

VARIABLES HISTORICAS QUE AFECTAN LA DISTRIBUCION DE VEGETACION DE AUSTROSUDAMERICA

Kate Gregory

I. INTRODUCCION (Fig 1.1)

Hoy, Felipe Hinojosa y yo voy a hablar un poco sobre la historia Terciario de la vegetacion de Austrosudamerica. Es importante entender esta historia para entender la distribucion y composition de la vegetacion actual.

Primero, yo voy a repasar la escala de tiempo geologico. Despues, voy a hablar sobre los factores historicas que afectaron la flora Chilena, gateways, nivel del mar, solevantamiento de los Andes, cambios climaticos, dioxido del carbono, y impactos. Despues, Felipe va a hablar un poco sobre como identificar improntas foliares tan viejas, como se puede usar estos para estimar el paleoclima. Despues, Felipe va a describir su modelo de la historia de los bosques del sur de Sudamerica.

A. Escala de Tiempo Geologico (Fig 2.1).

En esta charla, vamos a entrar lo que se llama “tiempo profundo” es decir una escala de tiempo mucho mas larga que una vida humana, o aun mucho mas larga que la historia de los humanos. Felipe y yo vamos a usar muchos terminos de la escala de tiempo geologico, entonces quiero repasarla un poco.

La tierra tiene una historia de 4.6 billones de años , y este tiempo esta dividido en eras, periodos, y epocas. Los 4 eras son:

Precambrico (4.6-570)

Paleozoico (570-225)

Mesozoico (225-65)

Cenozoico (65 – present)

Los limites entre los eras estan marcadas por eventos muy importantes en la historia de la biota. Entre el Precambrico y el Phanerozoico ocurrió la explosion cambrico, o la aparicion de animales multicelulares con partes duros. Entre el Paleozoico y Mesozoico ocurrió una extincion, de ~95% de especies, lo mas grande en el Phanerozoico. Entre el Mesozoico y Cenozoico ocurrió otra gran extincion, el choque del 10 km meteorite que mataron los dinosaurios.

Las eras estan divididos en periodos, los que vamos a discutir hoy dia son el Cretacico y el Terciario. El Cuaternario es mas o menos las edades de hielo y ya han estudiado este periodo. Algo muy importante en la historia de vegetacion paso en el Cretacico: la aparicion de los angiospermos.

El Terciario esta dividido en epocas, vamos a hablar sobre estos, son el Paleoceno, Eoceno, Oligoceno, Mioceno, Plioceno.

Es un poco dificil pensar sobre estos periodos de tiempo tan largas, entonces, para ponerlos en un contexto mas entendible, podemos comparar la historia de la tierra a un año. En este modelo,

Paleozoico empezó el 17 Noviembre

Mesozoico: 12 Diciembre

Cretacico: 19 Diciembre

Cenozoico: 26 Diciembre

Quaternario 18:00 en la tarde, 30 Diciembre

Entonces, quizas piensan que Felipe y yo estamos hablando de historia muy anciana, es cierta, pero en contexto de la historia de la biota, todavia es historia reciente.

II. VARIABLES QUE AFECTA LA DISTRIBUCION de VEGETACION

La composición y la distribución de la biota dependen en muchos factores. Hay factores históricos, como tectónica de placas y cambios climáticos, hay factores evolucionarios, como competencia y depredación, y factores biológicos, como la edad de un género o su potencial para dispersión. Hoy voy a hablar sobre algunos factores históricos que ha afectado la biota de Chile, específicamente, tectónica de placas, cambios climáticos, dióxido de carbono, y impactos.

A. Tectónica de Placas

1. Gateways (Porticos) (Fig 2.2). Primero voy a hablar sobre gateways. La distribución de los continentes era muy diferente en el pasado a causa de la tectónica de placas. La latitud de Sudamérica ha cambiado, y también, sus conexiones con otros continentes. La historia de estas conexiones y también separaciones, o gateways, es decir la formación de un corredor marino, tiene mucha importancia en biogeografía porque controla los vectores de migración. El profesor Mpodozis ya ha hablado sobre este tema, entonces no voy a hablar mucho sobre esto, pero solo voy a repasar los eventos importantes para la biota de Austrosudamérica.

En el Paleozoico temprano, Sudamérica era parte de un gran continente llamado **Gondwana**. Este supercontinente estaba compuesto de: Sudamérica, África, Antártida, Australia, India, Arabia, y partes pequeñas del medioeste.

En el Carbonífero medio, alrededor de los 320 Ma, Gondwana se juntó con el otro supercontinente, Laurasia, que estaba compuesto de Norteamérica, Groenlandia, y Asia, y formó un supercontinente llamado Pangea. Este continente representa uno de los geografías más extremas de la Tierra. Solamente hubo un continente que se extendió de polo a polo. Alrededor de 200 Ma, Pangea se empezó a fragmentar, es decir empezó a dividirse. La fragmentación del Pangea continúa hasta el presente.

Antes de esta separación, la flora de Gondwana era muy cosmopolita, estaba compuesta de coníferas, helechos, y cycads, pero en el Cretácico esta flora estuvo sobrepasada por la flora moderna, dominada por angiospermas. Es interesante porque la separación de Pangea coincidió con la evolución de los Angiospermas, entonces tiene una gran influencia en la migración y dispersión de angiospermas y entonces el desarrollo de las linajes.

Es muy difícil poner una edad exacta para la separación de cada uno de los elementos de Gondwana, porque generalmente la historia de una separación o un gateway es más complejo que abrir o cerrar una puerta. Pero puedo darles tiempos aproximados.

a. Sudamérica – África

Los primeros continentes que se separaron era Sudamérica y África. Sudamérica empezó a separarse de África alrededor de 130 Ma, y probablemente hubo algún contacto o casi contacto hasta 80 Ma. En Sudamérica, la primera angiosperma apareció alrededor de 120 Ma, entonces hubo intercambio de angiospermas primitivas, mayormente las tropicales, entre Sudamérica y África. Yo dije primitivas, porque la primera angiosperma de una familia moderna apareció alrededor de 90 Ma (Gunneraceae). Después del Paleoceno, las floras de Sudamérica y África llegaron a ser distintas, con intercambio muy limitado. Entonces la historia de la flora tropical de Sudamérica es aislamiento después de la separación de África.

b. Sudamerica – Norteamerica

El proximo de separarse de Sudamerica era Norteamerica. La historia de esta separacion es compleja: primero separarse, pero despues se unieron otra vez. En el Cretacico temprano, el Oceano caribe se formó y separó Norte y Sudamerica.

(Fig 3.1) Pero hubo un arco de volcanes, de las Antillas, entonces hubo un landbridge hasta el Paleoceno (66-54 Ma), y unas separaciones no muy significativas hasta el Eoceno. Entonces hubo un intercambio de elementos costales y de altitudes bajas. Pero generalmente las floras Cenozoicas de estas continentes eran distintas.

Algunas autores creen que habia un landbridge alrededor de 35 Ma via el Caribe. Despues, alrededor de 12 Ma, el arco de Panama y Costa Rica chocó con Colombia y empezó a formar el sur de Centroamerica. Tambien, causó solevantamiento significativo en los Andes de Columbia y Ecuador. Probablemente hubo terreno continuo alrededor de 3 Ma, porque los vertebrados grandes emigraron en este tiempo.

Hubo una grande emigracion de elementos tropicales del sudamerica al norte. La mayoria de la emigracion de Norteamerica a Sudamerica era de elementos de altitudes mas altas, bueno este efect disminuye al sur. Entonces la contribucion de norteamerica no es muy importante en los tropicos pero si es importante en los Andes, o se puede decir que hay una flora de las tierras bajas de Gondwana y una de los Andes de Laurasia.

c. Sudamerica - Australia (via Antartida) (Fig 2.2)

La flora de Sudamerica tiene mucho elementos similares con la flora de Australia, como Notofagus, porque hubo una connecion con Australia a traves de Antartida hasta 40-30 Ma.

d. Sudamerica - Antartica

La separacion de Sudamerica y Antartida ocurrió entre 25-20 Ma. Este evento tuvo un gran efecto en el clima del cono sur, y voy hablar sobre esto mas tarde.

2. Sea level (Fig 3.2)

La tectonica de placa tambien afecta el nivel del mar, porque afecta la tasa de expansion de los oceanos, y entonces la elevacion del fondo del mar. El nivel del mar afecta la vegetacion porque afecta el tamano de los contientes y tambien la distancia entre los continentes. Cuando es alta, puede ser mas dificil para intercambios. Y cuando baja, puede ser una oportunidad para colonizar nuevas tierras.

Estas curvas son dos estimaciones del nivel del mar a traves del tiempo. En el Cretacico, el nivel del mar era muy alta, y inundó las contientes. En el Cenozoico, en general se cayó, con algunos inundaciones, como en el Paleoceno-Eoceno y Mioceno.

3. Solevantamiento de los Andes (Fig. Andes map)

Tambien, la Tectonica de Placas afectan la topografia de los continentes. Los Andes se desarrollaron a causa de la compresion producida por la subduccion de la placa oceanica de Nazca por debajo de la placa del continente de Sudamerica. El solevantamiento de los Andes tuvo un efecto grande en la biota de Sudamerica, por que:

1. Puede ser un barrera a emigracion, y puede crear poblacions aislados
2. Creyó nuevas medioambientes, puede estimular la evolucion
3. Afectó el clima
 - a. Cambia los patrones de lluvia – voy a hablar sobre esto mas tarde

b. Estabiliza el anticiclón sudpacífico y esto empuja el corriente Humboldt

Hubo un arco volcánico por la costa desde el Mesozoico. Desarrolló en el región de la cordillera costal y ha trasladado progresivamente al este. Alcanzó su posición moderna en el Oligoceno. Los volcanes no tienen un gran efecto en el patrón de precipitación porque no forman una barrera a la circulación atmosférica; las masas de aire pueden pasar por los lados del cono. Pero por supuesto afecta la vegetación, porque forman nuevas medioambientes, y destruyen algunas áreas, y enriquecen el suelo en otros.

La deformación de la corteza, que ha producido el volumen de los Andes debajo de los volcanes, también ha trasladado del oeste a este. En los Andes centrales, todo estuvo al nivel del mar hasta 60 Ma. Después, empezó a sollevantar la cordillera occidental y probablemente alcanzó la tercera de su altura moderna alrededor de 18 Ma. Esta historia está basada en datos geológicos.

El Altiplano, Puna y Cordillera Oriental alcanzaron más o menos la mitad de su altura alrededor de 10 a 7 Ma. Esta historia está basada en datos geológicos y también en floras, y voy a hablar sobre estas floras más tarde.

Sobre la historia al sur de 33°, no tenemos muchos datos geológicos. Probablemente empezaron a sollevantar en el Eoceno, y probablemente hubo sollevantamiento significativo en el Mioceno y Plioceno, porque hay evidencia de las floras, y Felipe va a hablar sobre esto un poco.

B. Cambios Climáticos

1. Temperatura (Fig 4.1)

Otro factor muy importante que afecta la vegetación es el clima. El clima ha cambiado a través del tiempo debido a la posición de los continentes, los gateways, la composición atmosférica, la energía solar etcétera.

El período entre 90 y 100 Ma posiblemente fue el período más caliente en la historia de la Tierra. El Ecuador era alrededor de 2 a 6 grados más caliente que hoy, y los polos eran mucho más caliente que hoy, alrededor de 20 a 60 grados más caliente. Entonces hubo crocodilos y floras diversos crecieron en latitudes muy altas. Estas selvas eran muy raras, porque hubo calor, pero para la mitad del año, no mucho luz. No hay vegetación moderna análoga. Posteriormente el promedio de la temperatura global disminuyó. Entonces, en general, la vegetación ha emigrado hasta el Ecuador.

(Tropical vs. pole) Aquí está una curva de la temperatura de la superficie del mar en latitudes polares para el Terciario, basado en los isótopos de oxígeno de foraminíferos bentónicos y otra curva de la temperatura de la superficie del mar en el Ecuador basado en forams planktonicos. En este gráfico puede ver que el enfriamiento era mucho más fuerte en los polos que en el Ecuador. Entonces el gradiente entre el Ecuador y los polos incrementó hasta el presente.

(Fig 4.2) Aquí está una curva de la temperatura de la superficie del mar en latitudes polares más preciso. Se pueden ver que el Eoceno temprano, o entre 55-50 Ma, era el período más caliente en el Cenozoico. El promedio de la temperatura global era 4-6 grados más caliente que hoy, entonces este período es utilizado frecuentemente como un modelo del mundo futuro del invernadero.

(Fig 5.1) Estos mapas son para mostrarles la distribución de la vegetación global durante varios períodos. Felipe tiene mapas más nuevos y más preciso para el cono sur. Pueden ver que la mayoría de Sudamérica y África estaba cubiertos por selvas tropicales, y hubo selvas muy cerca al polo (Wolfe Figure). Después, con el enfriamiento, se pueden ver las zonas emigrando hasta el Ecuador.

(Fig 4.2) Hubo un descenso de temperatura y un crecimiento de hielo repentino en el borde Eoceno/Oligoceno, alrededor de 33 Ma, la temperatura en latitudes altas descendió aproximadamente 5 °C. Probablemente este descenso coincide con el desarrollo de la capa de hielo de la Antártida. Hubo una capa significativa entre 33 y 26 Ma. Después, hubo climas más cálidos, con un cumbre entre 20 y 16 Ma que llama el Mid-Mioceno Climatic Optimum.

Entre 15-12.5 Ma hubo otro descenso repentino del clima, cuando creció la capa de hielo de Antártida. Las aguas profundas se enfrió y incrementó el corriente Humbolt. Después de este evento, la tierra tuvo más o menos el sistema de circulación atmosférica y oceánica moderno.

Entre 3.2 y 2.4 Ma, los glaciares se extendieron a las latitudes medias en el hemisferio norte, y la Tierra entró a lo que llamamos edades del hielo.

Lo que es un poco raro es estos tiempos con capas de hielo aparentemente no coinciden con la separación de Sudamérica y Antártida. Cuando ellos se separó, empezó el corriente circumpolar. Muchos climatólogos creen que este evento formaría capas de hielo, porque no tendría circulación de aguas templadas desde el ecuador, solo tendría circulación de aguas frías alrededor de Antártida. Pero la fecha para la separación, que está basada en fechas del suelo oceánico es más joven de este evento, y más viejo de este. Pero hemos visto con la historia del Caribe que los gateways pueden ser complicados.

2. Precipitación.

(Fig 4.1) Precipitación es otro variable muy importante que afecta la vegetación. Pueden ver en esta curva que el nivel de precipitación global era muy baja en el Cretácico, cuando desarrollaron los angiospermas. Después, hubo un período muy húmedo en el Eoceno, y después era más o menos como hoy día. Pero, esto es la tendencia global, para entender la historia de precipitación en Australoamérica, necesitamos saber la historia de topografía, porque los Andes tienen un gran efecto en el clima, y también en la circulación oceánica y atmosférica.

(Fig 4.3) Los modelos climáticos sugieren que sin los Andes, tendría un desierto entre 40 y 15 grados debido solo a la circulación atmosférica. Esto es interesante, por que surgieron que al menos desde el Oligoceno, había regiones áridas en Chile y Argentina, si hubo montañas o no.

(ESRI precip) Cuando se levantaron los Andes, formaron un máximo de precipitación por la ladera este en Perú y Bolivia debido al efecto orográfica, también en el sur de Chile, y una sombra de lluvia en las pampas de Argentina hasta muy al sur, y por la costa. Este desierto también es debido al corriente Humbolt, pero recuerden que los Andes estabilizan la circulación en el Pacífico que empuja el corriente.

No necesita mucha elevación para formar una sombra de lluvia, solo 1000 o 2000 m. Hay datos geológicos que sugieren que el desierto de Atacama era árido en el Oligoceno y llegó a ser árido alrededor de 15 Ma. Hay datos geológicos que sugieren que también la Puna llegó a ser más árido alrededor de 15 Ma.

Esto secamiento puede ser debido a levantamiento, pero también, probablemente hubo un componente de cambio climático. Se pueden ver en este gráfico que hubo un secamiento global asociada con el evento de enfriamiento entre 15-12 Ma.

Alrededor de 10 a 8 Ma hubo un incremento en la tasa de deposición en el abanico Amazoico. También, esto puede ser debido a levantamiento, o quizás a cambios globales, como más precipitación.

c. Estacionalidad.

Sabemos menos sobre la historia de estacionalidad, pero en general, probablemente era menos en el Cretácico e Eoceno y ha incrementado hasta el presente.

C.CO2

(Fig 4.4) El monto del dióxido de carbono en la atmósfera tiene un efecto importante en el clima. Si hay más, es más caliente debido al efecto del invernadero, y si hay menos, es más frío. Ahora hay muchas curvas del dióxido de carbono a través del tiempo y hay diferencias, pero generalmente indica que los niveles de CO₂ hubo muy altas en el Cretácico, probablemente alrededor de 2000 o 3000 ppm (El monto hoy día es 357 ppm), y disminuyó durante el Cenozoico.

También dióxido de carbono tiene afecta las plantas, porque las plantas le usan en el proceso de fotosíntesis. Cuando hay más CO₂, generalmente las plantas tienen más eficacia en usar agua, porque puede obtener más CO₂ con menos stomata y entonces con menos pérdida de agua.

En el registro geológico hubo una expansión de plantas que usan el tipo de fijación del carbono C₄ en el Mioceno, probablemente porque estas plantas tienen una ventaja cuando los niveles de CO₂ son bajas en un medioambiente cálido y seco. Esta expansión era global; ocurrió alrededor de 7-8 Ma en India, 7 Ma en Norteamérica, y 7-8 Ma en Argentina y Bolivia. Esto es interesante, porque implica que el desarrollo de floras que tienen biomasa significativo de plantas C₄ son un suceso reciente.

¿Porque esta expansión ocurrió? Bueno no sabemos, pero hay una teoría que hubo un incremento de meteorización de rocas en los Himalayas y quizás los Andes, debido probablemente a la intensificación del monzón Asiático. La meteorización consume CO₂, y quizás consumió bastante para bajar los niveles de CO₂ hasta 400-500 ppm, donde las plantas C₄ tienen una ventaja. Necesitamos más datos para evaluar esta teoría.

D. Impactos

(Fig 5) Voy a hablar muy brevemente sobre impactos de meteoritos.

Si se estudie el registro de extinciones, hay una periodicidad. Las extinciones muy grandes ocurren más o menos cada 100 Ma, y hay otra periodicidad de extinciones más chicas cada 26 Ma. Por ejemplo, en el Cenozoico hubo un impacto grande en 65 Ma, y otro más chico en 36 Ma, esto probablemente chocó en la costa este de los EEUU.

El gran impacto de 65 Ma afectó la vegetación del norte de Sudamérica: redujo la diversidad florística. No hay bastante registros para decir si afectó la diversidad de la vegetación del cono sur, pero probablemente al menos tubo un efecto por una manera menos directa. El impacto mató a los dinosaurios. La desaparición de los herbívoros muy grandes probablemente ayudó el desarrollo de selvas tropicales de multi-niveles.