



**Título:** Geopolítica del grafeno

**Autora:** Silvia Laura Rodriguez

Historiadora, especializada en la estructura económica de América Latina y su formación dependiente. Investigadora del CIGES (Centro de Investigación y Gestión para la Economía Solidaria) e integrante del Grupo de Trabajo CLACSO “Geopolítica, Sistema Mundial e Integración Latinoamericana”. Profesora en Enseñanza Media y Superior, Licenciada en Historia por la Universidad de Buenos Aires. Actualmente se encuentra culminando la Especialización en China Contemporánea, en la Universidad de Lanús, Buenos Aires, Argentina.

**Imagen nro.1: Grafito formación natural y origen del grafeno.**



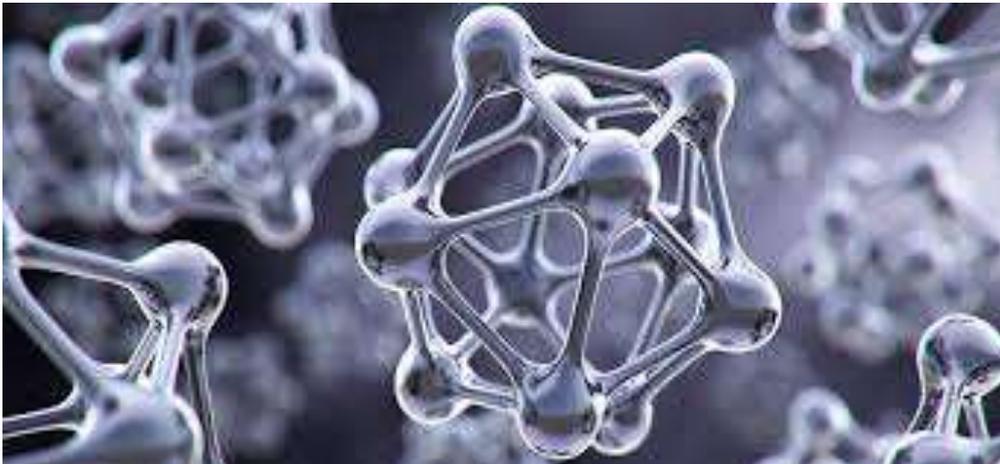
## Resumen

El grafeno es un material que deriva del mineral de grafito y fue descubierto en 2010. Posee tan sólo un átomo de espesor y reúne en sí mismo innumerables propiedades tales como: hiperflexibilidad, superconductor térmico, altamente resistente, transparencia, superconductor eléctrico y de bajo impacto ambiental, así como también la posibilidad de transformarse en una nueva fuente de energía que reemplace al petróleo. Dichas características otorgan al nuevo material características únicas y predice que su ingreso en el proceso de industrialización tendrá efectos disruptivos, pues llevará al reemplazo de los metales utilizados hasta la actualidad. Las razones anteriormente expuestas, explican la importancia que ha adquirido hasta transformarse en un commodity financiero, aún cuando su implementación no ha sido plena.

Dentro del escenario mundial es China quien posee el 60 por ciento de las reservas mundiales, desarrollando y patentando la mayoría de las innovaciones en la actualidad. Este imponente desarrollo, choca generando tensiones geopolíticas, ante la carencia total de grafeno, dentro de Estados Unidos, cuya economía es altamente vulnerable a la provisión de dicho material, considerado también de carácter crítico por su importancia para la industria armamentística.

**Palabras clave:** grafeno, propiedades, reservas, geopolítica, vulnerabilidad.

Imagen Nro. 2 Grafeno material formado por agrupación de átomos de carbono.



## Una historia reciente

Apenas hace 13 años atrás, en el 2004, André Geim y Konstantin Novoselov, a través de un simple experimento que consistió en realizar una marca con lápiz negro de grafito sobre una cinta adhesiva, la cual fueron pegando y despegando sucesivas veces, lograron separar las capas de dicho material hasta dejar aislada una sola de ellas a la que denominaron grafeno. Ésta resultó ser una fina lámina de carbono de tan solo un átomo

de espesor, pero que reunía en sí misma gran cantidad de propiedades y beneficios, las que despertaron inmediatamente, el interés de la comunidad científica.

El redescubrimiento (ya que había sido detectado por primera vez en 1964) y la descripción exhaustiva del grafeno, les valió a Geim y Novoselov, el Premio Nobel de Física en el año 2010, cuando este último concluyó: “Muchos materiales cumplen alguna de las características del grafeno. Pero solo uno las une todas, lo que abre unas posibilidades enormes” (citado en Berengueras, 2016:1).

En cuanto al material en sí, se encuentra a escala nanométrica (es decir la mil millonésima parte de un metro) y se caracteriza por ser: hiperfino, flexible, altamente resistente (doscientas veces más que el acero industrial, similar a la resistencia del diamante), ligero (cinco veces más que el aluminio), superconductor térmico, superconductor eléctrico (mil veces más que el cobre), transparente, extremadamente delgado, impermeable y de bajo costo e impacto ambiental (Berengueras, 2016; Graphenano, 2017).

En función a lo anteriormente expuesto, es importante verificar las industrias que se verían modificadas a partir de la utilización del grafeno:

1. Aeronáutica: el fuselaje del avión adquiriría mayor resistencia, menor peso y total flexibilidad a partir de su fabricación con aerografeno que es 7 veces más ligero que el aire (Berengueras, 2016).
2. Agricultura: en la Universidad de Iowa, se desarrollò un sistema de sensores que informa sobre la cantidad de agua en los cultivos, a partir de láminas de grafeno, que se incorporan en una cinta adherida a las hojas de las plantas y permite detectar el nivel de agua en cualquiera de sus partes, siendo eficiente y de bajo costo (La Vanguardia, 2018).
3. Alimenticia: creación de sustancias alimenticias sin riesgo de bacterias (Berengueras, 2016).
4. Automotriz: el cambio de las carrocerías por otras más livianas y flexibles. Por otro lado, permitiría avanzar rápidamente, en la utilización masiva de los autos eléctricos ya que las baterías serían de muy bajo peso y se cargarían en 5 minutos, dando una autonomía de hasta 600 km. Es importante marcar que se ha presentado en el año 2015, el primer vehículo artesanal español con grafeno: el GTA SPANO (Saavedra, 2014; Berengueras, 2016; Callejo, 2018).
5. Biomédica: la posibilidad de combinar ADN con grafeno para generar tanto tejidos como chips para el suministro de medicación dentro del organismo en forma gradual. A su vez en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (en adelante MIT), están trabajando en función de la sensibilidad del material para crear sensores químicos y biológicos de ADN, lo cual hará que las pruebas y tests genéticos (para embarazadas, delitos, etc.) sean más sencillos y precisos. (Graphenano, 2017; Jaimovich, 2018).
6. Comunicaciones: mejora la comunicación por Wi Fi, por ser el grafeno repetidor en sí mismo. (Graphenano, 2017).
7. Eléctrica: por la facilidad y rapidez en la conducción que posee el grafeno reemplazará al cobre. A esto se suma el reciente descubrimiento, sobre que la corriente puede fluir a partir de un mecanismo no convencional como la colocación a 1,1 grados de dos láminas de dicho material, las cuales a su vez no permiten el recalentamiento térmico. (Graphenano, 2017; Jaimovich, 2018).
8. Electrónica: el desarrollo de nuevas computadoras: transparentes (que permitiría su uso como monitor), táctiles, con baterías rápidamente cargables (diez veces más rápido que las

actuales de silicio) y con mejor funcionamiento de la conexión Wi Fi (por ser ellas mismas repetidoras y multiplicadoras). A su vez serían fácilmente transportables, ya que podrían enrollarse e irrompibles, con tan solo un átomo de espesor. En cuanto a los procesadores, tendrían la posibilidad de alcanzar una velocidad de cientos de gigahercios (hoy en día al ser de silicio, alcanzan un máximo –no comercial– de 100 GHz y en el caso de una computadora doméstica es de apenas 3 GHz) o sea altamente superior de los rangos actuales. Esto se debe a que el grafeno es un súper conductor y deja pasar todos los electrones, sin más, contrariamente al silicio que es semiconductor y necesita contactos metálicos entre las partes del circuito para circular. Desde el Silicon Valley, trabajan buscando combinar la “sensibilidad” del nuevo material, con la “habilidad” del silicio, ya que resulta más conveniente complementarse con el grafeno que competir con el (Graphenano, 2017; Jaimovich, 2018).

9. Energía renovable: el grafeno permite la transición energética del uso de combustibles fósiles a energías renovables, en principio porque en sí mismo no es contaminante y a su vez porque permite otras implementaciones como, por ejemplo: la autonomía del coche eléctrico en casi 600 km (en función de las nuevas baterías con litio y grafeno), que según SAIT (Instituto de Tecnología Avanzada de Samsung) acelerarán la carga a tan solo 5 minutos y aumentarán la capacidad de duración. Razones por las cuales será posible pensar en la independencia del petróleo como combustible. En función de las últimas investigaciones podemos hablar de las futuras baterías con características perpetuas, que combinarán la membrana atómica del grafeno con la energía química del hidrógeno, alimentándose del medio ambiente, por lo que no será necesario reemplazarlas (Graphenano, 2017; Ingebor, 2018).
10. Fotovoltaica: El grafeno tiene muy buena conductividad térmica, así que las placas solares serán mucho más eficientes (Tendencias de la Ingeniería, 2015).
11. Fuente de energía: la Universidad de Stanford ha propuesto un colector de energía termoiónica basado en grafeno, que sería capaz de generar energía a partir de los propios iones del medio ambiente. (Graphenano, 2017).
12. Informática: hasta ahora se utilizan los bits, un lenguaje binario donde puede ser 0 o 1. Pero hace tiempo los científicos trabajan en la llamada computación cuántica, que se maneja en qbits (bits cuánticos), los cuales le permiten múltiples estados a la vez, con lo cual los equipos podrían resolver varias ecuaciones en simultáneo o algoritmos más complejos. Para este tipo de desarrollo, los electrones que componen el grafeno pueden tener diversas superposiciones arbitrarias y resultar sumamente útiles, para esta nueva revolución en la computación que se acerca (Graphenano, 2017; Jaimovich, 2018).
13. Seguridad: creación de chalecos antibalas altamente resistentes y absolutamente livianos. (Tendencias de la Ingeniería, 2015).
14. Siderúrgica: el MIT ha desarrollado un gel sólido denominado aerografeno, con el 5% de la densidad del acero y 10 veces más resistente que éste, por lo cual se modificarían las estructuras de trenes, coches, aviones, barcos, afectando a la industria del acero. A su vez, también el aluminio está en vías de ser reemplazado por compuesto de fibras de carbono con grafeno (Graphenano, 2017).
15. Sustentabilidad: a partir de la malla molecular de forma hexagonal que forma el grafeno, se conforma un tamiz que permite separar el agua de la sal. En la Universidad de Manchester aseguran que esta separación abriría la posibilidad de constituir plantas de desalinización, las que podrían funcionar a energía solar, sin costo alguno, resolviendo una importante necesidad social (Graphenano, 2017).
16. Telefonía: los móviles serían flexibles y de rápida recarga El primer modelo fabricado con grafeno ya fue realizado en el 2015 y patentado por China, el mismo posee la

pantalla muy sensible al tacto y es de bajo consumo, adquiriendo un 50% más de autonomía (Berengueras, 2016; Perez, 2013; La Segunda, 2018).

En función de la descripción realizada, se puede observar la amplitud de uso que, para el desarrollo científico, posee el nuevo material descubierto. El cual apenas se encuentra en su fase inicial y sin embargo ya tiene implementaciones en curso, así como también avizora una gran diversidad de posibilidades tanto para crear nuevos materiales altamente resistentes para la mecánica, como rápidos y de bajo costo energético para la electrónica (Foá Torres, 2014:3). A su vez el mismo puede constituirse en fuente de energía para reemplazar en el futuro al petróleo por el carbono de carácter no contaminante, que tal como se mencionó en el punto nueve, hoy se combina con el litio y el hidrógeno, para producir baterías de carácter perpetuo, las cuales interactúan con el medio ambiente para obtener su carga. Cabe agregar a lo anteriormente expuesto, que el trabajo a partir de la mecánica cuántica y la inteligencia artificial permitirán la construcción de estructuras atómicas, con una organización adecuada a la funcionalidad que se necesite.

Hasta aquí se ha presentado el mineral, objeto del presente trabajo, como así también sus características, propiedades y usos futuros, los cuales tendrán efectos disruptivos para la industria tal como la conocemos hoy. A continuación, se abordará sus efectos en la economía, en tanto su transformación en commodity financiero y posteriormente su valor como recurso estratégico unido a las implicancias geopolíticas, teniendo como dato central que la República Popular China posee una de las mayores reservas mundiales de grafito. Así como también, se encuentra a la vanguardia de la producción e investigación sobre dicho material. Finalmente se avanzará en algunas consideraciones con respecto a América Latina, ya que como poseedor de importantes reservas tiene oportunidad de ingresar en la producción del grafeno, a través de asociación estratégica con el gigante asiático.

### **De mineral a nuevo commodity financiero**

Para profundizar en el conocimiento del grafito de donde se extrae el grafeno y conocer la ubicación actualizada de las reservas del mineral, así como el nivel de producción por país, resulta indispensable trabajar con los informes emitidos anualmente por la *United States Geological Survey* (U.S.G.S.), dedicados específicamente a este material. Dicha agencia de índole científica depende del Departamento del Interior de los Estados Unidos y desde 1879 trabaja con personal altamente calificado, logrando reunir un enorme banco de datos, único hasta ahora, tanto en materia biológica, como geológica, sobre el territorio norteamericano y el mundo entero. A su vez, también los análisis realizados por la mencionada institución, según Bruckmann (2013), muestran las líneas de pensamiento estratégico desarrolladas en función de los intereses considerados vitales para Estados Unidos, por lo cual se considera central, tomarlas en cuenta, para poder pensar el ciclo del mineral a futuro, tanto en sus implicancias económicas, como geopolíticas.

Al recorrer los informes anuales sobre el Grafito, desde el año 2014 hasta el 2020, y en particular el capítulo titulado: *Graphite. Critical Mineral Resources of the United States—Economic and Environmental Geology and Prospects for Future Supply*, de Gilpin Robinson, Jane M. Hammarstrom y Donald W. Olson publicado en 2017, se

observa que el lenguaje desde el cual se analiza las características y propiedades del mineral posee una visión comercial determinante y a partir de ello, las clasificaciones de tipo geológico tienen vinculación directa con su valorización en el mercado de minerales. Tanto más, cuando el nuevo material reúne en sí mismo, numerosas cualidades, en permanente expansión.

Lo anteriormente expresado, en cuanto a una óptica comercial en el estudio del grafito y su valorización en los mercados, se encuentra dentro del contexto de lo que se denomina “mercantilización de la Naturaleza” y se refiere a una perspectiva que tomando conceptos y herramientas de la economía contemporánea (neoclásica particularmente), considera a los recursos naturales como mercancías posibles de ingresar en el mercado, donde son categorizadas económicamente (como capital natural), cuantificadas con un valor determinado y le son aplicados criterios como: eficiencia, rendimiento y ganancia (Gudynas, 2003:149). Este proceso tuvo en los últimos veinte años, a través de la transformación de las materias primas y los alimentos en activos financieros (commodities), un crecimiento muy importante distinguiéndose tres elementos, según Bruckmann (2013):

- a) El mercado de los commodities: se transformó en una esfera de inversión para el sector financiero en busca de ganancias.
- b) La integración de los mercados de commodities como componente de los mercados financieros fue facilitada por instrumentos de inversión como los “mercados a futuro”.
- c) La desregulación neoliberal sobre el sector financiero ayudó a la fuerte atracción de los inversores financieros sobre los mercados de commodities.

Estos tres elementos en el caso del grafito, debido a que se encuentra en su fase inicial, no se dan plenamente, ya que aún no cotiza en el mercado de materias primas, sino que se realiza a través de inversiones en los fondos cotizados de las empresas dedicadas a la extracción del mismo. Los precios dependen tanto de la negociación entre comprador y vendedor, como del contenido de carbono, el tamaño de la escama y la naturaleza de las impurezas presentes en el mineral. En cuanto a la valorización de los depósitos en sí, priman los criterios de localización y transporte en relación con los mercados, junto con su tamaño, características e impurezas que contenga, tal como la presencia de sílice, sulfuros o biotita, que limita el potencial económico del mismo.

En función de lo anteriormente expuesto y basándonos en las fuentes de U.S.G.S., se divide al grafito desde una óptica comercial en: natural (extraído de la roca) y sintético (fabricado a base de materiales de carbono).

El de origen natural se extrae de yacimientos de rocas metamórficas (mármol, esquisto, gneis, etc.) y surge de acumulaciones de materia orgánica en rocas sedimentarias (Robinson et al., 2017:J3). Según su morfología, cristalinidad y tamaño, se clasifica en tres tipos: amorfo, escama y terrón (o chip), teniendo cada uno diferente nivel de pureza según uso industrial, precio y lugar de depósito donde se encuentran. Siguiendo el análisis del informe citado, de la U.S.G.S., es importante avanzar en la descripción de cada uno de ellos:

- a) **Grafito amorfo:** es la denominación comercial que se da cuando constituye tierra compacta de grafito y de grano fino.

b) **Grafito de escama:** es la denominación comercial para las plaquetas de cristal bien desarrollado de grafito que son en tamaño menor o igual a 1 cm.

c) **Grafito de terrón o chip:** es la denominación comercial para cristales de grafito grueso, que aparecen como venas o rellenos de fracturas en rocas ígneas. Este tipo de depósitos solo se ubican actualmente en Sri Lanka.

El denominado grafito sintético se produce a través de un tratamiento térmico, o por deposición química de materiales de hidrocarburos. Como resultado de este tratamiento, el grafito sintético es grafito en sí, en más del 99,9 por ciento, pero tiene ligeramente mayor porosidad, baja densidad, baja conductividad eléctrica (lo cual restringe su aplicación para los usos industriales desarrollados en el punto anterior) y a su vez, su precio es mucho más alto que el de escama natural. Es importante destacar que la mayoría del grafito utilizado por las industrias en los Estados Unidos es sintético por no disponer de depósitos naturales (Robinson et al., 2017: J3).

Durante la primera mitad del 2019, disminuyó el precio del grafito en escamas a un nivel similar al año 2017, debido a un exceso de oferta, por lo cual algunas compañías mineras redujeron la producción con el objeto de estabilizar y aumentar el precio de mercado. Actualmente, China es el primer productor de grafito natural y ha sido el formador del precio mundial durante décadas (Robinson et al., 2017:J17). Al gigante asiático le siguen: Mozambique, Brasil, Madagascar, Canadá e India, concentrando en ellos mayor parte de la producción.

Un dato importante a tener en cuenta, para pensar la relación entre oferta y demanda, es que el principal productor (China), retiene para sí el 60 por ciento de su producción, disminuyendo en forma significativa la cantidad exportable, con lo cual tiene posibilidad de controlar el valor del mineral, generando tensiones del lado de la oferta, ya que en la práctica ejerce un cuasimonopolio, tal como señalábamos más arriba (Martin, 2011).

La demanda ha iniciado a partir del año 2010 un crecimiento constante debido a las nuevas aplicaciones industriales descubiertas, entre ellas: productos electrónicos, laminas, materiales de fricción, la aplicación a lubricantes especiales y pilas de combustible todo lo cual derivó en una rápida expansión del consumo. Diez años después, en función de los datos proporcionados por la agencia estadounidense, en sus informes del período 2014-2020, a partir de los cuales se elaboró la **Tabla 1** (que se encuentra a continuación) , se puede hacer una primera evaluación de la producción actual y las reservas, señalando que:

- a) En cuanto a la producción mineral, de mayor a menor por toneladas extraídas, los países principales países son: China (700 t.), Mozambique (100 t.), Brasil (96 t.), Madagascar (47t.), Canadá (40 t.), India (35 t.), Rusia (25 t.), Ucrania (20.t), Noruega (16.t), Pakistán (14 t.), seguidos por México, Corea del Norte, Vietnam, Sri Lanka, Zimbabue y Turquía.
- b) En función a las reservas calculadas e informadas por los gobiernos, se registran cambios. De mayor a menor los países informados son: Turquía (90.000 t.), China (73.000 t.), Brasil (72.000 t.), Mozambique (25.000 t.), Tanzania (18.000 t.), India (8.000 t.), Corea del Norte (8.000 t.), México (3.100 t.) y Madagascar (1.600 t.).

En primera instancia es importante marcar que quienes están produciendo hoy, no son necesariamente los que poseen las mayores reservas, por lo tanto, hay posibilidad que aparezcan nuevos jugadores en el tablero mundial, tal es el caso de los países africanos (Mozambique, Tanzania, Madagascar, Namibia y Zimbabue), toda vez que pudieran dejar de ser como hasta ahora, sólo proveedores de la materia prima y lograran incorporar valor agregado en el momento de la revolución del grafeno. Lo mismo ocurre en América Latina en función de las importantes reservas de Brasil y México, las cuales no sólo importan para la extracción, sino también para el tratamiento del mineral, con el fin de liberarse de la dependencia histórica. En el caso del continente asiático se ha mencionado el lugar primordial en producción y reservas de China, secundada por la India y en menor medida Corea del Norte. Para el caso de Europa, se han incorporado como productores Rusia, Ucrania y Turquía, teniendo esta última un gran crecimiento potencial con relación a las reservas existentes en su territorio. Finalmente, en el caso de América del Norte, es importante mencionar a Canadá como productor de grafito natural, ya que su vecino, Estados Unidos, no dispone de esa posibilidad.

**Tabla 1. Producción y Reservas Mundiales de Grafito (en toneladas métricas)**

<b>País</b>	<b>Tipo de grafito (1)</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>Reservas</b>
<b>Austria</b>	Escama/Amorfo	0	0	0	0	1	1	(*)
<b>Brasil</b>	Escama	80	95	95	95	96	95	70000
<b>Canadá</b>	Escama	30	30	30	40	11	10	(*)
<b>China</b>	Amorfo	780	780	780	693	700	650	73000
<b>Corea del Norte</b>	Amorfo	30	6	6	6	6	5	2000
<b>Estados Unidos</b>	s/i	0	0	0	0	0	0	(*)
<b>India</b>	Escama	170	149	150	35	35	34	8000
<b>Madagascar</b>	Escama	5	8	7	46,9	48	47	26000
<b>México</b>	Amorfo	22	4	4	9	9	8	3100
<b>Mozambique</b>	s/i	0	0	23	104	107	120	25000
<b>Namibia</b>	s/i	0	0	0	2,2	3,46	3,5	(*)
<b>Noruega</b>	Escama	8	8	8	16	16	15	600
<b>Pakistán</b>	s/i	0	14	14	14	14	13	(*)
<b>Rusia</b>	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	25,1	24	(*)
<b>Sri Lanka</b>	Escama	4	4	4	4	4	3,5	1500

País	Tipo de grafito (1)	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Reservas
<b>Tanzania</b>	s/i	0	0	0	0	0,15	0,15	17000
<b>Turquía</b>	s/i	32	4	4	4	2	1,5	90000
<b>Ucrania</b>	Escama	5	5	15	15	20	19	(*)
<b>Vietnam</b>	s/i	0	0	5	5	5	4,5	(*)
<b>Zimbabue</b>	Escama	7	7	6	6	2	2	(*)
<b>Otros países</b>	Escama	1	1	2	2	0,2	0,2	(*)
<b>Totales ( con redondeo)</b>		<b>1174</b>	<b>1115</b>	<b>1153</b>	<b>1097</b>	<b>1120</b>	<b>1105</b>	<b>320.000 *</b>

(1) Dato establecido en función del mayor porcentaje del tipo de grafito existente en Las reservas país.

S/i: sin información en U.S. Geological Survey 2014-2021 .

(\*) Valor incluido en el total mundial de reservas de grafito.

**Fuente:** elaboración propia en base a informes sobre el Grafito Natural de la U.S. Geological Survey 2015-2021.

En síntesis, es razonable suponer que, debido a la innovación y desarrollo en curso, el precio del grafito continuará en alza, así como su producción. Tal como se ha mencionado, crecerán las inversiones en fondos cotizados de empresas dedicadas a la producción del mismo, como en el caso de China Carbon Graphite Group (el mayor productor de grafito de alta calidad), dado que las empresas siderúrgicas, farmacéuticas, médicas y electrónicas entre otras, harán grandes inversiones para liderar su campo, permitiendo de esta manera imaginar, el gran potencial de crecimiento que tendrá el mercado de este mineral, estimulado por las aplicaciones del grafeno, en el marco de la hegemonía mercantil imperante y el criterio de apropiación privada de los recursos que provee la Naturaleza.

### **Recurso Estratégico: Beneficio o problema**

A partir del análisis realizado en la obra de Monica Bruckmann<sup>1</sup> sobre el Informe *Facing Tomorrow's Challenges: U.S. Geological Survey Science in the decade 2007-2017*, se observa claramente que la dirección estratégica de la ciencia, se encuentra basada en la medición, mapeamiento y predicción sobre la situación de los recursos naturales utilizados en Estados Unidos, pero que ello excede a la U.S.G.S., por tanto requiere de un pensamiento y acción interdisciplinar y de la definición de prioridades en función de las necesidades más urgentes de la nación norteamericana, de cara al siglo

XXI. De esta manera, se produce una articulación entre la investigación científica, la tecnología y los intereses político-económicos del país (Bruckmann, 2013: 62).

Dicha articulación avanza en garantizar el acceso y el dominio de los Estados Unidos sobre los recursos naturales considerándolos vitales, en tanto impactan en la capacidad de la Nación para sustentarse económicamente, pudiendo afectar su seguridad y la calidad de vida de la población, pues ya se ha explicitado que el dominio de esos recursos a nivel mundial es una cuestión de seguridad nacional. Esto hace que la estrategia científica se conjugue con la política exterior bajo el objetivo de derribar las amenazas a la seguridad nacional y buscando asegurar el acceso a los suministros necesarios (Bruckmann, 2013: 64).

Por último, el Informe mencionado, reconoce según Bruckmann, que Estados Unidos enfrenta una demanda creciente de recursos minerales y energéticos, que deben ser importados de otros países y una necesidad acuciante, para hallar fuentes alternativas en función de innovaciones tecnológicas.

A partir del informe anual de la U.S.G.S. denominado, *Mineral Commodity Summaries*, se establece la vulnerabilidad norteamericana respecto de aquellos minerales considerados estratégicos para el desarrollo del país. La autora mencionada sostiene que esos minerales generan una clasificación en función del alto, mediano o bajo porcentaje de dependencia con respecto a las importaciones (entendida como vulnerabilidad).

Dicha clasificación, ubicaba al grafito a partir del año 2010, dentro de los minerales de alta vulnerabilidad, ya que necesitaba importar el 100 por ciento del mismo, debido a que como hemos explicitado anteriormente, Estados Unidos carece de ese mineral desde 1950 y debe fabricarlo sintéticamente, pero el producto resultante no posee las mismas propiedades que el de origen natural.

La dependencia con respecto al grafito en el período 2010 -2020, siguiendo los informes de la agencia norteamericana, ha aumentado y es reconocido como un recurso esencial y estratégico para las necesidades de su país dadas sus aplicaciones tanto para el sector aeroespacial, como de energía. Este último comprende las industrias de acero y metal, el uso de lubricantes de alta temperatura, materiales compuestos ligeros de alta resistencia, baterías de litio, reactores nucleares modernos, pilas de combustible, motores eléctricos, así como también toda la evolución de aplicaciones electrónicas, que vislumbran un crecimiento rápido en la demanda del mineral analizado (Robinson et al., 2017:15).

En la actualidad Estados Unidos se provee del mismo, a través de las importaciones desde: China (33 por ciento), México (23 por ciento), Canadá (17 por ciento) e India (9 por ciento).

Tal como se ha expresado en el punto anterior, la alta concentración del recurso en pocos países podría hacer factible tanto su manipulación especulativa como una falta de oferta mundial, a causa del crecimiento de la demanda, por la ampliación de los usos del grafeno. Si se toma el caso de China, que actualmente se halla a la vanguardia de innovaciones, en el caso de que solo se difunda masivamente el uso de baterías, producirían los efectos temidos por los analistas de U.S.G.S., debido al alto requerimiento de extracción y producción de grafito. Cabe aclarar, como se ha expresado antes, que actualmente el gobierno chino, retiene más de la mitad de su

producción para uso interno, por lo cual sería esperable que bajo un contexto de demanda en alza priorice sus necesidades internas.

Por otro lado, es importante destacar, que el grafito sintético producido en Estados Unidos no posee las mismas cualidades como superconductor térmico y eléctrico, por lo cual la vulnerabilidad con respecto al grafito natural, para extraer el grafeno que permita aplicar los nuevos descubrimientos científicos, es total.

Los nuevos hallazgos con relación al grafeno, como fuente de energía no contaminante, descriptos, han abierto un inmenso abanico de posibilidades en tanto permite el almacenamiento de calor para utilizar la energía solar en calderas, como el aislamiento térmico de alto rendimiento, y a su vez, la posibilidad de disipar el calor del chip de silicio. Estas nuevas aplicaciones de energía suelen utilizar grafito de extrema pureza (99.9 por ciento), particularmente en formato de escama, por lo cual la capacidad actual no sería la adecuada (O'Driscoll, 2010; Olson et.al., 2016 citado en Robinson et al., 2017:J5).

En conclusión, si se toma en cuenta la necesidad imperiosa de Estados Unidos de contar con el grafito natural: como material y fuente de energía alternativa, en articulación con la política definida hacia la provisión de los suministros considerados críticos y estratégicos, en función de la seguridad interna. Es esperable un escenario donde el gobierno norteamericano despliegue (y no sólo por el grafito), una: “estrategia global que pone en tensión todas las herramientas de poder estadounidense” (Bruckmann, 2013: 67).

Dicha estrategia global, incluye lo político, económico, diplomático y militar, conformando en conjunto una visión geopolítica, en donde la tensión por los recursos de los cuales carece determinará su accionar en el devenir histórico.

Como contraparte China emerge en el escenario mundial sentando las bases de su estrategia energética, para dar sostenibilidad a su crecimiento interno, asegurándose los recursos que necesita a escala mundial y en forma diversificada. Buscando independizarse de sus proveedores tradicionales de materias primas, que se encuentran ubicados en rutas marítimas. Para ello sus empresas nacionales: PETROCHINA, CNPC, SINOPEC y CNOOC (compañías de gas y petrolíferas), salen hacia el exterior e invierten en activos mundiales expandiendo la sinoinfluencia y generando una interdependencia con el mundo (Richmond, 2010).

### **¿Una oportunidad para América Latina?**

El proceso de investigación y desarrollo, generado a partir del hallazgo del grafeno, transcurre en algunos de los países centrales que componen el sistema mundial, entre ellos: China, Estados Unidos y España. Dentro del continente latinoamericano, solo pequeños grupos de científicos están trabajando con resultados interesantes con relación a este material (Usaj, 2014 citado en Benialgo, 2014).

Ahora cabe preguntarse: ¿Cuál sería la posibilidad de que América Latina ingrese en este proceso, que se encuentra en la fase inicial, aprovechando las importantes reservas que poseen Brasil y México? ¿Y a su vez de que depende?

Las respuestas son difíciles de imaginar en esta coyuntura política, donde la primacía de gobiernos de derecha en el continente y su alineamiento a la política exterior dictada por Washington, contribuyeron al abandono del proceso de integración regional, representado en la: UNASUR (Unión de Naciones Suramericanas) y en la fractura de la alternativa de alianza con Asia: BRICS (Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica), debido al triunfo de Jair Bolsonaro en Brasil y su acatamiento a la política de estado norteamericana. De la cual recibió un decisivo apoyo para alcanzar la presidencia de su país.

A pesar de esta coyuntura, perduró la CELAC (Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños) como espacio de integración y en particular a partir de 2016, su conformación como Foro CELAC-China, el cual se transformó en una plataforma para la cooperación en puntos clave como: energía, recursos, infraestructura, agricultura, manufactura e investigación científico-técnica (según consta en el Documento sobre la Política China Hacia América Latina y el Caribe del 24 de noviembre de 2016).

La política exterior china se atiene a los cinco Principios de Coexistencia Pacífica, abogando a su vez por la multipolarización, la democratización de las relaciones internacionales y un nuevo equilibrio en el orden mundial. Por lo tanto, mantiene dentro del ámbito del mencionado Foro junto a Latinoamérica, la defensa de estos preceptos junto con la cooperación Sur-Sur, la consolidación de un sistema de comercio multilateral que permita un desarrollo equilibrado e inclusivo, instando a su vez por la reforma de la gobernanza global.

En función de lo expresado, la presencia del gigante asiático en el territorio latinoamericano, es para Estados Unidos, un motivo de preocupación, ya que fue definido junto con Rusia, como principales enemigos de su seguridad estratégica, según el Departamento de Defensa de ese país<sup>2</sup>. Es imposible analizar los diferentes acuerdos, entre los países latinoamericanos, Beijing y Moscú sin considerar el contexto geopolítico. En ese equilibrio precario entre la potencia hegemónica y las potencias emergentes, las fuerzas de América Latina que defienden la autodeterminación, deben aprovechar las oportunidades que se abren a partir de las políticas desplegadas por los nuevos actores continentales.

Las oportunidades mencionadas, podrían abrir la posibilidad para pensar el aprovechamiento de los ciclos de innovación tecnológica y el descubrimiento de los nuevos materiales bidimensionales, pero para ello (tal como lo plantea Bruckmann), es necesario desarrollar una estrategia para orientar los cambios políticos e institucionales que permitan la toma de decisiones en campos tecnológicos prioritarios. A su vez repensar los recursos naturales, no solo como commodities o materias primas, sino como recursos que impactan y son impactados por ciclos tecnológicos, pero que también pueden convertirse en una base para el desarrollo de nuestro continente (Bruckmann, 2014:115).

América Latina, presenta la mayor biodiversidad del planeta y los mayores porcentajes de reservas de materiales estratégicos (litio, niobio, grafeno, entre otros), fundamentales para construir una estructura tecnoproductiva en el mediano plazo. Pero a su vez una de

las mayores dificultades tiene que ver con el acceso al conocimiento de tecnologías penetrantes, pero lo cual es necesario trabajar en las áreas de La Gran Ciencia, la cual comprende investigaciones a gran escala realizada en centros especializados a través del financiamiento estatal o de organismos regionales. (Mercado et al., 2014).

El tema de las tecnologías penetrantes hace alusión directa a la necesidad regional de avanzar en: biotecnología, nanotecnología, bioelectrónica, bioinformática, nuevos materiales y TICs (tecnologías de la información y las comunicaciones). Las cuales son fundamentales para investigar y desarrollar las aplicaciones del grafeno. En principio porque se realiza, como ya se ha expresado a escala nanométrica y a su vez porque sus cualidades abren horizontes para todas las disciplinas mencionadas, al ser un material bidimensional, que por lo tanto permite manipular y reorganizar su estructura interna, dando lugar a un nuevo a su vez. Tal es el caso de las baterías de litio y grafeno, o la combinación para la informática del silicio y el grafeno.

Para avanzar es necesario establecer una agenda, para lo cual según el planteo de Mercado y Vessuri (2014), tiene dos horizontes temporales:

- a) El corto plazo: centrado en la incorporación de grupos de investigación centrados en problemas que fueron identificados en forma sectorial y a su vez desarrollar procesos de aprendizaje para la eficiencia productiva de la industria y la capacidad tecnoproductiva de la Universidad.
- b) El mediano plazo: se encuentra focalizado en la cooperación, para promover proyectos multidisciplinarios que apunten a impulsar la integración de cadenas productivas a partir de los recursos naturales. Los requerimientos de explotación e industrialización sustentable de los recursos señalan el tipo de conocimientos requeridos que deben generarse tanto en universidades y centros de investigación como en las empresas de los diferentes sectores, así como evidenciar las asimetrías existentes que deben disminuirse.

Ambos horizontes temporales requieren de la creación de redes de investigadores, uniendo la diversidad de grupos de trabajo existentes en Latinoamérica, para que sus producciones estén en línea con las necesidades requeridas (tecnologías penetrantes), así como sus intercambios permitan un crecimiento acumulativo de los descubrimientos. Además, es necesaria la creación de laboratorios compartidos entre varias naciones, para hacer posible la capacidad financiera necesaria que requiere La Gran Ciencia. Por último, es de suma importancia, sistematizar la innovación, lo cual no ha tenido lugar hasta ahora en Suramérica (Arocena y Sutz, 2006).

El conocimiento de nuestra disponibilidad de grafito, sumado a la creación de una masa crítica de científicos que trabajen particularmente el grafeno, daría lugar a poder evaluar cuales serían las aplicaciones más factibles y rentables para América Latina. En tanto ellas puedan dar la posibilidad de iniciar desde la plataforma continental una cadena global de valor que nos permita una inserción en condiciones más igualitarias, dentro del sistema mundial o quizás a través de la cooperación internacional sumarnos a una ya existente, tal vez en asociación estratégica con China, quien viene liderando el proceso.

## Notas al pie:

(1) *Recursos Naturales y la Geopolítica de la Integración Sudamericana*, Venezuela, Ediciones de la Presidencia de la Republica, 2013

(2) U.S DOD. 2018. "Summary of the National Defense Strategy of the United States". En <https://dod.defhense.gov/Portals/1/Documents/pubs/2018-National-Defense-Strategy-Summary> > acceso 5 de febrero de 2020

## Referencias bibliográficas

- ARNEDO Agustín: "El Grafeno: propiedades, características y aplicaciones", *Blog SEAS*, 22 de Octubre de 2012. Disponible en <https://www.seas.es/blog/automatizacion/el-grafeno-propiedades-caracteristicas-y-aplicaciones> .
- AROCENA, Rodrigo y SUTZ, Judith: "El estudio de la innovación desde el sur y las perspectivas de un nuevo desarrollo", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación* ,Nº7, 2006.
- BENIALGO Mercedes: *El grafeno, el material del futuro*. Editado por CONICET-UNLP INIFTA, La Plata, Buenos Aires, 2014.
- BERENGUERAS, Josep: "Grafeno el material que revolucionara al mundo", *El Periódico*, 29 de febrero 2016. Disponible en <https://www.elperiodico.com/es/economia/20160227/que-es-grafeno-material-revolucionara-mundo-caracteristicas-4932350>.
- BRUCKMANN, Mónica: *Recursos Naturales y la Geopolítica de la Integración Sudamericana*. Ediciones de la Presidencia de la República , Caracas, 2013.
- BRUCKMANN, Mónica: "Ciclos tecnológicos y recursos naturales: Hacia una geopolítica del desarrollo científico- tecnológico" en UNASUR (orgs.). *Ciencia, Tecnología, Innovación e Industrialización en América del Sur: Hacia una estrategia regional*, UNASUR, Ecuador, 2014.
- CALLEJO, Albe: " Samsung presenta sus nuevas baterías en Detroit con el grafeno y el electrolito sólido como protagonistas. Hasta 600 kilómetros de autonomía y recarga en 20 minutos", *Forococheeléctricos*, 15 de Enero de 2018. Disponible en <https://forococheelectricos.com/2018/01/samsung-presenta-sus-nuevas-baterias-en-detroit-con-el-grafeno-y-el-electrolito-solido-como-protagonistas-hasta-640-kilometros-de-autonomia-y-recarga-en-20-minutos.html>.
- FRAGA, Alberto Iglesias : "Qué son los materiales bidimensionales y cómo van a revolucionar el mundo", *Ticbeat*, 7 de agosto de 2016. Disponible en <http://www.ticbeat.com/innovacion/que-son-los-materiales-bidimensionales-y-como-van-a-revolucionar-el-mundo/>.
- ROBINSON, G.,HAMMARSTROM J.y OLSON D.:*Graphite*, U.S.G.S, Virginia, 2017.
- GRUPO GRAPHENANO : *Qué es el grafeno*. Disponible en <https://www.graphenano.com/>. 2017.
- GUDINAS Eduardo: *Ecología, economía y ética para el desarrollo sostenible*, ICIB y CLAES, La Paz, Bolivia, 2003, pag.149.
- INGEBOR: "Dos nuevos avances que pretenden evitar la degradación de las baterías. Litio-azufre y ánodos Li-metal con partículas de grafeno", *Forococheeléctricos*, 17 de febrero de 2018. Disponible en

<https://forococheselectricos.com/2018/02/dos-nuevos-avances-que-pretenden-evitar-la-degradacion-de-las-baterias-litio-azufre-y-anodos-li-metal-con-particulas-de-grafeno.html>.

JAIMOVICH, Desireé: "Que tiene de especial el grafeno, el material del futuro en el que los gigantes tecnológicos están invirtiendo millones" *Infobae*, 16 de Marzo de 2018.

La Segunda On Line: "El grafeno, material milagroso, enciende la carrera hacia la electrónica del futuro.", *La Segunda On line*, 26 de febrero de 2016. Disponible en <http://www.lasegunda.com/Noticias/CienciaTecnologia/2016/02/1034258/El-grafeno-material-milagroso-enciende-la-carrera-hacia-la-electronica-del-futuro#:~>.

La Vanguardia : "Crean un sistema de sensores de grafeno para plantas que detectan los niveles de agua.", *La Vanguardia*, 4 de enero de 2018. Disponible en [avanguardia.com/vida/20180104/434060339349/crean-un-sistema-de-sensores-de-grafeno-para-plantas-que-detectan-los-niveles-de-agua.html](http://avanguardia.com/vida/20180104/434060339349/crean-un-sistema-de-sensores-de-grafeno-para-plantas-que-detectan-los-niveles-de-agua.html).

MARTIN, José: "¿Se escribirá el futuro de la humanidad con un ‘lápiz’? No lo dude.", *Overblog* , 14 de febrero de 2011. Disponible en <http://informacion-alternativa.over-blog.es/article-el-grafito-no-es-solo-la-materia-prima-principal-de-un-lapicero-tambien-es-uno-de-los-elementos-indispensables-para-las-industrias-e>.

MERCADO A. y VESSURI H.: " El conocimiento científico y tecnológico en la estrategia de aprovechamiento de los recursos naturales para el desarrollo integral de UNASUR" en UNASUR (orgs.) *Ciencia, Tecnología, Innovación e*

*Industrialización en América del Sur: Hacia una estrategia regional*, UNASUR, Ecuador, 2014.

MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES: "Documento sobre la Política China Hacia América Latina y el Caribe", 2016.

PEREZ D.: "Cuatro empresas españolas se disputan el control del grafeno", *El Confidencial*, 23 de abril de 2015. Disponible en [https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2013-03-05/cuatro-empresas-espanolas-se-disputan-el-control-del-grafeno\\_767851/](https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2013-03-05/cuatro-empresas-espanolas-se-disputan-el-control-del-grafeno_767851/).

RICHMOND, Jennifer : "Consumo de energía en China: implicaciones para el futuro a escala regional y global", *Anuario Asia Pacífico*, 2010.

Saavedra, Guillermo: "Nuevos estudios ubican al grafeno como aliado del cobre", *MineClass*, 2014. Disponible en <https://mine-class.com/nuevos-estudios-ubican-al-grafeno-como-aliado-del-cobre/>.

Tendencias de la Ingeniería: "Cinco años para que el grafeno cambie el mundo" *Tendencias de la Ingeniería*, 23 de Junio de 2015. Disponible en [https://tendencias21.levante-emv.com/cinco-anos-para-que-el-grafeno-cambie-el-mundo\\_a40680.html](https://tendencias21.levante-emv.com/cinco-anos-para-que-el-grafeno-cambie-el-mundo_a40680.html).

U.S DOD.: "Summary of the National Defense Strategy of the United States". En <https://dod.defense.gov/Portals/1/Documents/pubs/2018-National-Defense-Strategy-Summary> > acceso 5 de febrero de 2020.

Unites States Geological Survey. 2014. *Minerals Yearbook .Graphite (Advance Release)*. Virginia: U.S.G.S.

Unites States Geological Survey: *Graphite Natural*, U.S.G.S. ,Virginia, 2016.

Unites States Geological Survey: *Graphite Natural*, U.S.G.S., Virginia, 2017.

Unites States Geological Survey: *Graphite Natural*, U.S.G.S., Virginia, 2018.