



Ámbar: una gema de interés comercial, histórico y químico

José E. Báez, Vanessa Vargas-Alfaro, J. Oscar C. Jiménez-Halla*

Departamento de Química, Universidad de Guanajuato, Noria Alta S/N, Guanajuato, Gto.
30650 México. Correo electrónico: jebaez@ugto.mx

Resumen

El ámbar es un material antiguo que ha sido utilizado en joyería desde civilizaciones antiguas. Además, el ámbar ha demostrado ser un medio de preservación de especies extintas que vivieron hace millones de años como insectos, arácnidos y reptiles. El ámbar es una resina fosilizada que está formada de una mezcla compleja de compuestos orgánicos llamados terpenos y que originalmente eran parte de una resina exudada por árboles hace millones de años. El ámbar procedente de árboles de la familia de la conífera presenta como característica un contenido apreciable de ácido succínico como el caso del ámbar de Rusia (ámbar báltico), Alemania y Canadá. Sin embargo, el ámbar procedente de la familia de las leguminosas como por ejemplo el ámbar de México y República dominicana no contienen ácido succínico. Actualmente muchos de los terpenos encontrados en el ámbar se pueden encontrar como productos naturales de la familia de las coníferas y algunos de estos compuestos han sido utilizados en la síntesis de monómeros y polímeros.

Palabras clave: Ámbar, ámbar báltico, terpenos, ácido succínico, ácido comúnico.

Abstract

Amber is an ancient material that has been used in jewelry since ancient civilizations. In addition, amber has proven to be a means of preserving extinct species that lived millions of years ago, such as insects, arachnids, and reptiles. Amber is a fossilized resin that is formed of a complex mixture of organic compounds called terpenes that were originally part of a resin exuded by trees millions of years ago. The amber from trees of the coniferous family presents as characteristic an appreciable content of succinic acid as the case of Russian amber (Baltic amber), Germany, and Canada. However, amber from the legume family, such as amber from Mexico and the Dominican Republic, does not contain succinic acid. Currently, many of the terpenes found in amber can be found as natural products of the family of conifers, and some of these compounds have been used in the synthesis of monomers and polymers.

Keywords: Amber, Baltic amber, terpenes, succinic acid, communic acid.



Introducción

A lo largo de la civilización humana el ser humano ha utilizado una diversidad de materiales que han servido para hacer más amena su sobrevivencia, ejemplo de esto es la madera, la lana, el algodón, el acero, el cemento, etc. Por otro lado, también han existido materiales que han tenido un valor agregado por ser considerados como gemas, por ejemplo, el rubí $[Al_2O_3.Cr]$, la esmeralda $[Be_3Al_2(SiO_3)_6.Cr]$, el diamante $[C \text{ tetraédrico}]$, etc. Respecto a esta último grupo, el ámbar puede considerarse una gema orgánica, esto es, está constituido de material orgánico con elementos como carbono (C), hidrógeno (H), y oxígeno (O). En este sentido, el ámbar sigue siendo extraído y utilizado mayoritariamente como una materia prima en joyería (Figura 1), incluso debido a su valor intrínseco como gema, en el caso particular de México se ha establecido lo que comercialmente se llama “denominación de origen” con el nombre de “Ámbar de Chiapas” para distinguir el producto característico de una localidad y darle un valor agregado (Denominaciones de Origen, 2019). El uso del ámbar en joyería es tan antiguo como muchas civilizaciones desaparecidas (Thickett, 1995), por ejemplo, la civilización maya utilizaba al ámbar en objetos como pendientes (Lowe, 2004), adicionalmente, el ámbar pudo haber sido utilizado como un producto de trueques o intercambio comercial, como también lo era la obsidiana (lava enfriada bruscamente) para la fabricación de cuchillos. Por otro lado, aún más atrás en el tiempo, encontramos evidencia del ámbar utilizado comercialmente desde el paleolítico superior hasta la edad de bronce en la Cornisa Cantábrica en España (Álvarez Fernández, 2005).



Figura 1. Pulseras de ámbar procedente de Simojovel Chiapas en México.

Preservación de especies extintas

Hace poco más de 25 años el ámbar fue un material de interés cinematográfico en el libreto de la película Parque Jurásico (Jurassic Park, 1993), en el cual dicho material fue un medio de preservación de un mosquito. En este sentido, la ciencia ficción tienen cosas en común con la realidad. En la realidad, el ámbar sí es un medio de preservación de



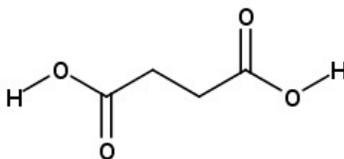
especies históricas que alguna vez estuvieron vivas hace millones de años, ejemplo de esta afirmación han sido el descubrimiento de especies de insectos (Arillo, 1996 y 2010; Jarzembowski, 2017) y arácnidos (Riquelme y Méndez, 2016; Huang y colaboradores, 2018) embebidos en el ámbar y algunos de ellos con una magnífica visualización del espécimen. Las causas potenciales por las cuales los insectos y arañas pudieron quedar embebidas en el ámbar pueden ser variadas, como, por ejemplo, 1) los compuestos volátiles de la resina original pudieran ser un atrayente hacia algunos insectos, 2) un atrayente visual hacia algunos insectos u hormigas confundiendo la resina fresca con miel, 3) en el proceso de caza de insectos algunas arañas quedaron varadas en la resina de manera irreversible.



Figura 2. Insecto embebido en ámbar de Simojovel Chiapas, México. Dedos índice y pulgar utilizados como referencia.

¿De dónde proviene el ámbar?

El ámbar proviene de lo que alguna vez fue una resina fresca que exudaron diferentes árboles, la pregunta adecuada sería ¿Qué tipo de árboles fueron los que generaron el ámbar?, la respuesta implica dos tipos de familias de árboles que han sido detectados, 1) las leguminosas (Fabaceae) (McCoy y colaboradores, 2017; Salgado Garciglia, 2018) y 2) las coníferas (Cupressaceae y Pinaceae) (Sadowski y colaboradores, 2017), en términos pragmáticos, la diferencia entre ambos tipos de ámbar estriba en que el derivado de las leguminosas no contiene ácido succínico (Esquema 1) y el proveniente de las coníferas sí lo presenta y hasta en un 8 % en peso.



Esquema 1. Estructura química del ácido succínico.



En la Tabla 1, se ilustran las características de diferentes tipos de ámbar y su relación con los árboles que dieron origen al mismo. Cabe mencionar que algunos de ellos son especies extintas como la *Hymenaea mexicana* e *Hymenaea protera* (Poinar y Brown, 2002) que fueron los árboles que eventualmente produjeron el ámbar en México y República dominicana, respectivamente. Una especie con un género idéntico como la *Hymenaea verrucosa* fue la precursora del ámbar de Etiopía. Adicionalmente, el ámbar producido por los árboles del género *Hymenaea* sugiere la cercanía que tuvo América con África hace muchos millones de años. Por otro lado, el ámbar conocido como “ámbar báltico” es aquel que contiene al ácido succínico como un ingrediente, este tipo de ámbar no fue producido por una leguminosa sino por una conífera, el yacimiento más importante se encuentra en Rusia en específico en Baikura (Siberia) (Perkovsky y Wegierek, 2017) y en Kaliningrado, en este último se encuentra el famoso museo del ámbar con más de 16 000 piezas (Amber Museum Kaliningrad, 2019).

Tabla 1. Descripción de los árboles que generaron hace millones de años diferentes tipos de resinas precursoras del ámbar en el mundo (McCoy y colaboradores, 2017; Sadowski y colaboradores, 2017).

Familia	Genero	Especie (Nombre científico del árbol)	Estado actual	Ámbar producido	Continente	Presencia de ácido succínico
<i>Fabaceae</i> (Leguminosas)	<i>Hymenaea</i>	<i>Hymenaea mexicana</i>	Extinto	México	América	No
		<i>Hymenaea protera</i>	Extinto	República Dominicana	América	No
		<i>Hymenaea verrucosa</i>	Vivo	Etiopía	África	No
<i>Cupressaceae</i> (Coníferas)	<i>Calocedrus</i>	<i>Calocedrus sp.</i>	Vivo	Rusia	Europa	Sí
	<i>Taxodium</i>	<i>Taxodium sp.</i>	Vivo	Rusia	Europa	Sí
<i>Pinaceae</i> (Coníferas)	<i>Abies</i>	<i>Abies sp.</i>	Vivo	Rusia	Europa	Sí

Complementariamente, existen otros tipos de ámbar que se asemejan al “ámbar báltico” en el sentido de presentar contenido de ácido succínico, por lo tanto, producidos por coníferas, sin embargo, provienen de diferentes zonas geográficas del mundo, un par de casos es el ámbar de Canadá (Poulin y Helwig, 2016) y el ámbar de Alemania (Wolfe, 2016).

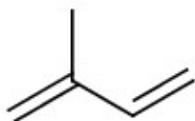


Myanmar: el país con el ámbar y nuevas especies descubiertas de mayor interés contemporáneo

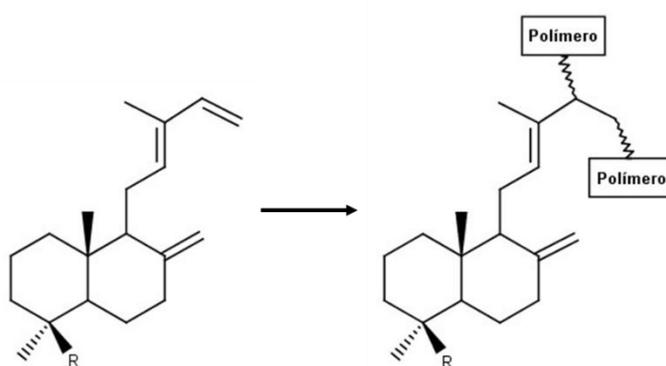
Actualmente, la zona más prolífica en el mundo sobre descubrimientos de especies antiguas de insectos, arañas y reptiles incrustadas en el ámbar está en Myanmar (antes Birmania) en el sudeste asiático, en los últimos años, artículos publicados en revistas del más alto impacto científico como *Nature* o *Science* tienen como materia prima piezas de ámbar extraídas de las minas de Kachin o Tilin en Myanmar, donde científicos chinos han encontrado su “mina de oro” para la publicación de artículos originales (Zheng y colaboradores, 2018). Algunos descubrimientos realmente sorprendentes hallados en el ámbar de Myanmar son: 1) el primer y más antiguo fósil reportado de una serpiente (Xing y colaboradores, 2018; Pickrell, 2018) y 2) la primera y más antigua especie de araña la cual presenta con una cola larga (Wang y colaboradores, 2018), ambas especies con datación de aproximadamente de 100 millones de años, lo cual lo ubica al ámbar y dichas especies en la era geológica del Cretácico donde los dinosaurios eran los amos del planeta tierra. Actualmente, el origen del ámbar de Myanmar está en estudio, y algunos autores sugieren que el ámbar de este país fue generado por coníferas (gimnospermas) de la familia Pinaceae y Cupressaceae (Dutta y colaboradores, 2011). Potencialmente habrá nuevos descubrimientos futuros y no será la última vez que escuchemos hablar del ámbar de Myanmar y sus tesoros preservados.

Composición del ámbar

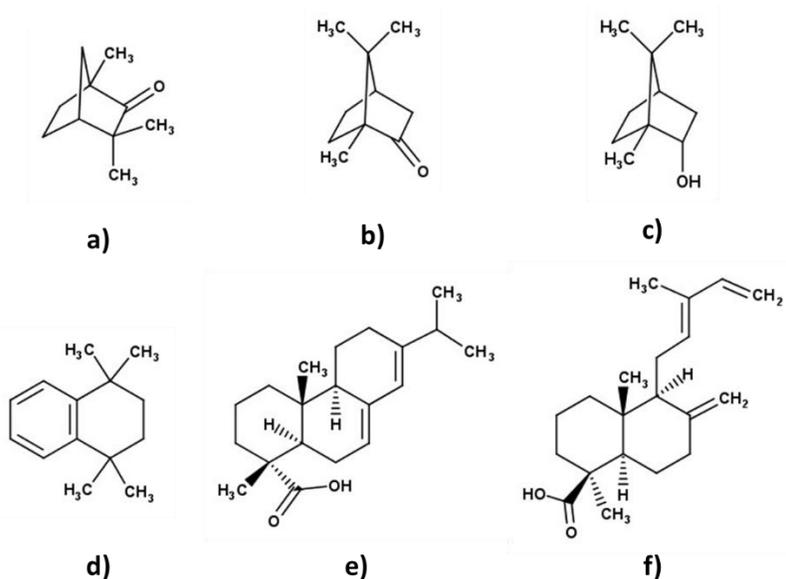
En la literatura contemporánea, se ha analizado la naturaleza química del ámbar, e incluso un compuesto como el ácido succínico (Esquema 1) ha sido crucial para diferenciar al ámbar báltico como fue comentado anteriormente. Podemos decir que el ámbar está constituido de dos tipos de componentes, 1) una mezcla compleja que es mayoritariamente formada de moléculas derivadas de un grupo llamado “terpenos” (Pereira, 2009 ; Poulin y Helwig, 2016), los terpenos son la familia más grande de productos naturales producido por plantas, tienen como molécula de referencia al *isopreno* (Esquema 2), sin embargo, el isopreno es utilizado solo como referencia estructural debido a que la molécula del isopreno no ha sido encontrada a la fecha como un producto natural en alguna planta y solo ha sido sintetizado por el hombre. La mayoría de los compuestos de la familia de los terpenos contienen enlaces dobles y pueden ser cíclicos o acíclicos, lo que nos hace referencia a los alquenos u olefinas; y 2) una red polimérica formada de unas moléculas derivadas de terpenos como derivados del ácido comúnic, comunol o biformeno (Clifford, 1995; Martínez-Richa, 2000) que han reaccionado entre ellas (Esquema 3) y confieren la difícil solubilidad del ámbar para diferentes disolventes orgánicos. Algunas de las muchas moléculas derivadas de terpenos encontradas en el ámbar se ilustran en el Esquema 4.



Esquema 2. Estructura química del Isopreno.



Esquema 3. Polimerización de moléculas encontradas en el ámbar como el ácido comunico (R = CO₂H), comunol (R = CH₂OH) y biformeno (R = CH₃) (Clifford, 1995).

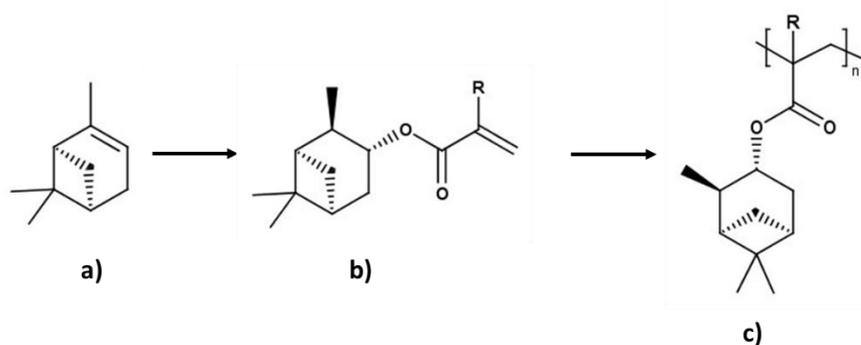


Esquema 4. Terpenos que han sido identificados en muestras de ámbar, a) fenchona, b) alcanfor, c) borneol, c) tetrahidotetrametilnaftaleno, e) ácido abietico y f) ácido comunico (Pereira, 2009; Poulin y Helwig, 2016).



Potencial uso de compuestos orgánicos que han sido encontrados en el ámbar

Muchos de los compuestos encontrados en el ámbar son moléculas orgánicas derivadas de terpenos, actualmente estas moléculas se siguen produciendo por una gran diversidad de plantas como por ejemplo la familia de las coníferas, ejemplo de estas moléculas son el α -pineno, β -pineno, canfeno o limoneno (Armstrong, 1996). Una pregunta salta a la vista ¿Qué usos pueden tener las moléculas encontradas en el ámbar y que actualmente son producidas por plantas? En este sentido, Sainz y colaboradores (2016) utilizaron moléculas de la familia de los terpenos (α -pineno, carvona, o limoneno) como precursores de monómeros derivados del acrilatos y metacrilatos para la generación de nuevos polímeros y recubrimientos a base de recursos renovables (Esquema 5).



Esquema 5. Uso de a) α -pineno como precursor de un monómero derivado de b) acrilato (R = H) o metacrilato (R = CH₃) y su c) polímero ramificado (Sainz y colaboradores, 2016).

Conclusión

El ámbar representa una gema que tiene diferentes tópicos de interés como, 1) el comercial, donde su principal uso es en joyería desde épocas antiguas hasta la actual, 2) el histórico, en el cual es un medio de preservación de especies extintas de insectos, arañas y reptiles y 3) el químico, describiendo al ámbar como un material formado de una mezcla compleja de moléculas derivadas de terpenos. Los tres puntos anteriores nos indican la versatilidad de este material. Dos diferentes tipos de ámbar han sido clasificados acordes a los árboles que originalmente generaron la resina precursora hace millones de años, el primer tipo de ámbar provino de coníferas con un contenido significativo de ácido succínico (ámbar báltico (Rusia), ámbar de Canadá y Alemania) y el segundo tipo, atribuible a las leguminosas (ámbar de México y República Dominicana) y sin contenido de ácido succínico. Muchas de las moléculas que se han encontrado en el ámbar, actualmente se siguen produciendo de manera natural por arboles del género *Calocedrus*, *Abies* y *Hymenaea*, lo anterior puede representar potenciales usos de estas moléculas como, por ejemplo, la generación de nuevos monómeros y polímeros partir de recursos renovables.



Agradecimientos

Se agradece a Iris Liliana Chacón Díaz y María Elena Díaz Gómez (Simojovel Chiapas) por las muestras de ámbar y la enseñanza sobre este material. A la Universidad de Guanajuato (UG) por el espacio de trabajo brindado.

Conflicto de intereses

El autor declara que no existe conflicto de intereses.

Referencias

Amber Museum Kaliningrad, consulted in April 17th, 2019, in URL https://www.ambermuseum.ru/en/home/about_museum/about_museum

Álvarez Fernández, E., Peñalver Molla, E., & Delclòs X. (2005). La presencia de ámbar en los yacimientos prehistóricos (del paleolítico superior a la edad del bronce) de la cornisa cantábrica y sus fuentes de aprovisionamiento. *Zephyrus*, 58, 159-182. <http://revistas.usal.es/index.php/0514-7336/article/view/5613>

Arillo, A. (1996). Los insectos en ámbar. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 16, 147-149. <http://sea-entomologia.org/Publicaciones/Boletines/Boletin16/boletin16.htm>

Arillo, A. (2010). Insectos en ámbar: atrapados en el tiempo. In: Viguera, E., & Lozano, J. (Editors). *Encuentros con la ciencia II del macrocosmos al microcosmos* (pp. 151-162). Málaga, Spain: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Málaga. In URL <https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/4255>

Armstrong, D.W., Zhou, E.Y., Zukowski, J., & Kosmowska-Ceranowicz, B. (1996). Enantiomeric composition and prevalence of some bicyclic monoterpenoids in amber. *Chirality*, 8, 39-48. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/%28SICI%291520-636X%281996%298%3A1%3C39%3A%3AAID-CHIR9%3E3.0.CO%3B2-B>

Clifford, D.J., & Hatcher, P.G. (1995). Structural transformations of polyabdanoid resinites during maturation. *Organic Geochemistry*, 5, 407-418. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0146638095000227>

Denominaciones de origen, consulted in April 16th, 2019, in URL <https://www.gob.mx/publicaciones/articulos/denominaciones-de-origen-orgullo-de-mexico?idiom=es>

Dutta, S., Mallick, M., Kumar, K., Mann, U., Greenwood, P.F. (2011). Terpenoid composition and botanical affinity of Cretaceous resins from India and Myanmar. *International Journal of Coal Geology*, 85(1), 49-55. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166516210001898?via%3Dihub>



Huang, D., Hormiga, G., Cai, C., Su, Y., Yin, Z., Xia, F., & Giribet, G. (2018). Origin of spiders and their spinning organs illuminated by mid-cretaceous amber fossils. *Nature Ecology & Evolution*, 2, 623-627. <https://www.nature.com/articles/s41559-018-0475-9>

Jarzembowski, E.A., Wang, B., & Zheng, D. (2017). Another amber first: A tiny tetraphalerin beetle (Coleoptera: Archostemata) in Myanmar birmite. *Cretaceous Research* 78, 84-88. In URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195667117302094>

Jurassic Park (Parque Jurásico, 1993), consulted in April 15th, 2019, in URL <https://www.imdb.com/title/tt0107290/>

Lowe, L.S. (2004). Los ornamentos de ámbar en el área maya: arqueología y etnohistoria. *Estudios de Cultura Maya*, Vol. XXV, 47-56. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-25742004000100003

Martínez-Richa, A., Vera-Graziano, R., Rivera, A., Joseph-Nathan, P. (2000). A solid-state ¹³C NMR analysis of ambers. *Polymer*, 41, 743-750. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032386199001950>

McCoy, V.E., Boom, A., Solórzano Kraemer M.M., & Gabbott, S.E. (2017). The chemistry of American and African amber, copal, and resin from the genus *Hymenaea*. *Organic Geochemistry*, 113, 43-54. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0146638017301857>

Pereira, R., Carvalho, I.S., Simoneit, B.R.T., Azevedo, D.A. (2009). Molecular composition and chemosystematic aspects of Cretaceous amber from the Amazonas, Araripe and Reconcavo basins, Brazil. *Organic Geochemistry*, 40, 863-875. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0146638009001016>

Perkovsky, E.E., & Wegierek, P. (2017). Oldest amber species of palaeoaphididae (Hemiptera) from Baikura (Taimyr amber). *Cretaceous Research*, 80, 56-60. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195667117302379>

Pickrell, J. (2018). Hallan en ámbar la primera cría de serpiente de la era de los dinosaurios. *National Geographic*, in URL <https://www.nationalgeographic.es/animales/2018/07/hallan-en-ambar-la-primera-cria-de-serpiente-de-la-era-de-los-dinosaurios>

Poinar, G. Jr., & Brown, A.E. (2002). *Hymenaea Mexicana* sp. Nov. (Leguminosae: Caesalpinioideae) from Mexican amber indicates old world connections. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 139(2), 125-132. <https://academic.oup.com/botlinnean/article/139/2/125/2433687>



Poulin, J., & Helwig K. (2016). The characterization of amber from deposit sites in western and northern Canada. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 7, 155-168. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352409X16301055>

Riquelme, F., & Méndez Acuña, M. (2016). El descubrimiento de un fósil de araña salticido en el ámbar de Chiapas. *CONABIO. Biodiversitas*, 127, 6-11. <https://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv127art2.pdf>

Sainz, M.F., Souto, J.A., Regentova, D., Johansson, M.K.G., Timhagen, S.T., Irvine, D.J., Buijsen, P., Koning, C.E., Stockman, R.A., & Howdle, S.M. (2016). A facile and green route to terpene derived acrylate and methacrylate monomers and simple free radical polymerization to yield new renewable polymers and coatings. *Polymer Chemistry*, 7, 2882-2887. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2016/py/c6py00357e#!divAbstract>

Sadowski, E.-M., Schmidt, A.R., Seyfullah, L.J., & Kunzmann, L. (2017). Conifers of the “Baltic amber forest” and their palaeoecological significance. *Stapfia*, 106, 1-73. https://www.zobodat.at/publikation_volumes.php?id=54000

Salgado Garciglia, R. (2018). El ámbar: Una resina fosilizada de árboles prehistóricos. Consulted in April 17th, 2019, in URL <http://michoacantrespuntocero.com/cienciaro.mx/el-ambar-una-resina-fosilizada-de-arboles-prehistoricos/>

Thickett, D., Cruickshank, P., Ward, C. (1995). The conservation of amber. *Studies in Conservation*, 40(4), 217-226. www.jstor.org/stable/1506496

Wang, B., Dunlop, J., Selden, P.A., Garwood, R.J., Shear, W.A., Müller, P., & Lei, X. (2018). Cretaceous arachnid *Chimerarachne yingi* gen. et sp. nov. illuminates spider origins. *Nature Ecology & Evolution*, 2, 614-622. <https://www.nature.com/articles/s41559-017-0449-3>

Wolfe, A.P., McKellar, R.C., Tappert, R., Sodhi, R.N.S., & Muehlenbachs, K. (2016). Bitterfeld amber is not Baltic amber: Three geochemical test and further constraints on the botanical affinities of succinite. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 225, 21-32. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003466671500216X>

Xing, L., Caldwell, M.W., Chen, R., Nydam, R.L., Palci, A., Simões, T.R., McKellar, R.C., Lee, M.S.Y., Liu, Y., Shi, H., Wang, K., Bai, M. (2018). A mid-Cretaceous embryonic-to-neonate snake in amber from Myanmar. *Science Advances*, 4, eaat5042. <https://advances.sciencemag.org/content/4/7/eaat5042>

Zheng, D., Chang, S.-C., Perrichot, V., Dutta, S., Rudra, A., Mu, L., Kelly, R.S., Li, S., Zhang, Q., Wong, J., Wang, J., Wang, H., Fang, Y., Zhang, H., Wang, B. (2018). A late Cretaceous amber biota from central Myanmar. *Nature Communications*, 9, 3170. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6085374/>