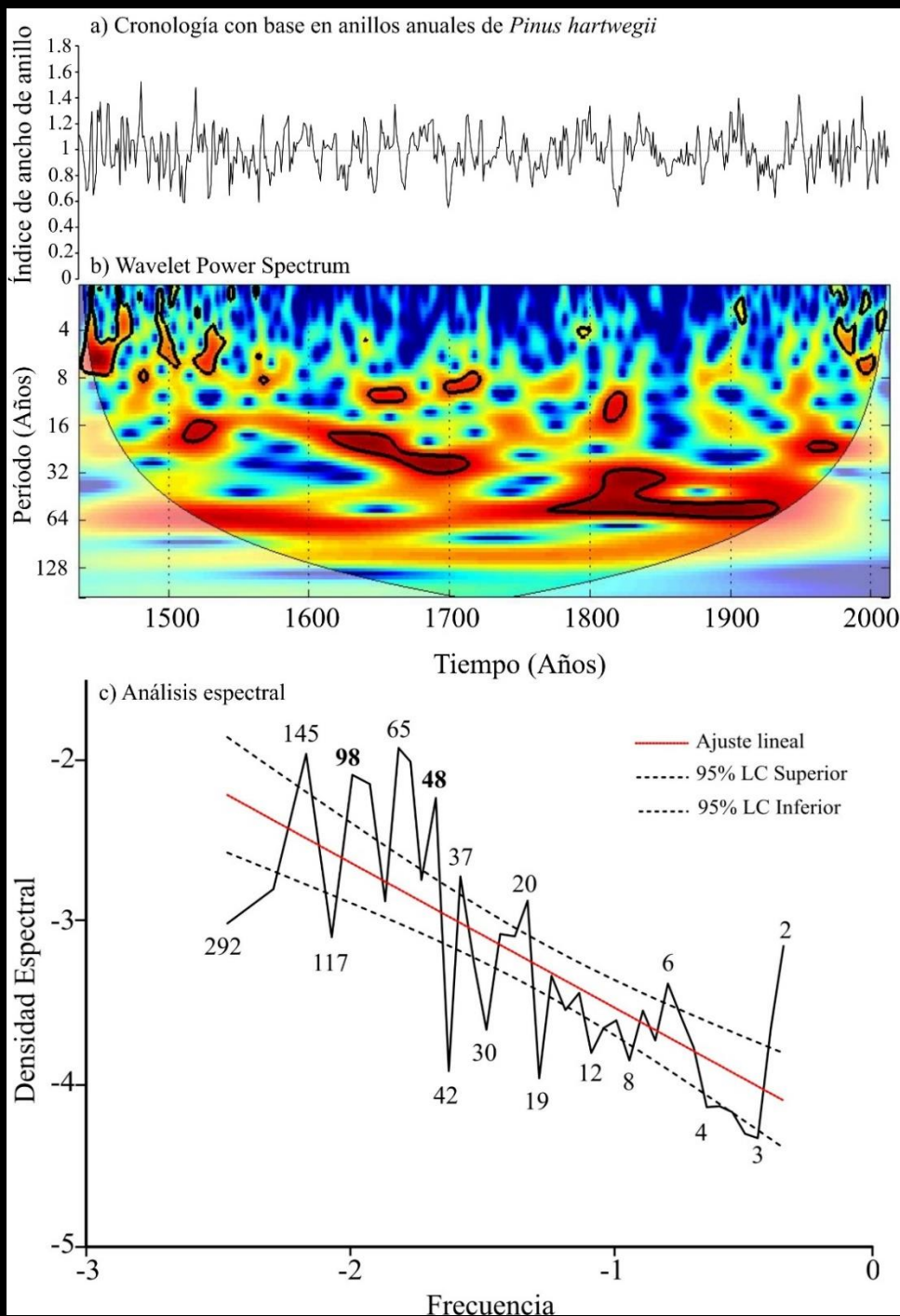


Serie de índice de anillo que permite observar desde la variabilidad de alta frecuencia (anual) hasta una variabilidad de baja frecuencia (100 años).

El suavizado de la serie permite determinar eventos recurrentes de baja frecuencia.

Se pueden observar eventos recurrentes de 50 años aproximadamente.

De igual manera se observan eventos cíclicos cada 100 años, eventos analizados en la reconstrucción de la lluvia invernal.



## Frecuencias significativas en la serie

Figura a), muestra la variabilidad de alta frecuencia de la serie de índice de anillo.

Figura b), análisis de Wavelet Power Spectrum de la serie de índice de anillo, que muestra por medio de un grafico de resolución anual de tiempo-frecuencia, las frecuencias positivas y significativas en la serie.

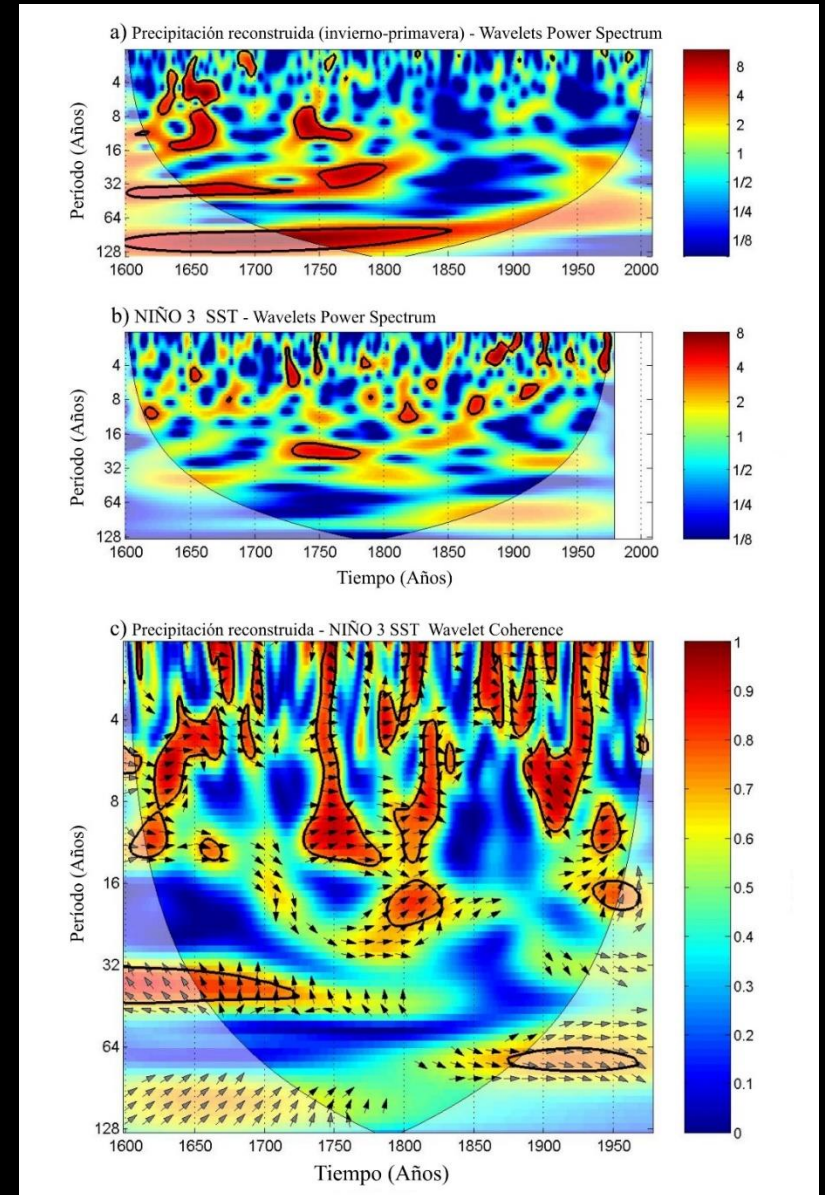
Frecuencias de 1-8 años, relacionadas con ENSO, de 10 y 20 años aproximadamente, relacionadas posiblemente con PDO y frecuencias en toda la longitud de la serie de 50-60 y 100 años.

Figura c), análisis espectral versus frecuencia, que indica las frecuencias significativas de la serie. Este segundo análisis corrobora las frecuencias indicadas y reafirma la recurrencia de eventos extremos cada 50 y 100 años, estos últimos de cada mediado de siglo de mayor severidad.

# Influencia de fenómenos de circulación general a diferentes escalas geográficas

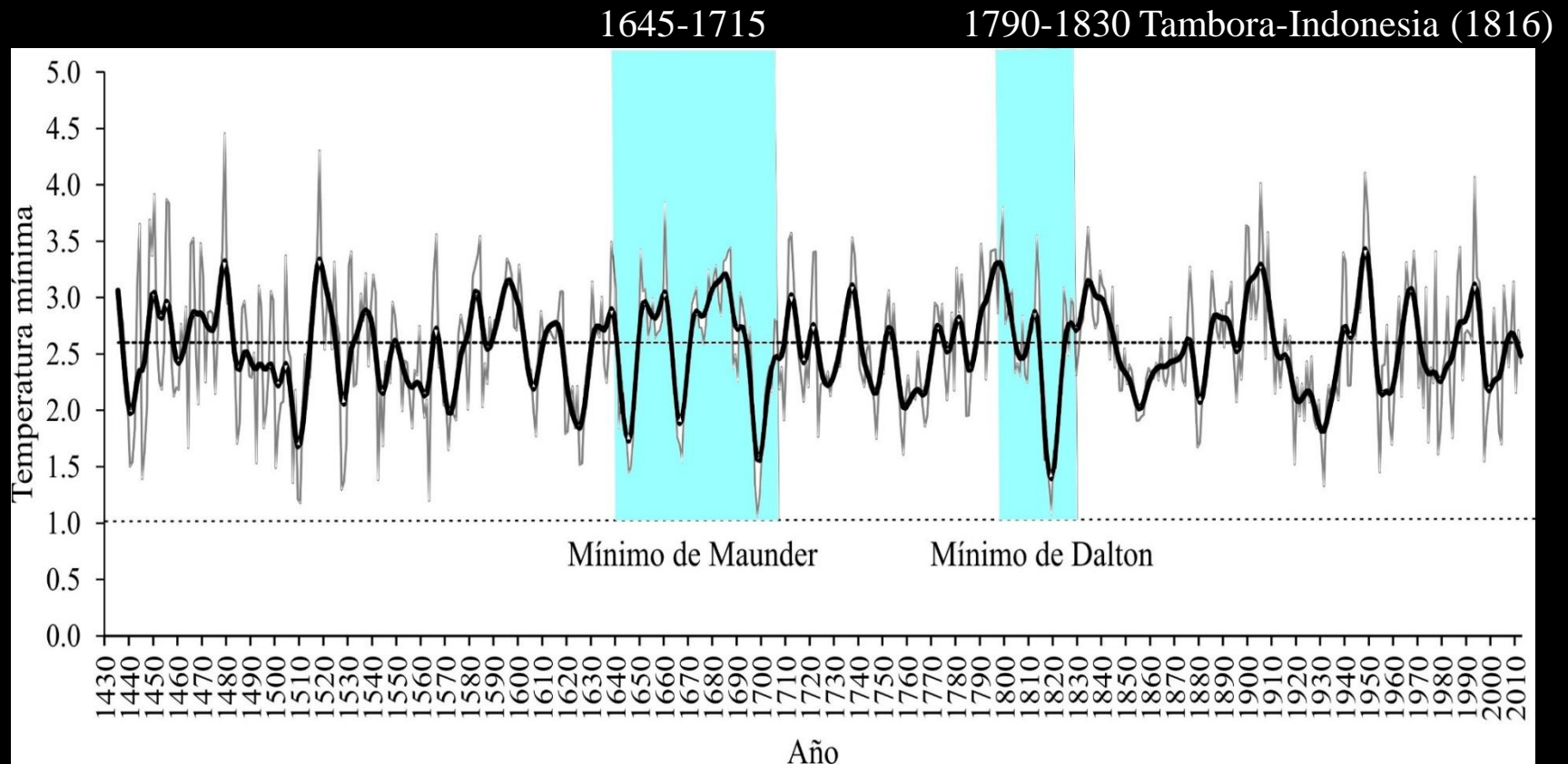


Variabilidad de la precipitación, 410 años; Cerano *et al.* 2012.  
(NINO3, Diciembre–Febrero, 1408–1978; Cook 2000)



# Reconstrucción de Temperatura

1. La cronología de *Pinus hartwegii* presentó excelente potencial para reconstruir la variabilidad climática para los pasados seis siglos.
2. La reconstrucción permite analizar las condiciones climáticas en períodos históricos relevantes para el centro de México.
3. Se ha determinado la recurrencia de eventos extremos cada 50 y 100 años



# Parque Nacional Cofre del Perote, Veracruz

## *Juniperus monticola*

Colecta de muestras para reconstrucción de variables climáticas...

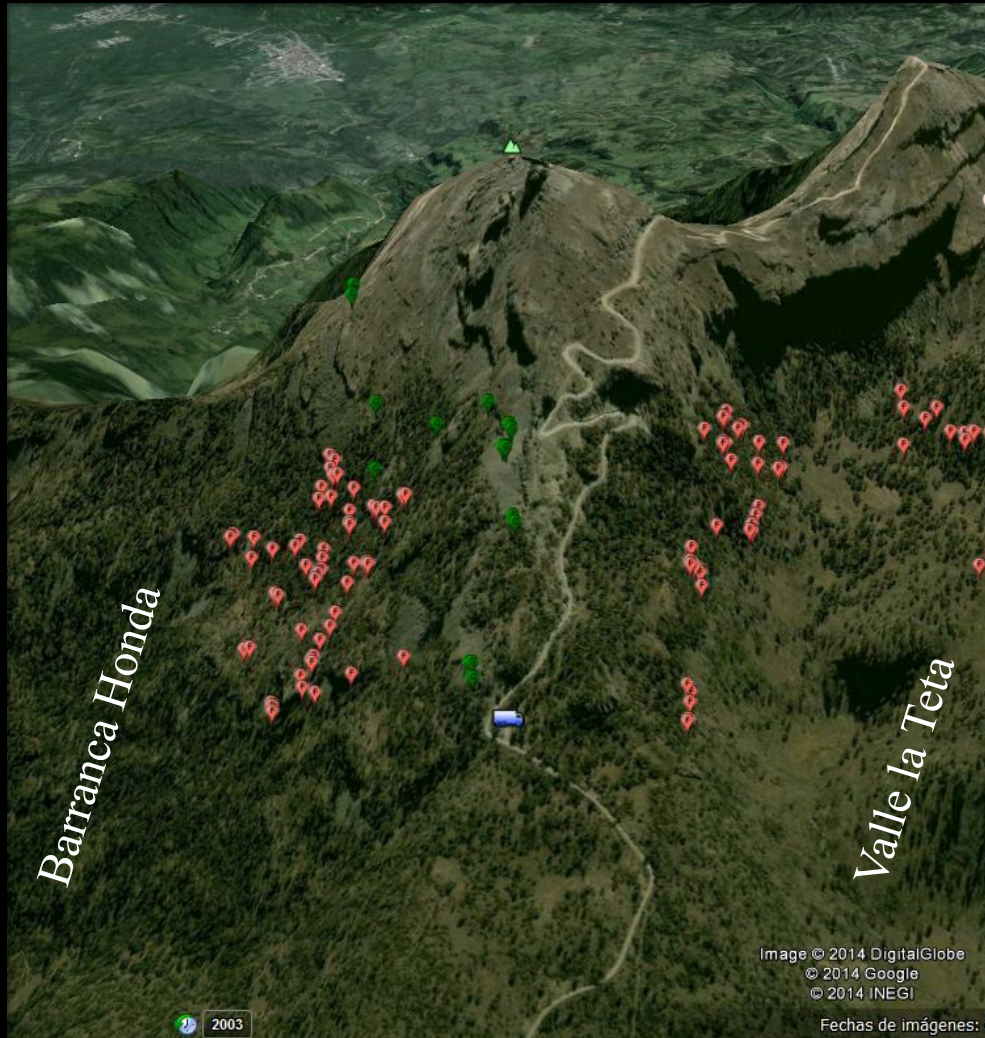


Image © 2014 DigitalGlobe  
© 2014 Google  
© 2014 INEGI

Fechas de imágenes: 4/11/2003

# **LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN “DENDROECOLOGÍA”**

**Dendropirocronología**





# Registros de la historia del fuego

## Cicatrices de incendios



Formación de las cicatrices de incendios en la parte basal de los tallos de árboles de pino. Cuando el fuego quema la corteza y parte del cambium (a), en la parte quemada del tronco se inhibe el crecimiento del árbol y se forma una cicatriz (b); la incidencia de nuevos incendios formara nuevas cicatrices, localizadas en la sección transversal del tallo de árboles afectados por el fuego (c). La lectura de los anillos de crecimiento anuales y las cicatrices de fuego (indicadas por las flechas), permite datar los incendios y analizar su frecuencia histórica (Cerano, 2008).

# Métodos de campo

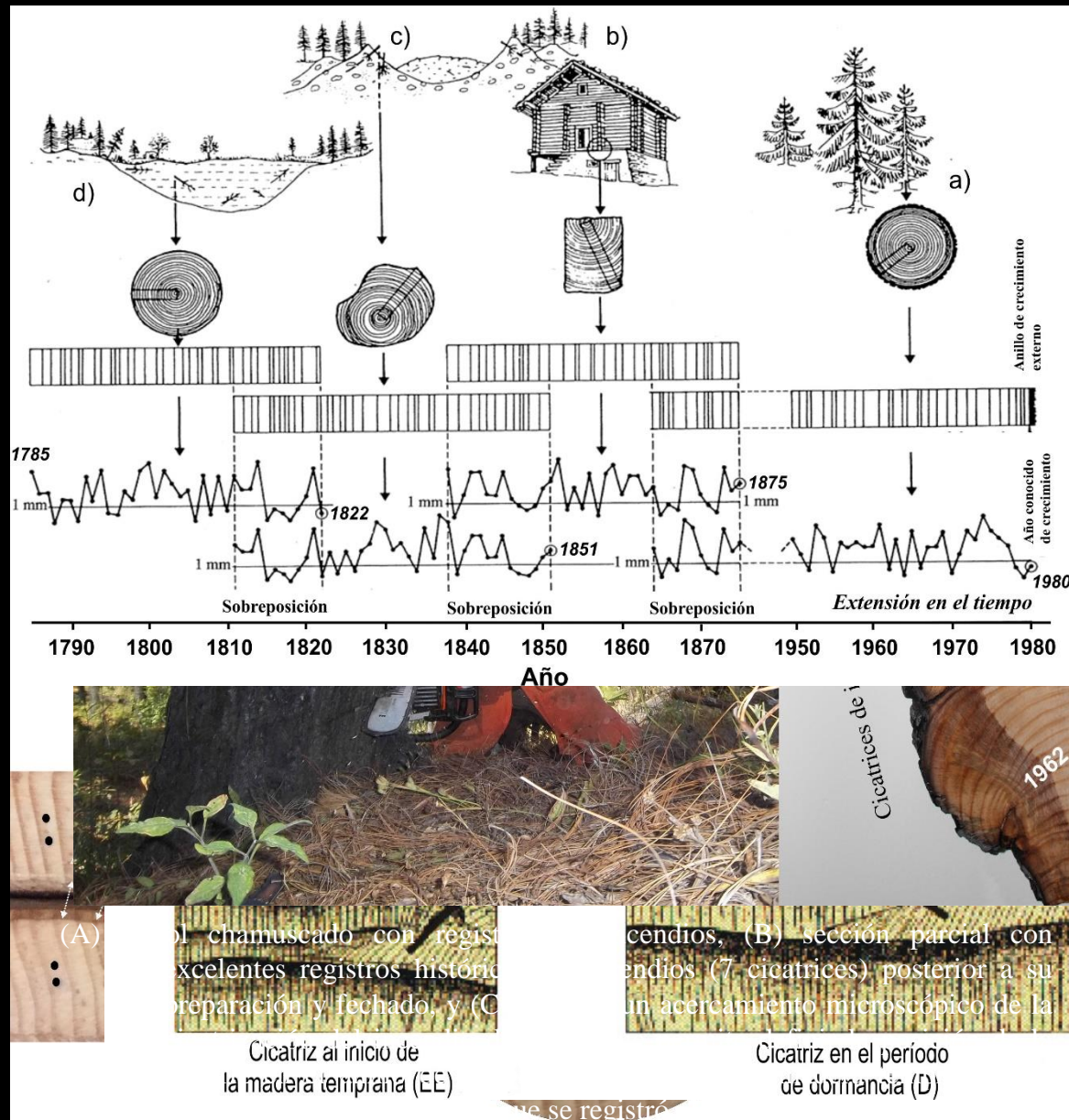
(Muestreo selectivo)



Esquema que muestra un bosque de *P. hartwegii* con árboles vivos y muertos (a), árbol vivo con registro de incendios (cicatrices) (b), extracción de muestras de arbolado muerto en pie (a) y arboles tirados (c). El proceso para la extracción de una muestra con cicatrices de incendios de un árbol vivo, consiste en: selección de la cara con los mejores registros y cortes transversales de la muestra (d), corte de los bordes para despegar la muestra del centro del árbol (e y f), extracción de la muestra (g), etiquetado y conteo de cicatrices (h) y envoltura de la muestra para evitar daños durante su traslado al laboratorio (i) (Fotos Julián Cerano).

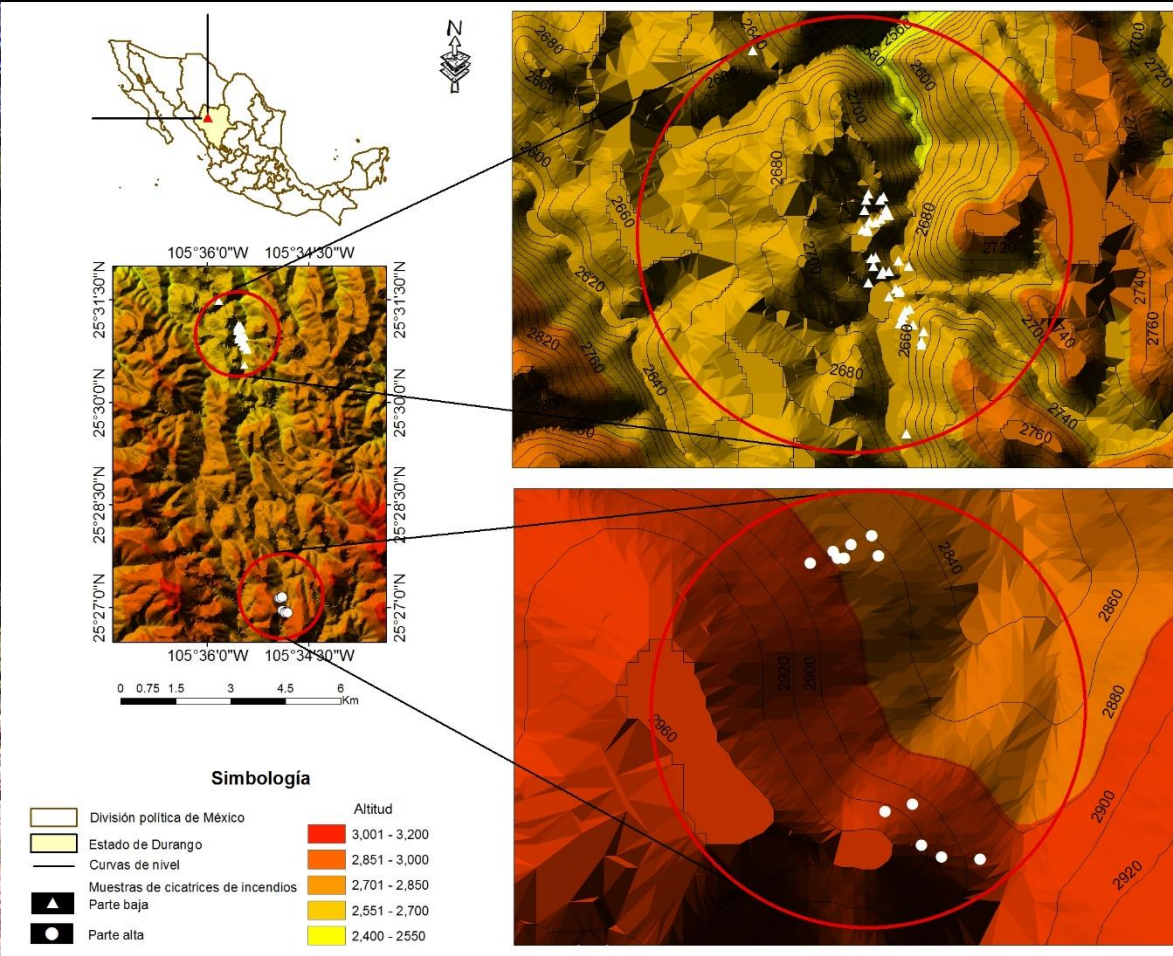
# Laboratorio. Reconstrucción de la historia del fuego

- Se tomaron muestras con cicatrices de incendios tanto de arboles vivos como de arboles muertos con el apoyo de una motosierra.
- Las muestras se prepararon y se fecharon con base en técnicas dendrocronológicas (Stokes y Smiley, 1995)
- La calidad del fechado se determinó con el programa COFECHA (Holmes, 1983).
- La categorización de la época de ocurrencia de los incendios se definió con base en la metodología propuesta por Grissino-Mayer (2001).
- Análisis de datos. Los gráficos de incendios y los estadísticos de **frecuencia histórica** y probabilidades de ocurrencia se generaron con el programa FHX2 (Grissino-Mayer, 2001).
- Relación Clima-Incendios SEA



Representación esquemática del fechado cruzado, principio de la dendrocronología. La presencia irregular de anillos anchos y delgados permite la comparación en muestras para determinar el año exacto de formación de cada anillo (Grissino-Mayer, 2001).

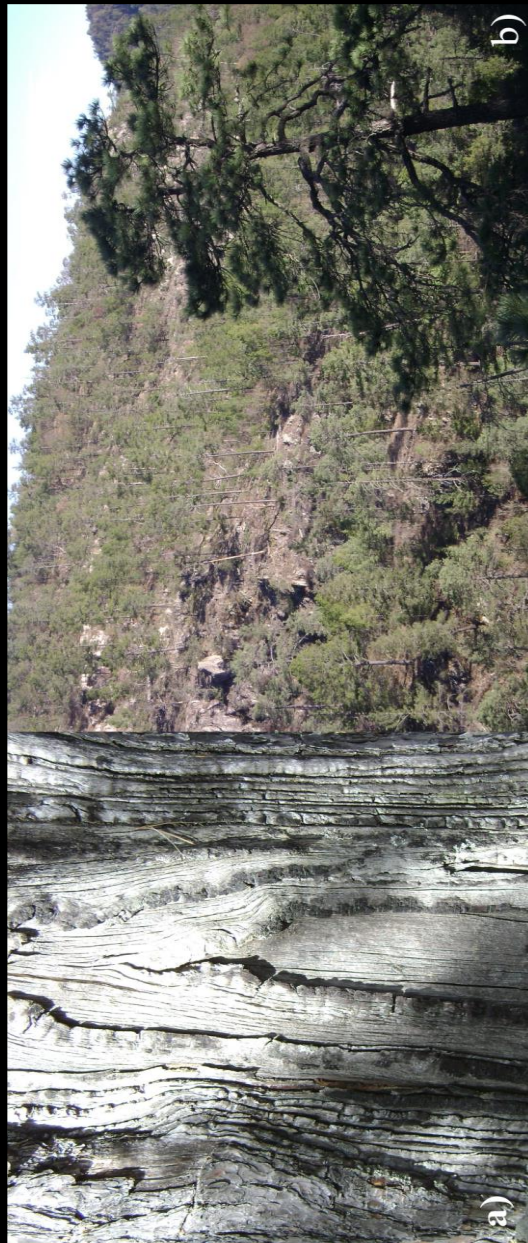
# Reconstrucción de la historia del fuego en la parte alta de la cuenca del Nazas, Durango



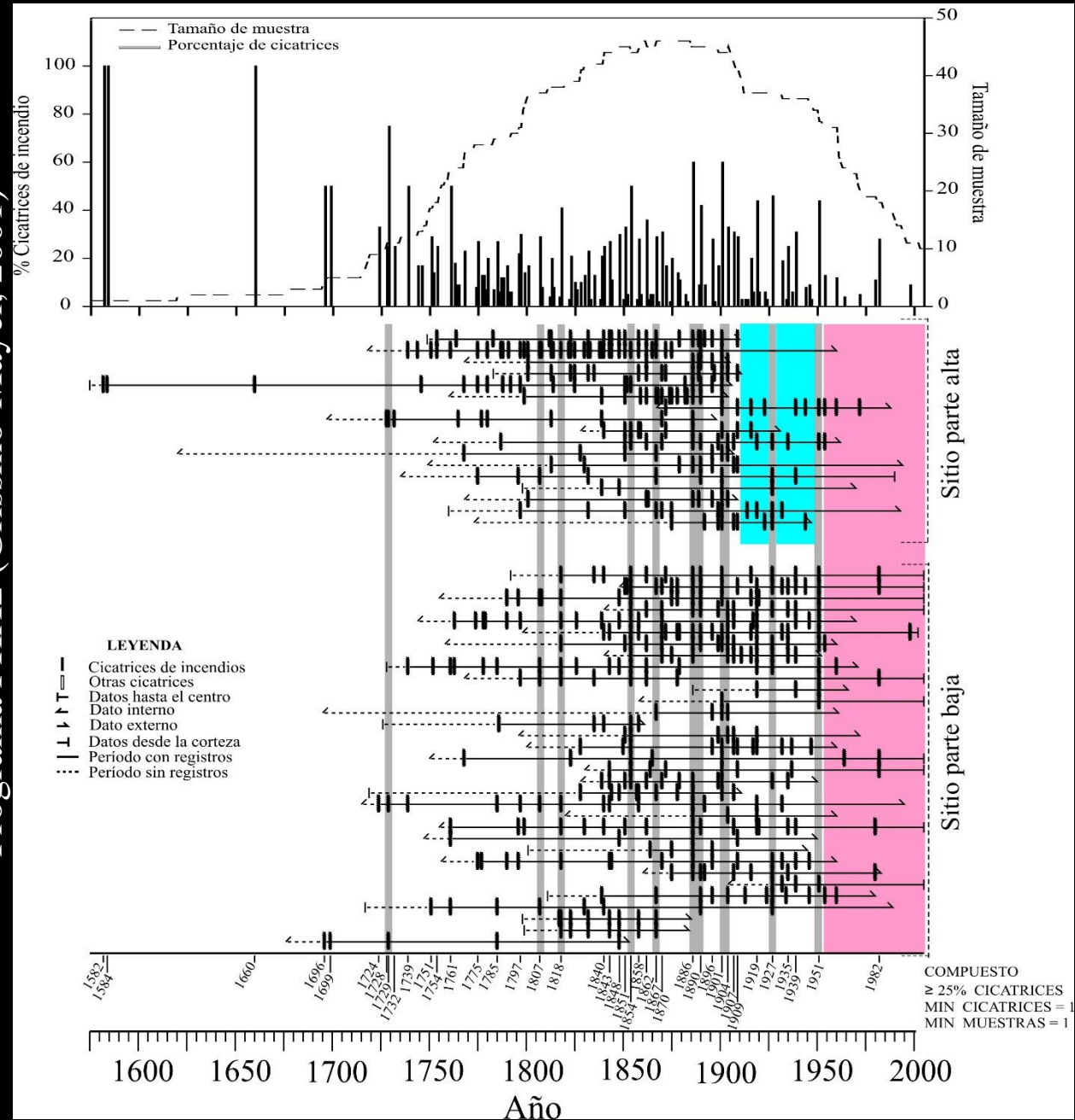
68 muestras 50 (74%) / 18 (26%)  
596 cicatrices de incendios

# 400 Años de historia de incendios

1972-08. 37 años/1951-2016. 66 años



Programa FHX2 (Grissino-Mayer, 2001)



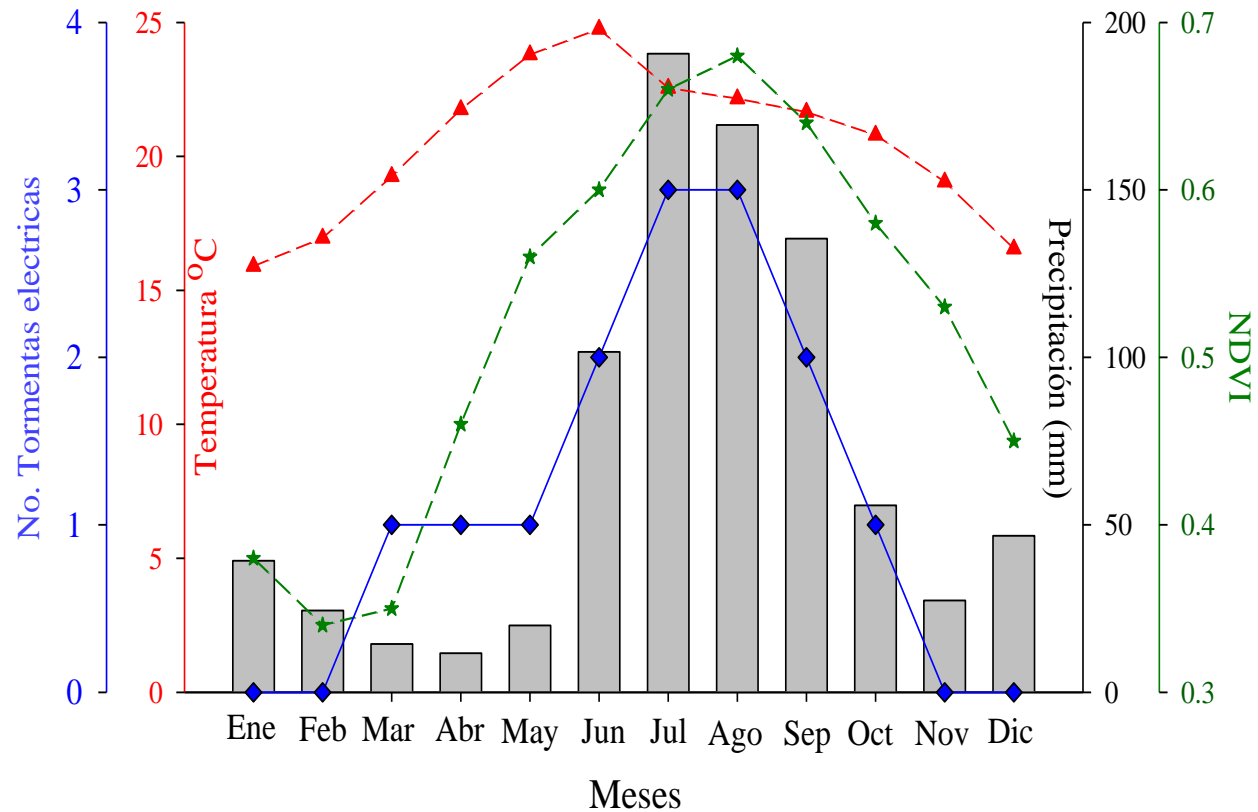
1951-82. 32 años/1982-2016. 35 años

1818, 1854, 1890, 1901-1904, 1927, 1951, 1982

# Estadísticas de la distribución de los intervalos de incendios,

Sitio/Período de análisis	Categoría de evento de incendio	No. intervalos	MFI	Min	Max	Intervalo promedio por muestra	WMPI
PB 1739-1982	Todos los eventos	77	3.16	1	16	16.9	2.69
	Eventos presentes en >10% de las muestras	56	4.34	1	20		3.73
	Eventos presentes en >25% de las muestras	28	8.68	1	31		7.22
PB 1739-1954	Todos los eventos	73	2.95	1	12	16.4	2.59
	Eventos presentes en >10% de las muestras	53	4.00	1	12		3.60
	Eventos presentes en >25% de las muestras	27	7.85	1	22		6.80
PA 1739-1954	Todos los eventos	76	2.63	1	7	13.0	2.45
	Eventos presentes en >10% de las muestras	60	3.33	1	9		3.14
	Eventos presentes en >25% de las muestras	32	6.25	1	19		5.44
Compuesto 1739-1982	Todos los eventos	107	2.27	1	8	15.6	2.04
	Eventos presentes en >10% de las muestras	62	3.92	1	20		3.44
	Eventos presentes en >25% de las muestras	30	8.10	2	31		6.97
Compuesto 1739-1954	Todos los eventos	102	2.11	1	7	15.3	1.94
	Eventos presentes en >10% de las muestras	59	3.64	1	12		3.37
	Eventos presentes en >25% de las muestras	29	7.31	2	22		6.61

# Categorización de la estación de ocurrencia de los incendios registrados en los últimos 400 años

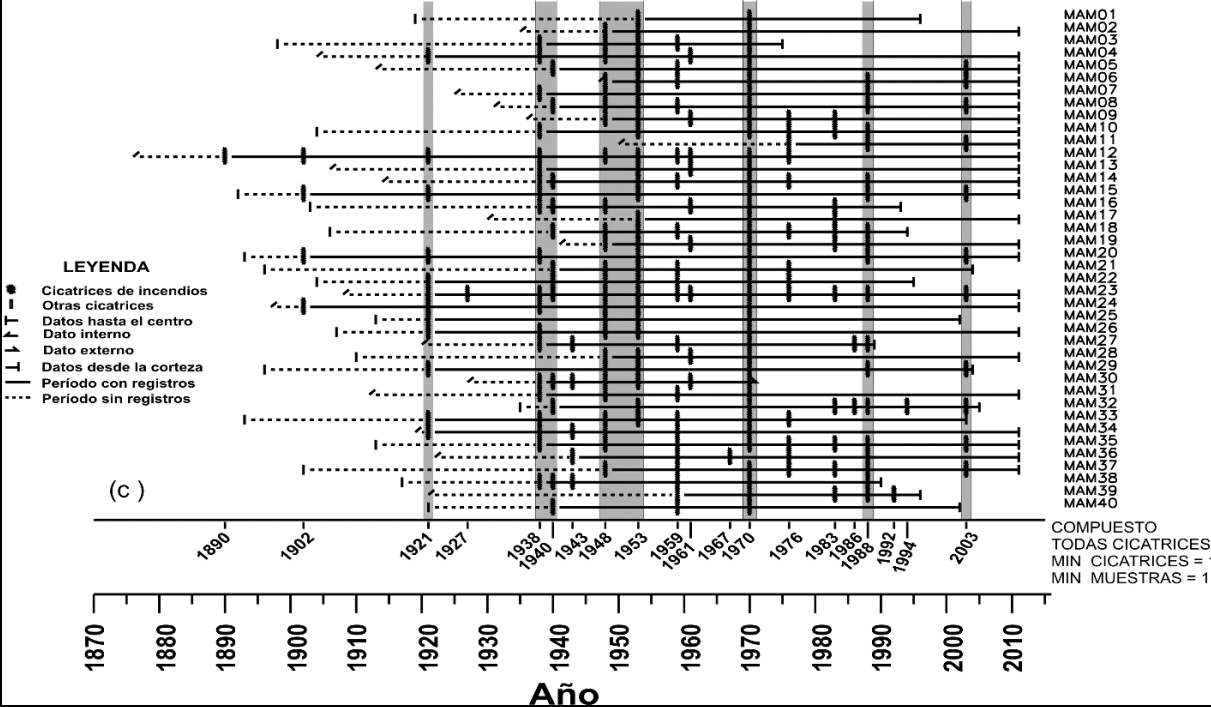
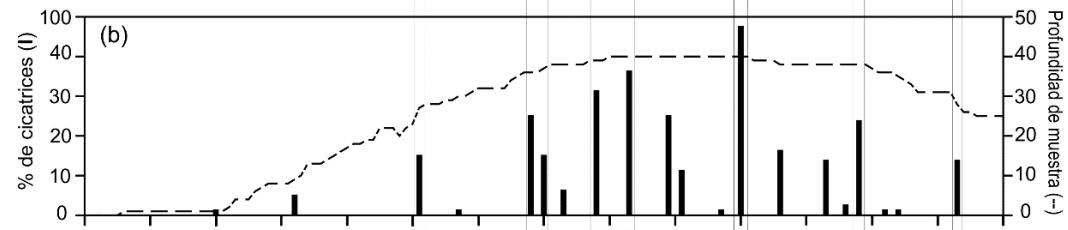
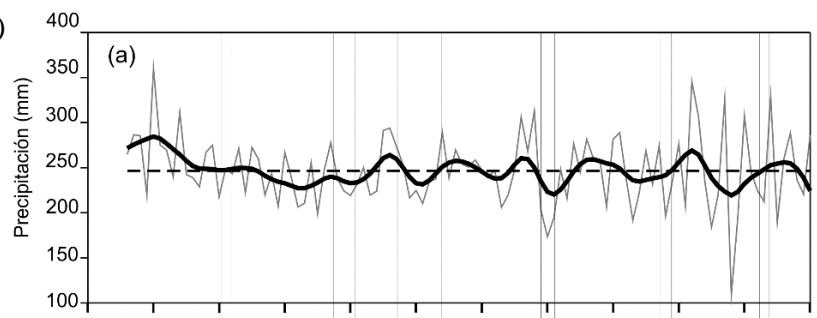


Distribución mensual de la variabilidad de la lluvia (barras) y temperatura (rojo) ejes internos. La distribución en el año de las tormentas eléctricas se indica en color azul y en color verde los valores de NDVI que indican la tasa fotosintética de la vegetación y el nivel de estrés de las plantas (ver ejes externos). Los datos de precipitación, temperatura y tormentas eléctricas corresponden a datos observados (MPE-LECI) (1951-2010) de las estaciones Tepehuanes y El tarahumar (SMN, 2017). Los valores de NDVI corresponden a datos promedio del período 1981-2006 para la vegetación de la parte alta de cuenca del Nazas (Tucker *et al.*, 2005).



# Reconstrucción de los regímenes históricos del fuego al norte del estado de Puebla

Quezada, 2013)

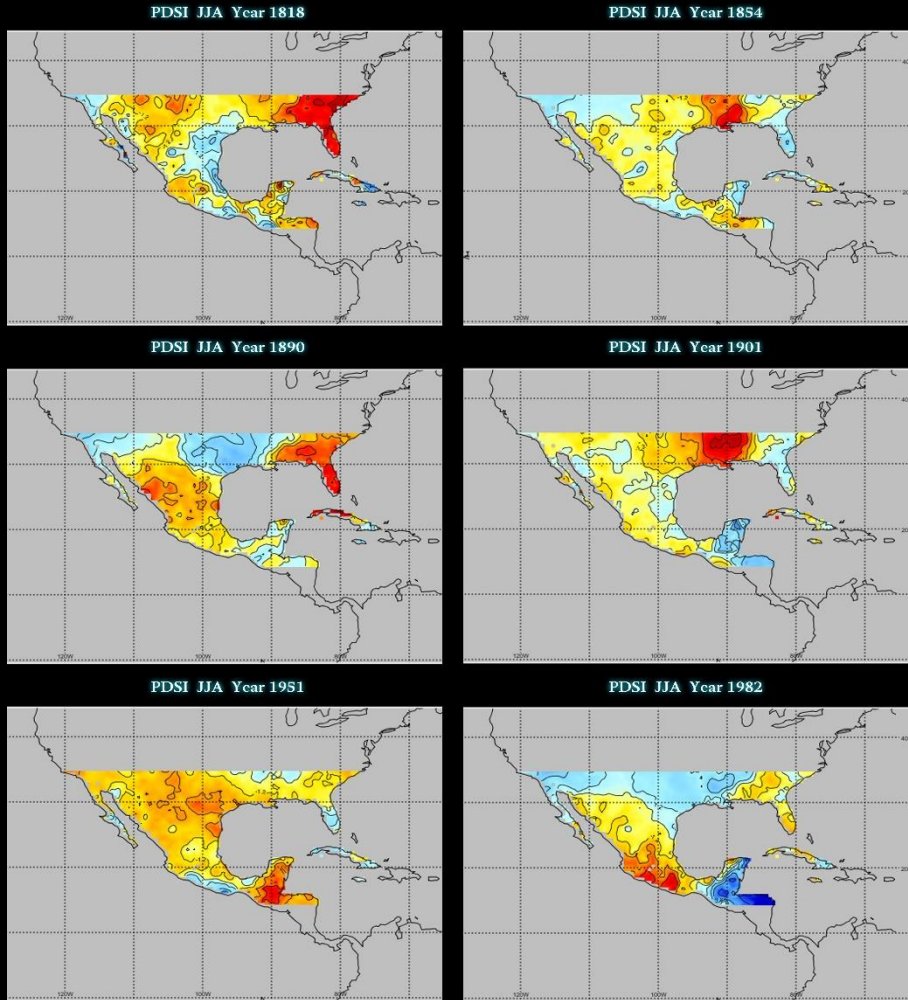


Se logro reconstruir la historia del fuego para los últimos 136 años que comprende el período de 1876 a 2011. El incendio más longevo se dato en el año 1890 y la cicatriz más reciente en el año 2003 (Cerano *et al.* 2016).

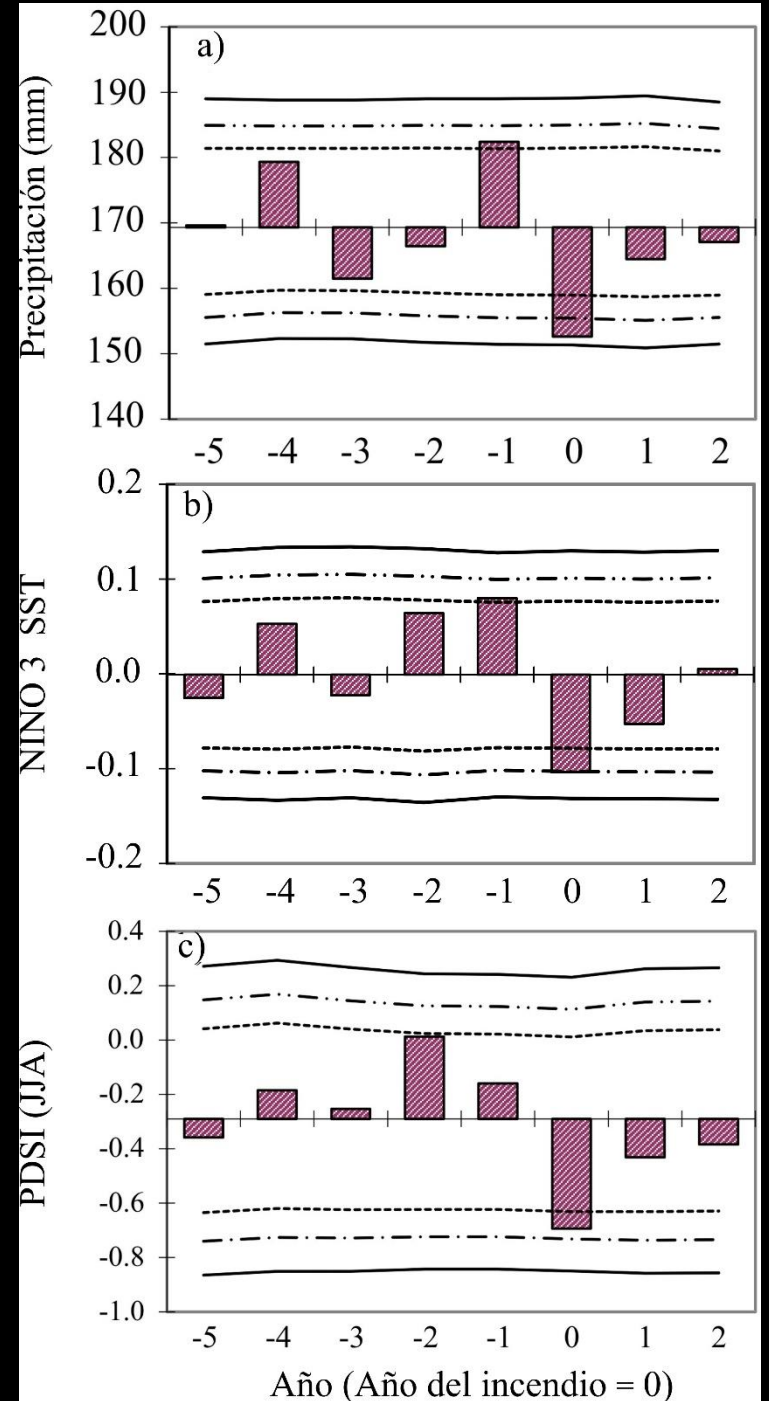
Aprovechamiento regulado entre 1985-86. Mayor efectividad en el control de incendios.

# Relación clima-incendios

Atlas de Sequía para México (MXDA) (Stahle *et al.* 2016).



Variabilidad de la precipitación: 410 años (Cerano *et al.* 2012).  
 (NINO 3.0, Diciembre-Febrero, 1408-1978; Cook 2000)  
 Cook, E.R. 2000. Drought Variability PDSI Reconstructions.  
 International Tree-Ring Data Bank. (1818, 1854, 1890, 1901, 1951, 1982)



# Dendropirogeografía

# Parque Nacional Cofre del Perote, Veracruz

## Muestreo selectivo para la reconstrucción de regímenes de incendios

Colecta de muestras para reconstrucción de los regímenes del fuego ...



Barranca Honda

Valle la Teta

Cofre de Perote

Image © 2014 DigitalGlobe  
© 2014 Google  
© 2014 INEGI

Google earth

2003

Fechas de imágenes: 4/20/2013 14 Q 693580.27 m E 2156466.19 m N elevación 3858 m alt. ojo 9.57 km

# Reconstrucción de regímenes de incendios. Sincronía de incendios en los últimos 300 años

## Control Ascendente y Descendente del Fuego

El control ascendentes, *incluyen variaciones locales, factores topográficos, de combustible y de tiempo en el momento del incendio* (humedad, continuidad del combustible, densidad y patrones locales de viento y humedad). La regulación ascendente se manifiesta como una gran *heterogeneidad espacial y temporal* en el comportamiento y efectos del fuego en el paisaje (Falk *et al.*, 2010).

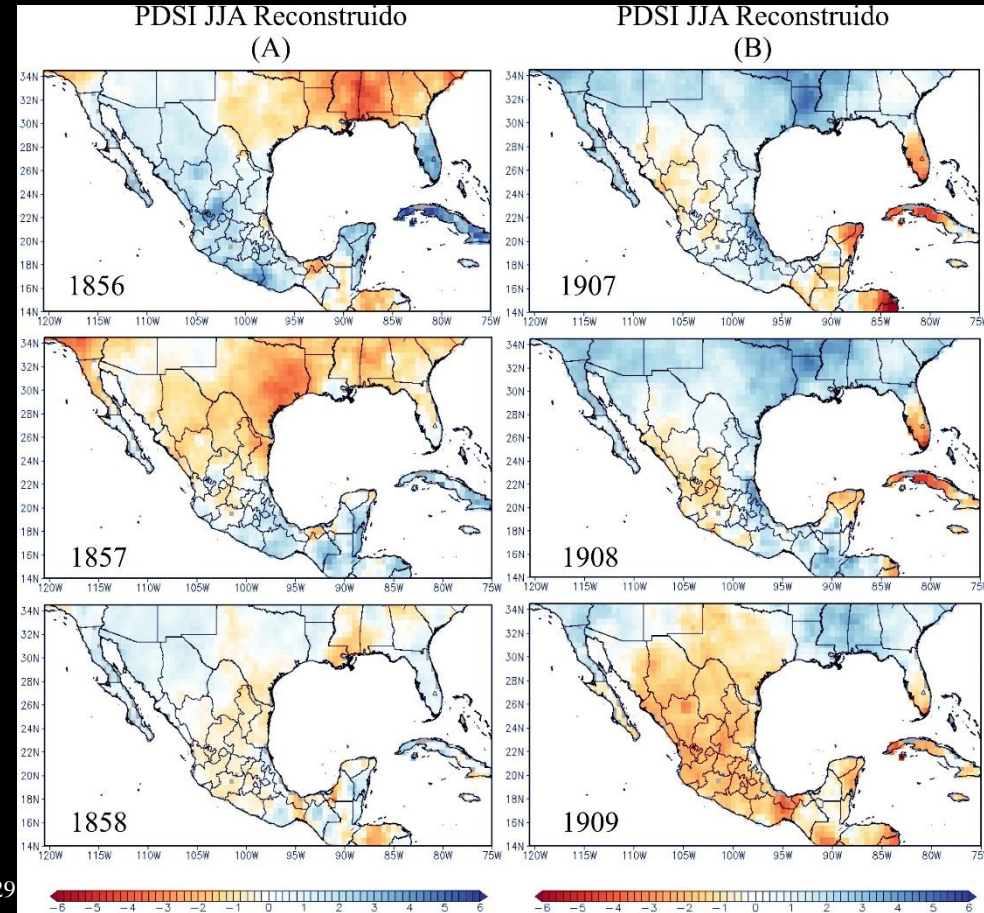
Por el contrario, en el control descendente, *el clima es el principal control* de los regímenes de incendios de arriba hacia abajo, actuando principalmente mediante la regulación interanual de la producción de biomasa, la humedad del combustible y los patrones regionales de ignición. *La regulación de arriba hacia abajo, conduce a la sincronía espacial y temporal en la ocurrencia de incendios*, más allá de las escalas en las que es probable que los incendios individuales se propaguen (Swetnam y Anderson, 2008; Falk *et al.*, 2010).

Estado	Especie	Intervalos de frecuencia	Fuente
Sierra Madre Oriental			
Nuevo León	<i>Pinus hartwegii</i>	8.6-9.6 años (todos los incendios)	Yocom <i>et al.</i> (2010)
		11.9-18.6 años ( $\geq 25\%$ )	
Sierra Madre Occidental			
Durango	Pino-Encino	4-5 años (todos los incendios)	Fulé y Covington (1997)
		6-9 años ( $\geq 25\%$ )	
Durango	Pino-Encino	3-8 años (todos los incendios)	Fulé y Covington (1999)
		7-14 años ( $\geq 25\%$ )	
Durango	<i>Pinus durangensis</i>	3-6 años (todos los incendios)	Heyerdahl y Alvarado (2003)
	<i>Pinus teocote</i>		
	<i>Pinus ayacahuite</i>		
	<i>Pinus engelmannii</i>		
Durango	<i>Pinus durangensis</i>	3 años (todos los incendios)	Molina <i>et al.</i> (2017)
	<i>Pinus arizonica</i>		
	<i>Pinus ayacahuite</i>		
	<i>Pseudotsuga menziesii</i>		
Durango	<i>Pinus arizonica</i>	2-3 años (todos los incendios)	Cerano <i>et al.</i> (En prensa)
	<i>Pinus ayacahuite</i>		
	<i>Pinus teocote</i>		
	<i>Pseudotsuga menziesii</i>		
Chihuahua	<i>Pinus ayacahuite</i>	3.9-5.2 años (todos los incendios)	Fulé <i>et al.</i> (2005)
	<i>Pinus durangensis</i>		
	<i>Pseudotsuga menziesii</i>		
Chihuahua	<i>Pinus durangensis</i>	5.1-8.8 años (todos los incendios)	Cerano <i>et al.</i> (2010)
	<i>Pinus arizonica</i>		
	<i>Pinus ayacahuite</i>		
Centro de México			
Jalisco	<i>Pinus douglasiana</i>	5.5 años (todos los incendios)	Cerano <i>et al.</i> (2015)
		8.9 años ( $\geq 25\%$ )	
Puebla	<i>Pinus hartwegii</i>	5.6 años (todos los incendios)	Cerano <i>et al.</i> (2016)
		9.2 años ( $\geq 25\%$ )	
Veracruz	<i>Pinus hartwegii</i>	2.1-3.5 años (todos los incendios)	Yocom y Fulé (2012)
		6.5-9.5 años ( $\geq 25\%$ )	
Veracruz	<i>Pinus hartwegii</i>	5 años (todos los incendios)	Cerano <i>et al.</i> (En prensa)
		22 años ( $\geq 25\%$ )	

# Sincronía de incendios en los últimos tres siglos entre áreas del norte y centro de México.

## “ENSO”. PNCF 52%-Puebla 20/12 (60%)-P. Orizaba 4 incendios en XX

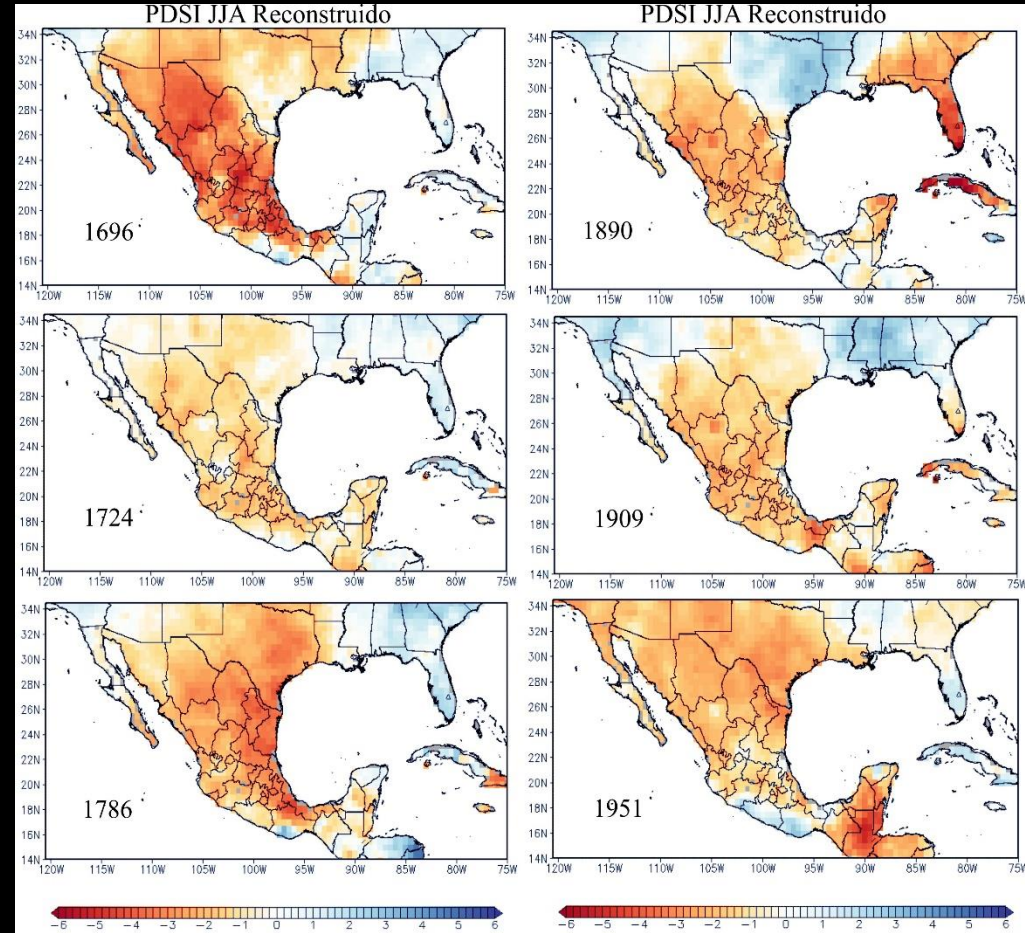
Años (Décadas)	Región norte Años de incendios	Región centro Años de incendios
1690	1696, 1699	1696
1700		
1710		1710, 1714, 1716, 1719
1720	1724, 1728, 1729	1724, 1727
1730	1732, 1739	1731, 1734
1740	1744, 1746	1745
1750	1751, 1752, 1754	1751, 1753, 1755, 1758
1760	1761, 1763, 1764, 1765, 1768	1765
1770	1774, 1775, 1777, 1778, 1779	1772, 1775
1780	1780, 1783, 1785, 1786, 1787, 1788	1780, 1782, 1785, 1787
1790	1790, 1791, 1792, 1796, 1797, 1799	1791, 1794
1800	1801, 1807, 1808	1800, 1802, 1804, 1805
1810	1812, 1813, 1814, 1817, 1818	1810, 1812, 1814, 1819
1820	1822, 1823, 1825, 1826, 1828	1821, 1822, 1824, 1827, 1829
1830	1830, 1832, 1833, 1835, 1838, 1839	1831, 1833, 1835, 1837
1840	1840, 1843, 1844, 1848	1840, 1843, 1848
1850	1850, 1851, 1852, 1854, 1857, 1858, 1859	1850, 1852, 1853, 1856, 1858
1860	1862, 1863, 1864, 1865, 1867, 1868	1860, 1862, 1864, 1866, 1868
1870	1870, 1872, 1874, 1875, 1878, 1879	1871, 1873, 1876, 1878
1880	1882, 1883, 1886, 1889	1880, 1882, 1886, 1888
1890	1890, 1892, 1896, 1897, 1899	1890, 1893, 1894, 1896, 1898
1900	1901, 1904, 1907, 1909	1902, 1904, 1908, 1909
1910	1911, 1913, 1914, 1916, 1917, 1919	1912, 1914, 1918
1920	1920, 1923, 1924, 1927	1920, 1921, 1923, 1924, 1926, 1929
1930	1932, 1934, 1935, 1937, 1939	1931, 1933, 1934, 1936, 1939
1940	1944, 1946, 1947	1940, 1941, 1943, 1945, 1948
1950	1951, 1954	1951, 1953, 1956
1960	1960, 1964	1960, 1962, 1967, 1968, 1969
1970	1972	1970, 1973, 1978
1980	1980, 1982	1983, 1988
1990	1998	
2000		2003
2010		2010



Efectos de El Niño y La Niña en el clima en el norte y centro de México, variabilidad que modula la frecuencia y sincronía de incendios. Para el año 1856 solo se registró incendio en el centro y en 1857 solo en el norte, efecto de la condición de sequía propiciada por El Niño y La Niña, respectivamente (Gergis y Fowler, 2009). Para el caso de 1858 y 1909, se observa sincronía entre incendios para ambas regiones, atribuido a eventos extremos de El Niño y La Niña, respectivamente (Gergis y Fowler, 2009).

# Sincronía de incendios en los últimos tres siglos (fechas en color rojo) entre áreas del norte y centro de México. ENSO y PDO

Años (Décadas)	Región norte Años de incendios	Región centro Años de incendios
1690	1696, 1699	1696
1700		
1710		1710, 1714, 1716, 1719
1720	1724, 1728, 1729	1724, 1727
1730	1732, 1739	1731, 1734
1740	1744, 1746	1745
1750	1751, 1752, 1754	1751, 1753, 1755, 1758
1760	1761, 1763, 1764, 1765, 1768	1765
1770	1774, 1775, 1777, 1778, 1779	1772, 1775
1780	1780, 1783, 1785, 1786, 1787, 1788	1780, 1782, 1785, 1787
1790	1790, 1791, 1792, 1796, 1797, 1799	1791, 1794
1800	1801, 1807, 1808	1800, 1802, 1804, 1805
1810	1812, 1813, 1814, 1817, 1818	1810, 1812, 1814, 1819
1820	1822, 1823, 1825, 1826, 1828	1821, 1822, 1824, 1827, 1829
1830	1830, 1832, 1833, 1835, 1838, 1839	1831, 1833, 1835, 1837
1840	1840, 1843, 1844, 1848	1840, 1843, 1848
1850	1850, 1851, 1852, 1854, 1857, 1858, 1859	1850, 1852, 1853, 1856, 1858
1860	1862, 1863, 1864, 1865, 1867, 1868	1860, 1862, 1864, 1866, 1868
1870	1870, 1872, 1874, 1875, 1878, 1879	1871, 1873, 1876, 1878
1880	1882, 1883, 1886, 1889	1880, 1882, 1886, 1888
1890	1890, 1892, 1896, 1897, 1899	1890, 1893, 1894, 1896, 1898
1900	1901, 1904, 1907, 1909	1902, 1904, 1908, 1909
1910	1911, 1913, 1914, 1916, 1917, 1919	1912, 1914, 1918
1920	1920, 1923, 1924, 1927	1920, 1921, 1923, 1924, 1926, 1929
1930	1932, 1934, 1935, 1937, 1939	1931, 1933, 1934, 1936, 1939
1940	1944, 1946, 1947	1940, 1941, 1943, 1945, 1948
1950	1951, 1954	1951, 1953, 1956
1960	1960, 1964	1960, 1962, 1967, 1968, 1969
1970	1972	1970, 1973, 1978
1980	1980, 1982	1983, 1988
1990	1998	
2000		2003
2010		2010



*et al. (2010).*

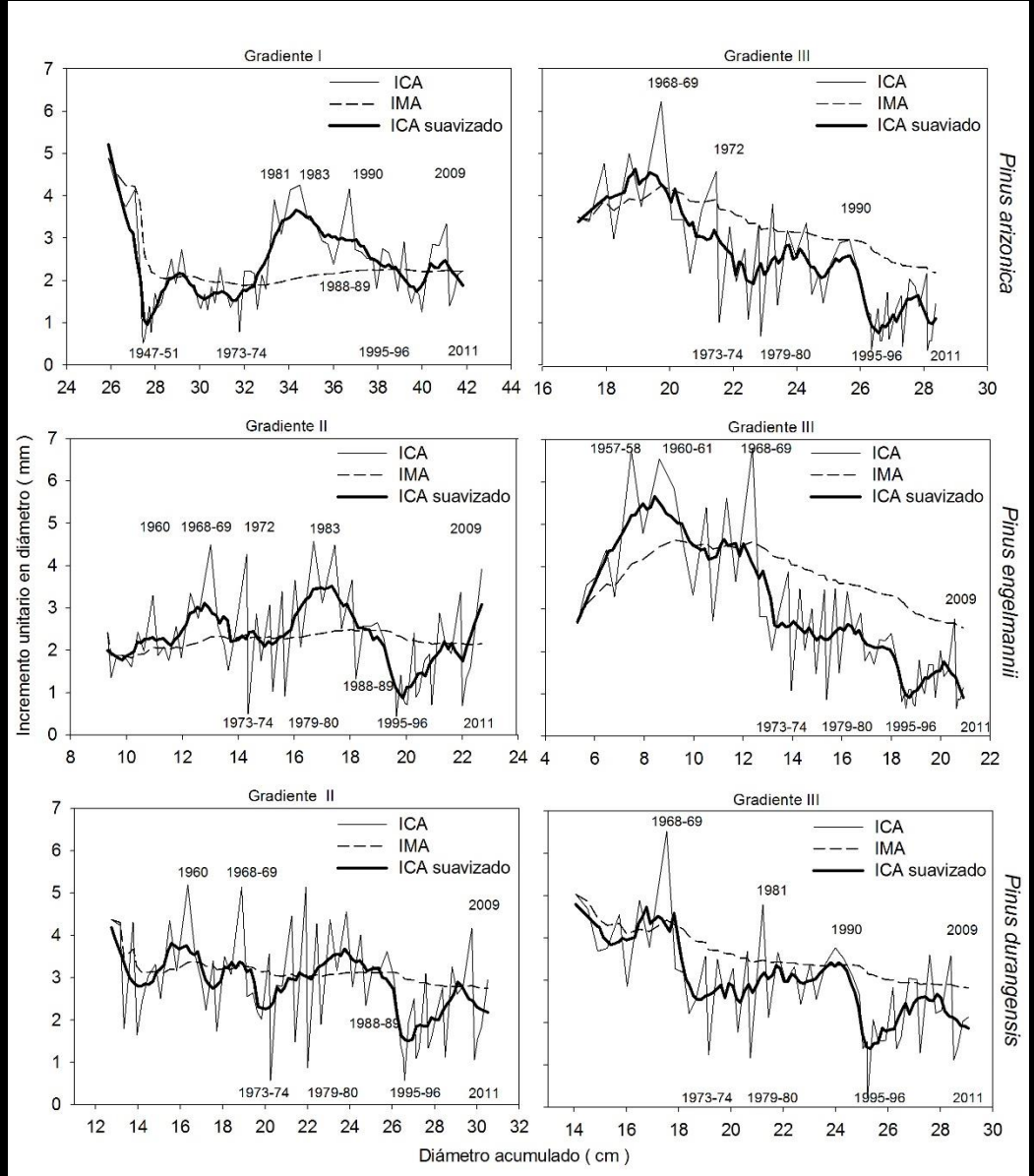
Ejemplos de las condiciones extremas de sequía a nivel nacional para seis de los 38 años que registran sincronía entre la región norte y centro de México, atribuible a la sincronía en fase negativa del ENSO y PDO.

# ESTUDIOS ECOLÓGICOS

## Crecimiento



# Incremento Corriente Anual e Incremento Medio Anual radial para *P. arizonica*, *P. engelmannii* y *P. durangensis* a diferente gradiente altitudinal (1900-2014).



Análisis de varianza para el Incremento Corriente Anual (ICA) e Incremento Medio Anual (IMA) radial comparando el GIII y GI para *P. arizonica*, GII y GIII para *P. engelmannii* y *P. durangensis*.

	F.V.	F	P – valor	N	C.V	Gradiente	Medias	n	E.E
<i>Pinus arizonica</i>									
ICA	Modelo	0.06	0.8507 <sup>NS</sup>			III	1.72	96	0.14A
	Gradiente	0.06	0.8507 <sup>NS</sup>	192	77.44	I	1.76	96	0.14A
IMA	Modelo	1.52	0.2185 <sup>NS</sup>			III	2.77	96	0.10A
	Gradiente	1.52	0.2185 <sup>NS</sup>	192	35.06	I	2.95	96	0.10A
<i>Pinus engelmannii</i>									
ICA	Modelo	0.1	0.7470 <sup>NS</sup>			II	1.35	70	0.09A
	Gradiente	0.1	0.7470 <sup>NS</sup>	140	54.03	III	1.39	70	0.09A
IMA	Modelo	153.63	0.0001 <sup>**</sup>			II	1.46	70	0.02A
	Gradiente	153.63	0.0001 <sup>**</sup>	140	12.01	III	1.88	70	0.02B
<i>Pinus durangensis</i>									
ICA	Modelo	3.96	0.0483 <sup>*</sup>			II	1.46	81	0.07A
	Gradiente	3.96	0.0483 <sup>*</sup>	162	42.47	III	1.67	81	0.07B
IMA	Modelo	102.87	0.0001 <sup>**</sup>			II	1.74	81	0.02A
	Gradiente	102.87	0.0001 <sup>**</sup>	162	11.96	III	2.11	81	0.03B

F.V. = fuente de variación; F = valor de F; N = número de observaciones; CV = coeficiente de variación; EE = error estándar; Grad = gradiente; NS = no significativo; \* = significativo (p < 0.05) \*\* = altamente significativo (p < 0.01).

ESTUDIOS ECOLÓGICOS  
Plagas-Clima

# Identificación de especies del genero *Dendroctonus*

Extracción, montaje y observación de la Genitalia



*Dendroctonus valens*



*D. valens*



*Dendroctonus frontalis*



*D. frontalis*



*Dendroctonus adjunctus*

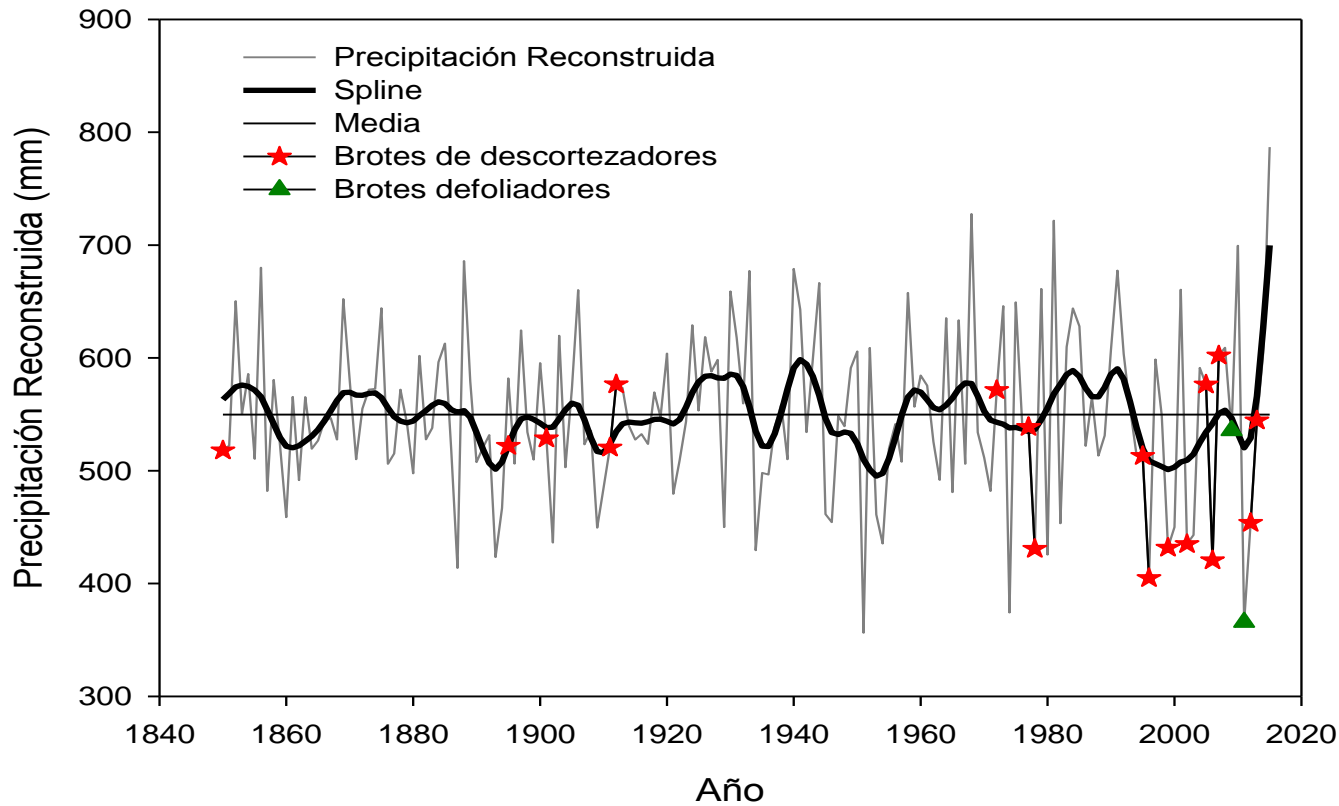


*D. adjunctus*

# Fechas históricas de brotes de plagas

Periodo	Plaga	Lugar	Cita
1837-1926	D. ponderosae	Norte de Arizona	Blackman, M.W. 1931
1895	D. ponderosae	Black Hills, South Dakota	Blackman, M.W. 1931
1850	D. ponderosae	Montañas rocosas, Colorado	Hopkins A.D. 1905, 1909
1901	D. ponderosae	Black Hills, South Dakota	Hopkins A.D. 1902
1905-1913	D. ponderosae	Colorado	Blackman, M.W. 1931
1911-1912	D. ponderosae	Montana	Beal, J.A. 1939.
1923-1930	D. ponderosae	Norte de Colorado	Blackman, M.W. 1931
1930-1940	D. ponderosae	Montañas rocosas, Colorado	Evenden et al. 1943
1970-1981	D. ponderosae	Black Hills, South Dakota	Thompson, R.G. 1975
1972-1973	D. mexicanus	Michoacán, D.F., Edo. De México	Folleto Técnico Num.29. INIFAP.2007
1977-1978	D. mexicanus	Michoacán, D.F., Edo. De México	Folleto Técnico Num.29. INIFAP.2007
1980, 1995-1996	D. Rhizophagus	Huachochi y Madera Chihuahua, México	Sánchez Martínez Guillermo
1997-2002		Nuevo León, México	Folleto Técnico Num.29. INIFAP.2007
2001-2006	D. adjunctus	Sierra "la Raspadura", Namiquima Chihuahua, México.	Sánchez Martínez Guillermo y Saúl Silva R. Folleto Técnico Num.38. INIFAP.2008
2005 brote más intenso			
2002	Ips spp., D. mexicanus	Chihuahua, México	Narváez, F. R. et al. 2012
2005	Ips spp., D. mexicanus	Chihuahua, México	Narváez, F. R. et al. 2012
2007	Ips spp., D. mexicanus	Chihuahua, México	Narváez, F. R. et al. 2012
2009-2011	Neodiprion autumalis	San Juanito, Creel Chihuahua, México	Silva R. S. (comunicación personal 2016)
2012	Ips lecontei, D. mexicanus	Chihuahua, México	Benet, K.R. 2014
2013	Ips lecontei, D. mexicanus	Chihuahua, México	Benet, K.R. 2014

# RELACIÓN VARIABILIDAD CLIMÁTICA-BROTOS DE PLAGAS



*D. mexicanus*



*D. frontalis*

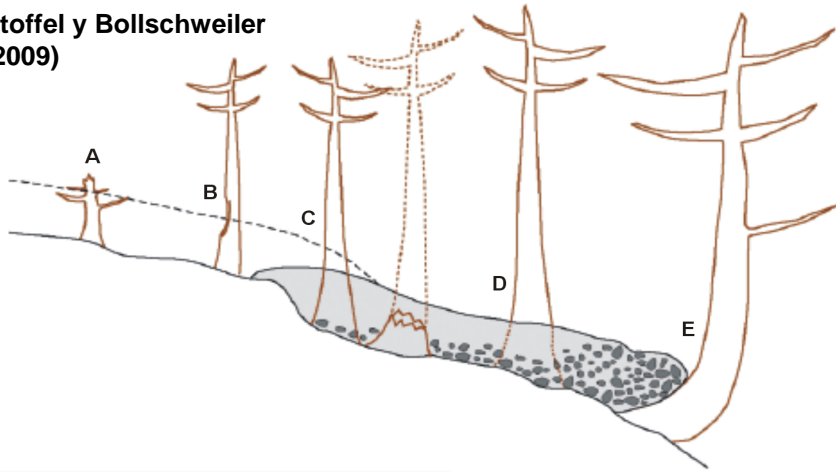


*D. adjunctus*

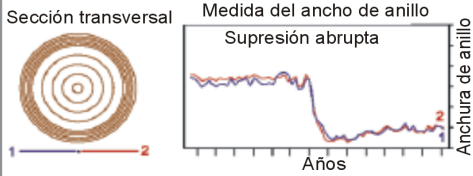
ESTUDIOS ECOLÓGICOS  
Procesos Geomorfológicos

# Disturbios por lahares o flujos de escombros

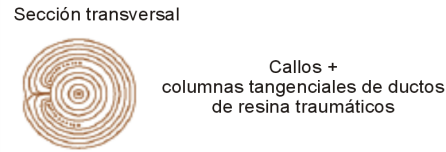
Stoffel y Bollschweiler (2009)



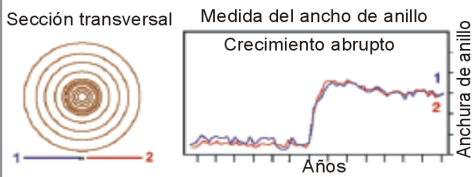
**A: árbol decapitado/D: base de tronco sepultado**



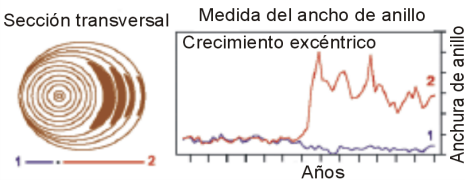
**B: Corrosión (cicatriz)**



**C: árboles vecinos eliminados**



**E: árbol inclinado**



A y D



B



E



C

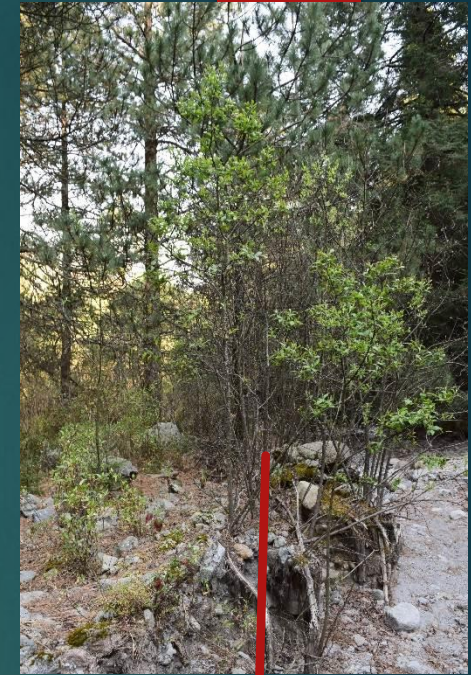




# Flujo de escombros en la barranca Axal, Sur de La Malinche (tesis de licenciatura de Salvador Ponce)

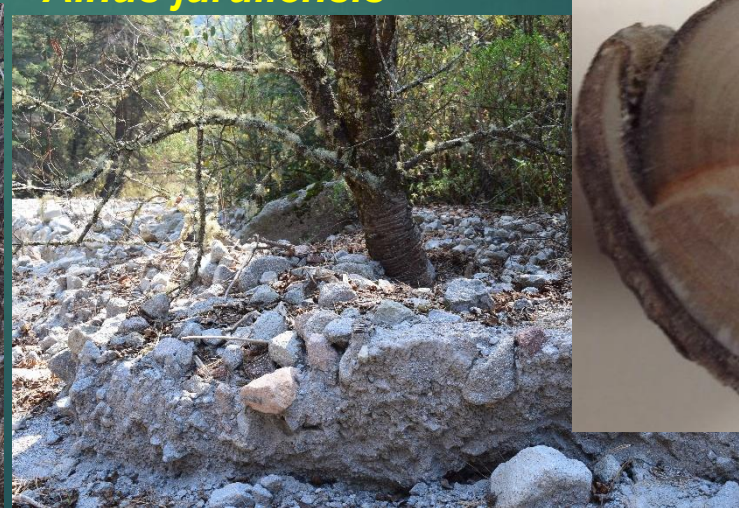
*Pinus montezumae*

Arbustos

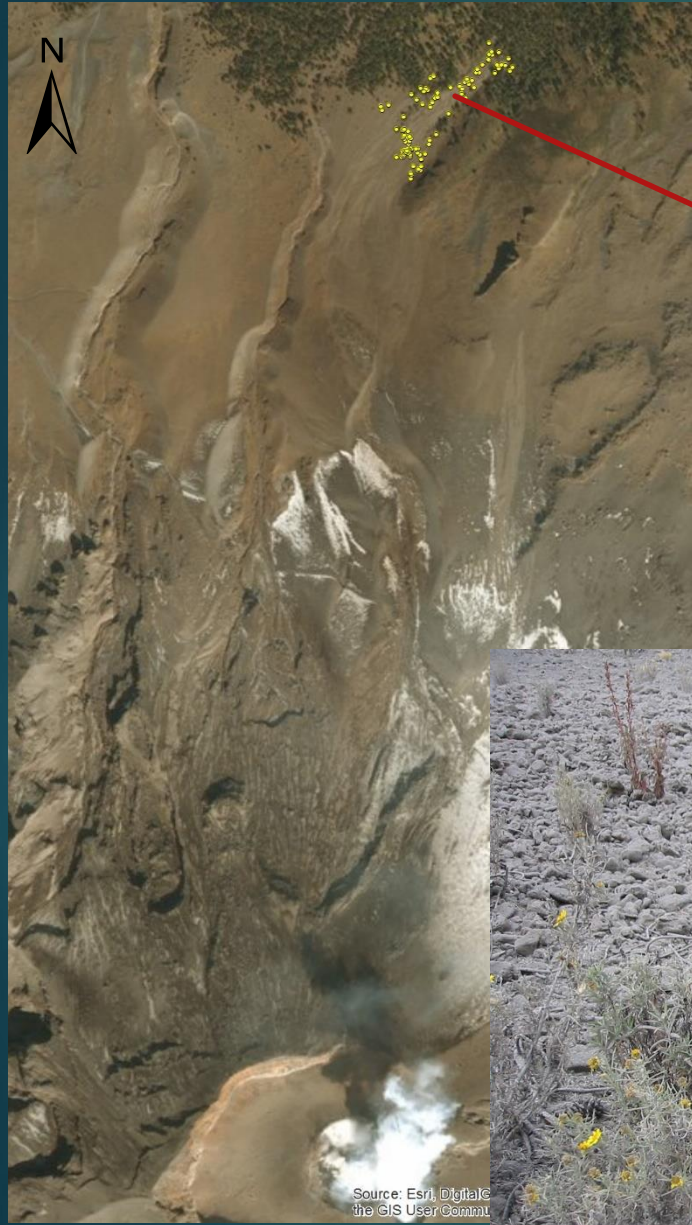


*Abies religiosa*

*Alnus jurullensis*

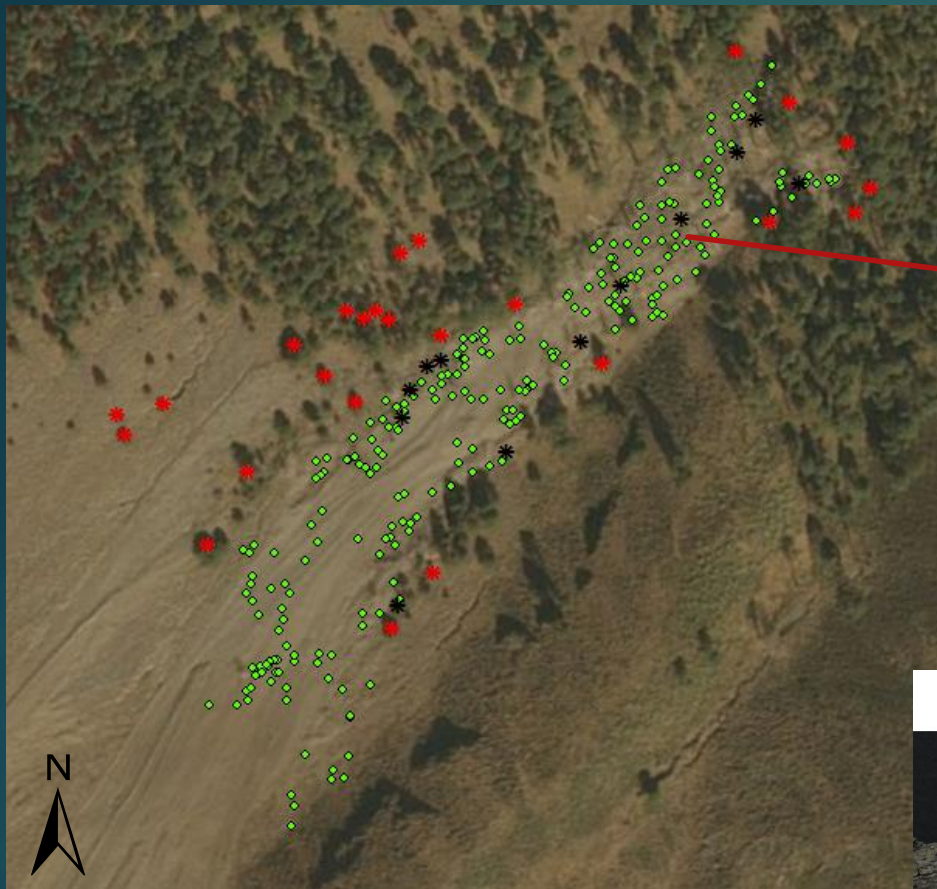


# Efectos del flujo piroclástico del 22 enero de 2001 del volcán Popocatepetl

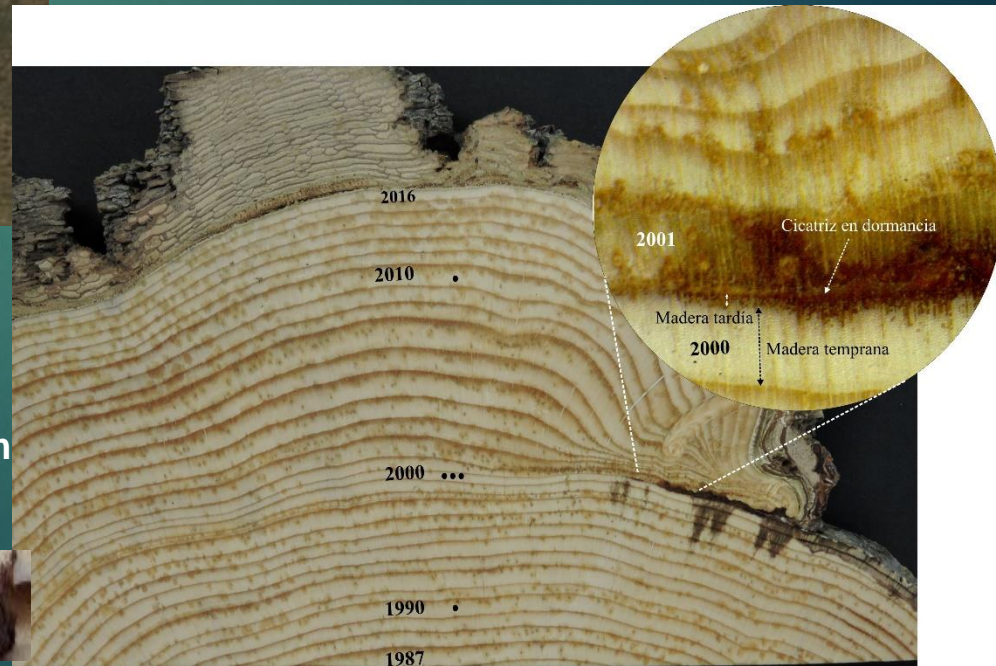


Source: Esri, Digital  
the GIS User Commi

# Efectos del flujo piroclástico del 22 enero de 2001 del volcán Popocatepetl



Supresión en crecimiento y cicatrices de impacto en 2001



- Edad de renuevos: 9 años (altura ~1.4 m)
- Año de germinación: 2008
- **Periodo de écesis: 7 años (2001 al 2008)**
- Calibración para edad absoluta: 16 años a 1.4 m de altura del árbol





[cerano.julian@inifap.gob.mx](mailto:cerano.julian@inifap.gob.mx)  
[cerano.julian@gmail.com](mailto:cerano.julian@gmail.com)

Gracias...