

Revisor 1:

Comentarios sobre artículo Niño permanente en el Plioceno

Los estudios paleopalínológicos y paleobotánicos que documentan las condiciones del clima (al actual) y los tipos de vegetación que prevalecieron en diferentes áreas de la sabana de Bogotá desde el Mioceno tardío hasta el Plioceno tardío no muestran ninguna evidencia de la existencia de condiciones “secas” con tipos de vegetación preferentemente abiertos, matorrales, pajonales o bosques ralos.

Respuesta: Respetando la posición del revisor, esto es discutible. Aunque existe el registro palinológico, no existe a la fecha un estudio que discrimine las vías fotosintéticas C3 vs. C4 en la vegetación de la época. Dicho estudio podría de manera cuantitativa, determinar las contribuciones relativas de dichas vías, ya sean de plantas adaptadas a condiciones secas, o más húmedas.

Tomando como referencia apropiada la contribución de Wijninga “Paleobotany and palynology of Neogene sediments from the high plain of Bogota (Colombia)”, no es factible considerar un escenario climático y ecogeográfico como el supuesto por el autor. Las evidencias que tenemos muestran eventos de sucesión que se asocian con el levantamiento de la cordillera, es decir cambios en la paleoaltitud que obviamente están relacionados con cambios en la temperatura, en la humedad y en otras condiciones ecológicas implicadas en el arreglo de los esqueletos vegetales que se pueden establecer en un sitio y en un momento determinado. Estos tipos de vegetación (su reconocimiento en el sedimento fósil) constituyen un argumento bastante sólido sobre las condiciones climáticas a diferentes escalas que existía. Pasamos de ambientes muy influenciados por la biota del Oriente extraandino (Orinoquia – Amazonia) Mioceno tardío hasta ambientes típicamente andinos o cordilleranos como el protopáramo Plioceno tardío. No hay evidencia con base en todos los sitios (que son varios) documentados sobre prevalencia de condiciones bióticas que se puedan relacionar **con un niño permanente**, que evidentemente se relaciona con disminución de la precipitación, aumento de temperatura y por consiguiente aumento de condiciones secas, muy secas y áridas.

Respuesta: Respetando la opinión del revisor me permito hacer las siguientes aclaraciones: 1) Los cambios en las floras deducidos a partir de registros de polen, y correlacionados a cambios en la paleo-elevación de la Cordillera Oriental son interpretaciones. Ya que son interpretaciones, son susceptibles de ser re-evaluadas. 2) En el problema de la paleoelevación no hay nada obvio. Los cambios en la composición polínica no están obviamente relacionados con paleo-altitud como dice el revisor. Es curioso que estos cambios paleo-altitudinales se hayan propuesto precisamente para la época en que la Tierra estaba pasando del clima cálido del Plioceno, a las fluctuaciones glaciales /interglaciales que han dominado el clima del planeta desde entonces. Esta coincidencia abre las puertas para re-interpretar los cambios en las floras deducidos a partir de registros polínicos como resultado de un cambio en el clima global. No necesariamente, o no solamente paleoaltitud. 3) Los cambios en vegetación deducidos a partir de registros polínicos son sólo eso, son cambios en vegetación, no son registros directos de humedad, temperatura o paleoaltitud. 4) Dado que este artículo no es una disertación en palinología, sino en política geo-energética, simplemente ofrezco una avenida nueva de interpretación, que está ya documentada en la literatura geológica, para lo que ofrezco las referencias relevantes de modo que el lector pueda llegar a sus propias conclusiones. Para responder en el manuscrito, expandí la discusión (líneas 198 a 214).

En ambientes extraandinos, por ejemplo piedemonte de los llanos, la información suministrada por Dueñas & Van der Hammen (2007) muestra para el Mioceno tardío y Mioceno temprano la existencia de bosques de *Podocarpus* y variados ambientes acuáticos. No hay evidencias de fases con prevalencia de indicadores de condiciones secas o al menos de fluctuaciones fuertes de la lluvia en comparación con las épocas anteriores o las actuales.

Respuesta: De acuerdo, en el Mioceno de los Llanos y el piedemonte pudo haber condiciones húmedas, esto, sin embargo no condiciona las respuestas posteriores o en otros lugares.

En esta discusión no se deben descartar por supuesto otros puntos de vista que pueden estar fundamentados en contribuciones más del tipo sedimentológicas. El autor probablemente debe conocer los resultados de Molinares *et al.* (2012) para asociar el escenario propuesto con un niño permanente “The decrease of sediment delivery to the delta produced by permanent El Niño-like conditions coupled with autocyclic processes could explain the transgressive pattern observed in the Arroyo de Piedras section during the Early Pliocene” (Molinares *et al.*, 2012).

Respuesta: Agradezco la importante contribución del revisor. Incluí mención a dicho artículo y sus posibles implicaciones (líneas 210-214), además de otros estudios con implicaciones climáticas, piscícolas, fluviales y sedimentológicas especialmente para la cuenca del Magdalena (líneas 227-231).

Una mención a la condición climática existente durante una parte del Plioceno fue igualmente tratada por Helmens, K., 1990, “describes similar reddish brown paleosols on top of Marichuela Fm., the Tibagota member of Tilata Fm. and the Chorrera Fm. and suggest that they probably mark a period of regional stability and hot climate at the end of the Pliocene or during one of the earlier interglacial periods” (Jaramillo *et al.*, 2005).

Respuesta: Agradezco la contribución del revisor. En trabajos posteriores los autores mencionados interpretan estos cambios como resultado del cambio altitudinal propuesto.

El niño actual

Si nos situamos en nuestra época cuando hemos dedicado bastante atención a los fenómenos del niño y la niña y sus efectos sobre el ambiente, la discusión a la cual llegamos es que no tenemos una evidencia fuerte de la presencia de al menos “dos años niño seguidos” en los últimos 80-100 años. Aunque en Paleoecología varios autores han recurrido a la asociación periodos secos o de baja precipitación o disminución de caudales y su asociación con un probable efecto niño, no hay un grado aceptable de certeza para seguir impulsando esta idea. Las caracterizaciones climáticas de las regiones naturales de Colombia (Caribe, Pacífico, Orinoquia, Amazonia), muestran que hasta ahora ha sido imposible establecer una ciclicidad o frecuencia en la presencia de estos fenómenos. Normalmente se está estimando el ISO índice de oscilación del Sur con base en las mediciones detalladas de la NASA y existen consensos acerca de asociar las variaciones negativas y su intensidad con el niño y las positivas con la niña. Sin embargo, cuando se examina el comportamiento climático de una región natural, por ejemplo la Orinoquia, las variaciones según unidades fisiográficas e inclusive según localidades, son muy marcadas, lo cual desde nuestro punto de vista impide efectuar estas generalizaciones o extrapolaciones.

Respuesta: Agradezco la contribución del revisor, sin embargo el fenómeno del Niño se define a partir de temperaturas superficiales del océano. Incluí varias referencias

que explican esto en detalle. Línea 164-179, Wara, 2005. Así como efectos en el norte de los Andes Línea 224 a 231 y Gergis and Fowler, 2009.

Citamos este ejemplo:

Artículo Caracterización climática de las sabanas inundables y los humedales de Arauca, Colombia. *Biollania* 15:357-409: **Variación en el monto de precipitación según años para toda la región de estudio Sabanas inundables de Arauca.** “Los años 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 2001, 2002, 2004, 2009 mostraron montos por debajo del promedio multianual, es decir fueron años secos. Los años con valores más bajos que el promedio multianual en la mayoría de las estaciones son 1992, 1993, 1994 y 2002. Según Minorta & Rangel (2014) para la Orinoquia de Colombia los años 1992, 1997, 2000, 2002, 2001 y 2008, con montos de precipitación por debajo del promedio, fueron años secos. Para la zona de estudio hay coincidencia en esta denominación en los años 1992, 2001 y 2002. Los años 1992 y 1997, fueron catalogados como años típicamente Niño a nivel mundial. El año 1994 fue catalogado como húmedo para la Orinoquia. Los años con predominio de condiciones húmedas con montos por encima del promedio multianual fueron 1996, 1997 (según la NOAA fue un año niño, seco), 1998, 2000, 2003, 2005, 2008, 2011. Los años con valores más altos que el promedio multianual en la mayoría de las estaciones son 1998, 2000 y 2003. Para la Orinoquia, los años 1996, 1998 y 2010 fueron catalogados como años húmedos, de los cuales 1996 y 2010 son años típicamente Niña a nivel mundial (NOOA, 2013). Finalmente, los años sin un patrón definido para la zona de estudio fueron 1999, 2006, 2007, 2010 (según la NOAA fue un año niña)” (Rangel-Ch. *et al.*, 2017).

Respuesta: Completamente de acuerdo con el autor, sin embargo, el ENSO se define a partir de parámetros globales. La respuesta en la Orinoquia, o cualquier otra parte de Colombia es una de muchas teleconexiones. Las teleconexiones, como lo describo en el manuscrito, son globales y no van en una dirección, es decir, mientras que algunas partes del globo son más cálidas, otras son más frías y mientras unas registran mayor precipitación, otras menor. Incluí mención a dicho artículo (líneas 167 a 174).

En síntesis, aunque no disponemos de información paleoecológica en el occidente-centro de Colombia similar a la que tenemos para el Oriente del país, me parece bastante arriesgado asumir la consideración de un niño permanente en un lapso tan extenso.

Respuesta: Agradezco las afiladas observaciones del revisor. Dado que el ENSO es global, la discusión de sus causas y efectos lo es también como está discutido a lo largo del manuscrito.

Revisor 2:

Concepto sobre “La Incertidumbre Climática y El Dilema Energético Colombiano”

Revisé el manuscrito mencionado; la intención del autor es buena y apropiada para el momento que vivimos en cuestiones energéticas y de preservación de nuestra biodiversidad. Utilizar nuestros recursos naturales no renovables con racionalidad y sostenibilidad y no seguir liquidando nuestros ríos (embalses) merece todo tipo de reconocimiento; pero (however) como dicen los ingleses, los argumentos expuestos en buena parte del contenido a mi manera de juzgar, no son convincentes:

1. Lo del Niño permanente del Plioceno. Es loable llamar la atención para que un país con una historia paleoecológica tan detallada aproveche este conocimiento, pero de ahí a hacer la afirmación de un niño permanente durante millones de años hay una diferencia abismal (véase comentarios).

Respuesta: El manuscrito contenía las referencias claves donde se defiende una posición de El Niño permanente en el Plioceno, Molnar y Cane, entre otras. Adicioné más referencias para mostrar que ésta no es una idea en la periferia de la investigación en paleoclima, sino que es una idea central que ayuda a explicar las teleconexiones climáticas de esta época. Hay muchas más, prefiero citar sólo las más relevantes. Re-escribí párrafos para aclarar este punto de vista. De cualquier manera, este manuscrito no es acerca del paleoclima, es una revisión de un posible escenario de cambio climático en el siguiente siglo. Ver líneas 164 a 185.

2. El efecto del Niño en la época actual y sus alteraciones sobre el medio natural (véase comentarios).

Respuesta: Respuestas en los comentarios (track changes).

3. La figura requiere información básica para poder ser evaluada e incorporada en la discusión.

Respuesta: Modifiqué el pie de figura de modo que deje más claro al lector que la figura es sólo un ejemplo de cómo responden los embalses y la generación térmica en escenarios de escasez. Líneas 446-455.

Comparto la posición académica del autor al considerar una estrategia apropiada, mirar el carbón y buscar su incorporación al desarrollo del país. No se debe seguir regalándolo mientras se importan otras fuentes a mayor costo. Es conveniente promover el desarrollo de la carboquímica y derivaciones, con lo cual se promoverá la formación de profesionales en estas áreas. Este es un punto a favor del ensayo. Sería apropiado extenderse en los argumentos a favor del uso del carbón y las tecnologías modernas y de punta, no extremadamente contaminantes. En mi concepto este aparte merece más de dos líneas.

Respuesta: Completamente de acuerdo con el revisor. Me parece, sin embargo, poco provechoso discutir en cualquier extensión las energías limpias, por que como digo en el manuscrito (líneas 308-315), la inversión colombiana en estas es y ha sido prácticamente nula. Cito claramente el ejemplo a seguir, Alemania, pero, como también lo digo, nos falta mucho para llegar allí. Mientras tanto, nuestra única

alternativa creíble, y arraigada en la realidad geológica y tecnológica del país es el carbón, así no nos guste. Modifiqué partes del manuscrito para hacer este punto más claro. Adicioné unas líneas en las que fijo mi posición, prefiero claro está las energías limpias, pero deben ser alternativas viables y realistas (líneas 86-89)

Quizás sea apropiado incluir comentarios alusivos al ciclo del agua y la necesidad de conservar espacio natural (bosques y otros tipos de vegetación) para que siga el ciclo normal, al menos en la región cordillerana.

Respuesta: Al final se hace una recomendación al respecto (líneas 432-438). El cálculo, sin embargo debe ser el tópico de otro artículo. Me parece que no ha sido calculado y Colombia simplemente firmó ese compromiso en el COP21 sin saber realmente cuánto CO₂ se evitaría inyectar simplemente frenando la deforestación.

Al final se debería recomendar la investigación en el territorio de las manifestaciones de los fenómenos del Niño e igualmente de la Niña. No se debe seguir extrapolando información tomada a gran escala y pasarlas a las escalas locales y regionales. Los modelos siempre producirán un resultado, pero más importante que esto, es la información que se le da al algoritmo. Como estamos en esta parte, estamos muy mal y si no cambiamos, empeoraremos!!

Respuesta: Completamente de acuerdo con el revisor. Esa es, en esencia, la recomendación final líneas 432-438.

Revisor 3:

La línea lógica que desarrolla el tema es clara, pero incompleta, pues no plantea un marco de análisis amplio que permita hacer comparaciones precisas y claras entre diversas alternativas y apoyar la así la más conveniente.

Respuesta: Agradeciendo los acertados comentarios del revisor, el objetivo del manuscrito es llamar la atención sobre una vulnerabilidad presente en el sistema interconectado colombiano. El manuscrito es pragmático al explícitamente ignorar los efectos sobre el clima del planeta (el mayor contribuidor ya lo hizo), y al no considerar los renovables como alternativa. Como se explica en el manuscrito, para Colombia, al corto y mediano plazo, no son una alternativa dado que no hemos dedicado ninguna parte significativa de nuestro presupuesto para desarrollar ninguna fuente limpia de energía. Colombia tiene efectivamente un potencial altísimo, pero a este potencial no se llega con sólo desearlo, o con discutirlo en círculos académicos. Expandí esta discusión en el manuscrito aclarando estos puntos en las líneas 86-89 y 285-305

Sugiero adicionar las referencias relacionadas con los impactos ambientales de la minería y consumo del carbón y con los problemas globales que se derivan de la emisión de GEI. Igualmente deben tomarse en cuenta y referenciar las políticas relativas a la adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático.

Respuesta: Adicioné un párrafo acerca de los impactos ambientales de la minería de carbón en la cuenca del Cesar-Ranchería. Líneas 392-411.

Otras observaciones Considero que hacer una recomendación tan controversial como la que se propone, requiere de un sustento mucho mayor, mediante la inclusión de los impactos y costos socioambientales en la formulación y análisis de diversas alternativas, que demuestre claramente que la propuesta es la mejor alternativa para el país y para el planeta.

Respuesta: Agradezco la contribución del revisor. Adicioné en varios puntos del manuscrito una discusión más detallada de por que se puede proponer un fenómeno de El Niño permanente en el Plioceno. Esta no es una idea ni particularmente controversial ni tampoco nueva. Y tiene sustento con observaciones en todo el planeta. Incluí sólo las referencias más relevantes. Líneas 156-185