http://geologica.org.ar
prensageologicaaga@gmail.com

Boletín Brackebuschiano

Geociencias y Sociedad

Asociación Geológica Argentina
Diciembre 2021
Nº 6
ISSN 0328-2724

ESCRIBIENDO SOBRE GEOCIENCIAS
El ciclo del petróleo

ESPACIO AGA

ESPACIO SEGEMAR

XXI CONGRESO GEOLÓGICO ARGENTINO
Relatorio Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Chubut

Foto de tapa: Roca madre de hidrocarburos (Fm Los Molles, Cuenca Neuquina, Argentina). Foto de Carlos Macellari.

El *Boletín Brackebuschiano Geociencias y Sociedad* es una publicación de divulgación y difusión de la Asociación Geológica Argentina (AGA).

secretaria@geologica.org.ar
prensageologicaAGA@gmail.com
Domicilio Maipú 645, 1er Piso
(C1006ACG) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

Responsables de la publicación:
Dra. Silvia I. Carrasquero
Dra. Gabriela Massaferro
Lic. Silvia Chávez
Dr. Javier Elortegui Palacios
Srta. Alma Castillo Fortina

Comisión Directiva 2019-2021
Presidente Andrés Folguera
Vicepresidente Diego Kietzmann
Tesorera Graciela Marín
Secretaria Silvia Irene Carrasquero
Vocales titulares
Silvia Lagorio
Gabriela I. Massaferro
Maísa Tunik
Silvia Chávez
Vocales suplentes
María Paula Iglesia Llanos
Diego Guido
Teresita Montenegro
Javier Elortegui Palacios

Órgano de Fiscalización
Titulares
Alberto C. Riccardi
Claudia Prezzi
Suplente
Vanesa Litvak

Twitter: @AsoGeoArg
Instagram: asociacion.geologica.argentina
Facebook: @geologicaargentina

La Asociación Geológica Argentina no se hace responsable
de las opiniones vertidas en esta publicación por los autores de las notas.

ÍNDICE

CARTA DE LA COMISIÓN DIRECTIVA SALIENTE 4

ESPACIO AGA 5

CUOTAS AGA 2021 5

ASAMBLEA ORDINARIA 2021 PRESENCIAL 6

CALENDARIO AGA 7

FALLECIMIENTO DE MIEMBROS CORRESPONDIENTES 7

ESCRIBIENDO SOBRE GEOCIENCIAS 8

ESPACIO MEMES GEOLÓGICOS 17

ESPACIO CONGRESO GEOLÓGICO ARGENTINO 18

ESPACIO SEGEMAR 18

NOVEDADES 20

CONGRESOS Y REUNIONES 2022 20

CARTA DE LA COMISIÓN DIRECTIVA SALIENTE

Estimados socios de la AGA y miembros de la comunidad geológica:

Pasaron dos años de trabajo de esta Comisión Directiva y estamos prontos a cambiar de autoridades, lo que se producirá en la Asamblea Ordinaria del 17 de diciembre.

Fuimos sorprendidos por la pandemia COVID-19, debimos cambiar rápidamente de ambiente laboral, aprender nuevas técnicas para comunicarnos, adaptarnos a dar clases a una pantalla, trabajar a distancia y mil cosas más.

Durante este lapso decidimos renovar la página web (https://geologica.org.ar/) y adaptarla a los nuevos tiempos. Fue crucial para nosotros subir a la web la colección completa de nuestra revista RAGA, que es una de las más importantes publicaciones del área geológica en lengua española, lo cual se logró gracias al trabajo del Editor de la RAGA, Dr. Diego Kietzmann, junto a otras personas que prestaron su colaboración.

También se registró un importante incremento de socios en esta etapa: al asumir teníamos 190 socios entre Adherentes y Activos y 13 Miembros Honorarios. A finales de 2020 el número de socios era de 360 sumando todas las categorías y, ahora que nos vamos (diciembre 2021), este número asciende a 450 socios más 16 Miembros Honorarios y ocho nuevos Miembros Correspondientes.

Deseamos darles las gracias por el apoyo recibido a todos nuestros socios y a aquellos que, sin serlo, participaron de los cursos de postgrado, de las conferencias, prepararon artículos para este Boletín y de las actividades en general.

En cuanto al manejo editorial del Boletín Brackebuschiano, tendremos cambios en los responsables: a los que se van, muchas gracias por sus aportes y a los nuevos, bienvenidos.

Anhelamos que la nueva etapa en la AGA sea plena de avances, que sigan los cursos y actividades y en lo personal, que nuestros socios sigan cuidándose y disfruten de estas Fiestas de Fin de Año en paz.

¡Los esperamos a todos en 2022, nosotros estaremos con renovadas ganas de trabajar para que la AGA, la RAGA y la Geología Argentina sigan avanzando!

ESPACIO AGA

CUOTAS AGA 2021

Para asociarse, completar el formulario de datos:
https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSeaDfrX2-W1o6AC181nElYguAIxX5QUXAnbuZl6xFwGA4YfnA/viewform

YouTube

Asociación Geológica Argentina

¡Recuerden suscribirse a nuestro canal de YouTube, donde econtrarán todas nuestras conferencias y charlas!

¡ATENCIÓN SOCIOS DE LA AGA!

Asamblea Ordinaria 2021 Presencial

Renovación de autoridades

Asociación Geológica Argentina AGA

Viernes 17 de diciembre, 14 hs.

Sede de la AGA, Maipú 645, Primer Piso, CABA

También se puede votar por correo, para más información, comunicarse al correo secretaria@geologica.org.ar

o a su delegado más cercano

https://geologica.org.ar/institucional/delegados/

CALENDARIO AGA

Una de nuestras socias Activas, la Dra. Aixa Rodriguez ideó este calendario 2022 que pueden descargar de nuestro drive

https://drive.google.com/file/d/1J5eiBNvJrfcKNW_mr7cW9KVVNIEZcYKH/view?usp=sharing

FALLECIMIENTO DE MIEMBROS CORRESPONDIENTES DE LA AGA

El 27 de noviembre falleció en Francia el Dr. Peter Robert Cobbold, fue Director Emérito de Investigaciones del CNRS de Francia, desempeñándose también en la Universidad de Rennes, Francia hasta su jubilación en 2011.

El 6 de diciembre pasado falleció en Chile el Dr. Jorge Oyarzún Muñoz, que fue profesor en varias universidades chilenas y desde 2018 era Profesor Emérito de la Universidad de La Serena, Chile.

Lamentamos la desaparición de estos distinguidos investigadores amigos de la AGA y de la geología argentina.

Próximamente saldrá una publicación especial de la AGA, "*Los Miembros Correspondientes de la Asociación Geológica Argentina*", cuyo Editor es el Dr. Víctor Ramos y podrán leer las respectivas biografías de los doctores Cobbold y Oyarzún Muñoz y otros Miembros Correspondientes de nuestra institución.

El Ciclo del Petróleo

Carlos E. Macellari
Director - Andes Energy *Consulting*
carlosmacellari@yahoo.com

Estamos viviendo una etapa de transición en la forma en que el hombre genera energía. Esta no es la primera transición que ha ocurrido en los últimos años. Una película que me impresionó mucho fue el drama histórico *"In the Heart of the Sea",* producida por Ron Howard y basada en el excelente libro del año 2000 de Nathaniel Philbrick. En ella se relata la historia de un barco ballenero que es hundido en 1820 por la famosa ballena Moby Dick. La película nos muestra también la importancia en ese momento de la industria del aceite de ballena. El aceite de ballena permitió en su momento iluminar las ciudades en formas que nunca se había podido hacer antes. Esto creó una demanda global que llevó al hombre cada vez más lejos en la búsqueda de ballenas. ¡Al final de la película se entrevista al último sobreviviente de la expedición (año 1850) quien se muestra perplejo, comentando que en Pensilvania habían encontrado aceite en un pozo en la tierra! El ciclo del aceite de ballena en ese momento es rápidamente remplazado por el kerosene que producía una iluminación de alta calidad y que se generaba del petróleo que se obtenía en Pensilvania (Yergin 1991). Eso marca el fin de un ciclo y el comienzo de otro: *El Ciclo del Petróleo*. Sin embargo, la pregunta que me hago es si este nuevo ciclo va a terminar tan abruptamente como el anterior, o va a ser algo más gradual.

Origen del Petróleo

A pesar de que existen otras teorías, la mayoría de los expertos consideran que los hidrocarburos son de origen orgánico y provienen de una roca madre. En general las rocas madres son rocas de grano muy fino (lutitas o arcilitas) y coloración oscura debido al alto contenido de materia orgánica (**Fig. 1**).

La fotosíntesis es la base para la producción de la masa de materia orgánica que es la que eventualmente dará origen a los hidrocarburos. Esta es una forma de transferir la energía del sol capturándola en el ciclo del carbono. El carbono es el cuarto elemento más abundante de nuestra galaxia (0,46%) después del hidrógeno (74%), helio (24%) y oxígeno (1,04%) (Sorkhabi 2016). Las plantas utilizan la luz del sol, dióxido de carbono y agua para producir su alimento (moléculas de carbohidratos) y oxígeno. La fotosíntesis ocurre tanto en la tierra en donde las plantas utilizan el dióxido de carbono atmosférico, como en el agua, donde los organismos marinos (fitoplancton y zooplancton) obtienen estas sustancias del agua. La fotosíntesis se originó alrededor de 2 mil millones de años atrás en el Precámbrico. Originalmente la materia orgánica se comenzó a generar en ambientes marinos con organismos unicelulares fitoplanctónicos microscópicos. Sólo a partir del Silúrico/Devónico (420 millones de años (MA)) comienzan a generarse grandes cantidades de materia orgánica aportadas por plantas terrestres superiores. La aparición de estas plantas son las que originan la paulatina incorporación de oxígeno en la atmosfera, que eventualmente generaría un ambiente propicio para que los reptiles, anfibios y luego los mamíferos, incursionen en un ambiente terrestre. Los principales grupos que se consideran precursores en la formación de hidrocarburos son diatomeas, dinoflagelados,

cianofitas (algas verde-azuladas) y muy pequeños fitoglagelados o nanoplancton. Las plantas superiores son también una importante fuente de materia orgánica en los sedimentos. La contribución de peces y reptiles y mamíferos es realmente mínima.

Figura 1. Afloramiento de una roca madre de hidrocarburos en la Cuenca Neuquina (Formación Los Molles, 2da en importancia después de Vaca Muerta en la cuenca).

Para que exista una alta actividad biológica, se requiere de la presencia de luz, nutrientes, tales como fosfatos y nitratos, y también de una temperatura adecuada (Tissot y Welte 1984). La mayor parte de la producción biológica se concentra en la parte superior de la columna de agua en donde llega la luz (zona fótica). Hay determinados ambientes que favorecen la alta productividad, tales como los márgenes continentales con aportes de nutrientes por los ríos, o zonas de "*upwelling*" (resurgimiento) marino, que son áreas en donde corrientes profundas cargadas en nutrientes se deflectan hacia la superficie. Este incremento de nutrientes produce una explosión en la cantidad de las algas y a partir de ahí de toda la cadena trófica (**Fig. 2**). Un ejemplo actual de este proceso se observa en el norte de Perú con su conocida industria pesquera.

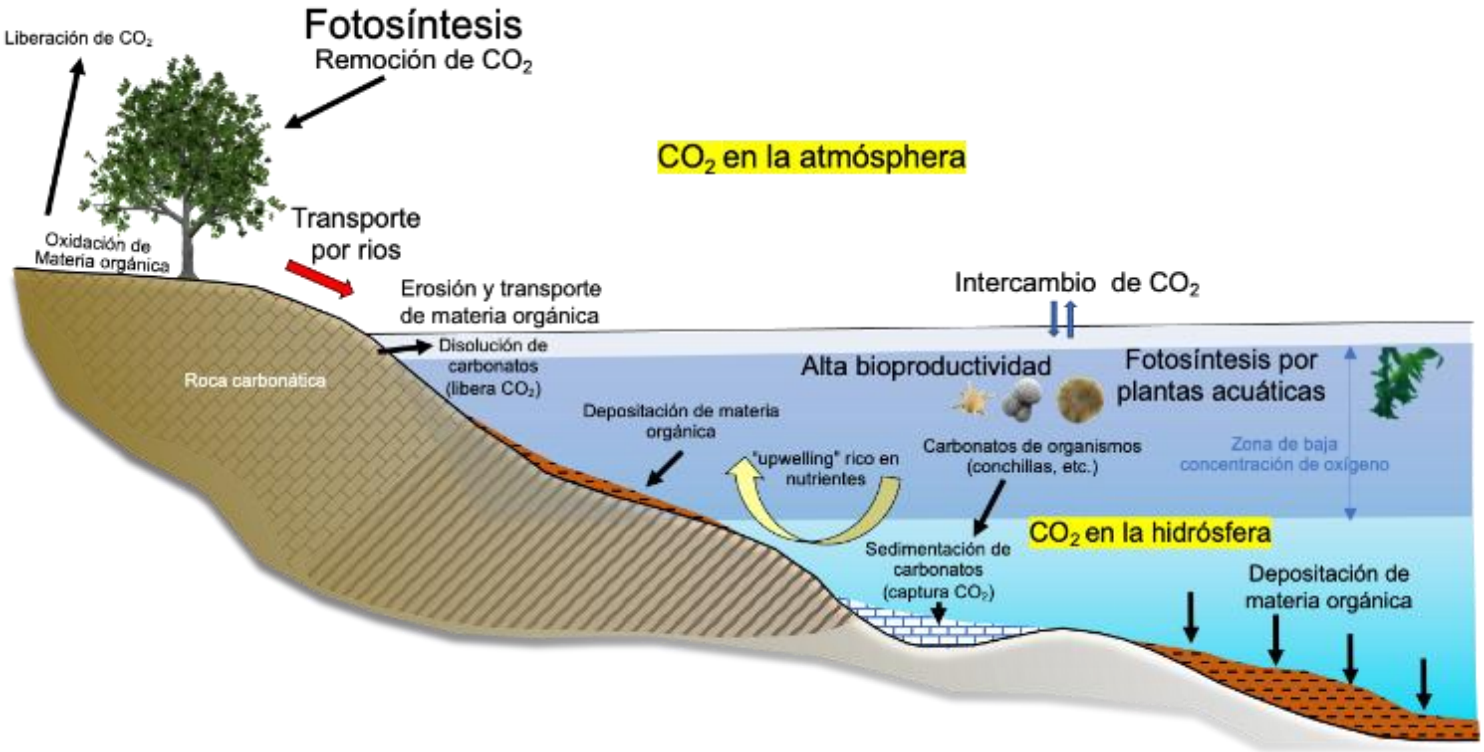


Figura 2. Procesos de depositación y preservación de materia orgánica y balance del CO_2. La mayoría del carbón en la tierra está concentrado en los sedimentos (18% como materia orgánica y 82% en carbonatos). Modificado de Cornford 1979; Tissot y Welte 1984.

Antes que el petróleo y gas se generen en la roca madre, hay un largo camino a recorrer para que esta materia orgánica se produzca, se acumule y preserve en una cuenca. En los océanos hoy se producen 50 billones de toneladas al año de materia orgánica, pero el 99% se descompone por oxidación, actividad microbial, o cambios químicos en la columna de agua (Sorkhabi 2016). Por lo tanto, solo entre 0,01 al 0,001% de la materia orgánica se preserva en las rocas sedimentarias como kerógeno. En presencia de oxígeno, la materia orgánica se descompone en dióxido de carbono (CO_2) y oxígeno, que es exactamente lo opuesto de lo que ocurre con la fotosíntesis. Por lo tanto, es muy importante la presencia de niveles anóxicos (es decir, con bajo contenido en oxígeno) en la columna de agua. Esto ocurre en muchos lagos, en donde existe una estratificación térmica (agua más cálida sobre agua más fría), en mares someros restringidos con estratificación por salinidad (aguas livianas sobre aguas más salinas) y márgenes continentales en bajas latitudes (y cercanos a zonas de "*upwelling*") en donde existe una deficiencia de oxígeno entre 200 y 1.500m de profundidad, debajo de la zona fótica.

En el pasado existieron algunos grandes eventos anóxicos en los mares que generaron la preservación de importantes cantidades de materia orgánica. Es así como más de la mitad de todos los hidrocarburos encontrados a la fecha se encuentran en rocas del Jurásico y el Cretácico, coincidiendo con eventos anóxicos mundiales (**Fig. 3**). Un ejemplo es la Formación Vaca Muerta, del Jurásico superior/Cretácico inferior de la Cuenca Neuquina. Los eventos anóxicos oceánicos en los cuales gran parte de los océanos mundiales estaban empobrecidos en oxígeno, favorecieron la formación de roca madres ricas en hidrocarburos. Dichos eventos requieren de altos niveles de CO_2 atmosférico (procedente de erupciones volcánicas), climas cálidos (mayormente debido al efecto de invernadero producido por el CO_2), corrientes de baja energía y condiciones euxínicas (bajo contenido de oxígeno y ricas en sulfuro de hidrógeno). La tierra a lo largo de su historia experimentó épocas cálidas ("*Greenhouse*" o invernadero) separadas por épocas frías ("*icehouse*") que generalmente coincidieron con glaciaciones. Desde el comienzo del Mesozoico (252 MA) hasta hace solo 2,6 MA la tierra se encontró en un período cálido, controlado por un alto nivel de CO_2. Este super-ciclo coincide con la generación de aproximadamente un 75% de todos los hidrocarburos presentes en la tierra.

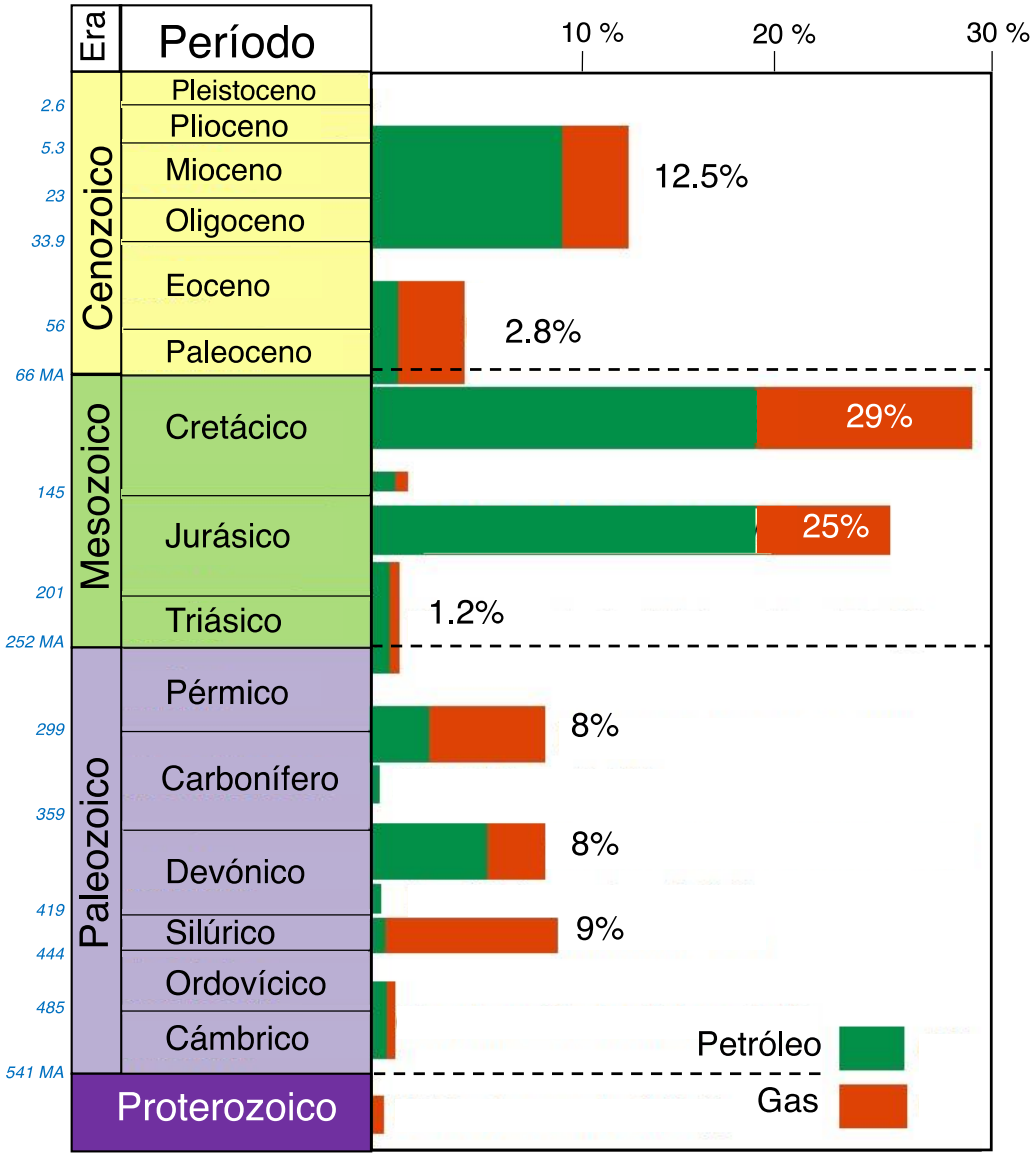


Figura 3. Distribución estratigráfica de rocas madres dado como el porcentaje de las reservas mundiales originadas por esas rocas (modificado de Klemme y Ulmishek 1991).

Una vez que se deposita y preserva la materia orgánica, esta comienza a soterrarse por el aporte de nuevos sedimentos. A medida que se continua este proceso y debido al gradiente geotérmico de la tierra (aproximadamente de 25 a 30ºC por cada kilómetro de profundidad), la materia orgánica se va transformando. Las primeras transformaciones se deben a la acción de los microbios y luego están causadas por el aumento de la temperatura (**Fig. 4**) complementadas por el efecto de la compactación que van sufriendo. La formación del kerógeno se completa al fin de la primera etapa que se denomina diagénesis (**Fig. 4**). Luego, en un proceso que toma millones de años, este kerógeno es progresivamente crackeado térmicamente y transformado en petróleo con el progresivo enterramiento de la cuenca. Durante este tiempo la degradación termal del kerógeno genera primero petróleo, y luego gas (**Fig. 4**). De todas formas, hay rocas madre que son más propicias para la generación de petróleo y otras que tienden a generar más gas. Por ejemplo, en la Argentina, tanto en la cuenca Cuyana como en la del Golfo de San Jorge, los hidrocarburos derivan de una roca de tipo lacustre que genera más petróleo que gas (y por ende son cuencas netamente petrolíferas).

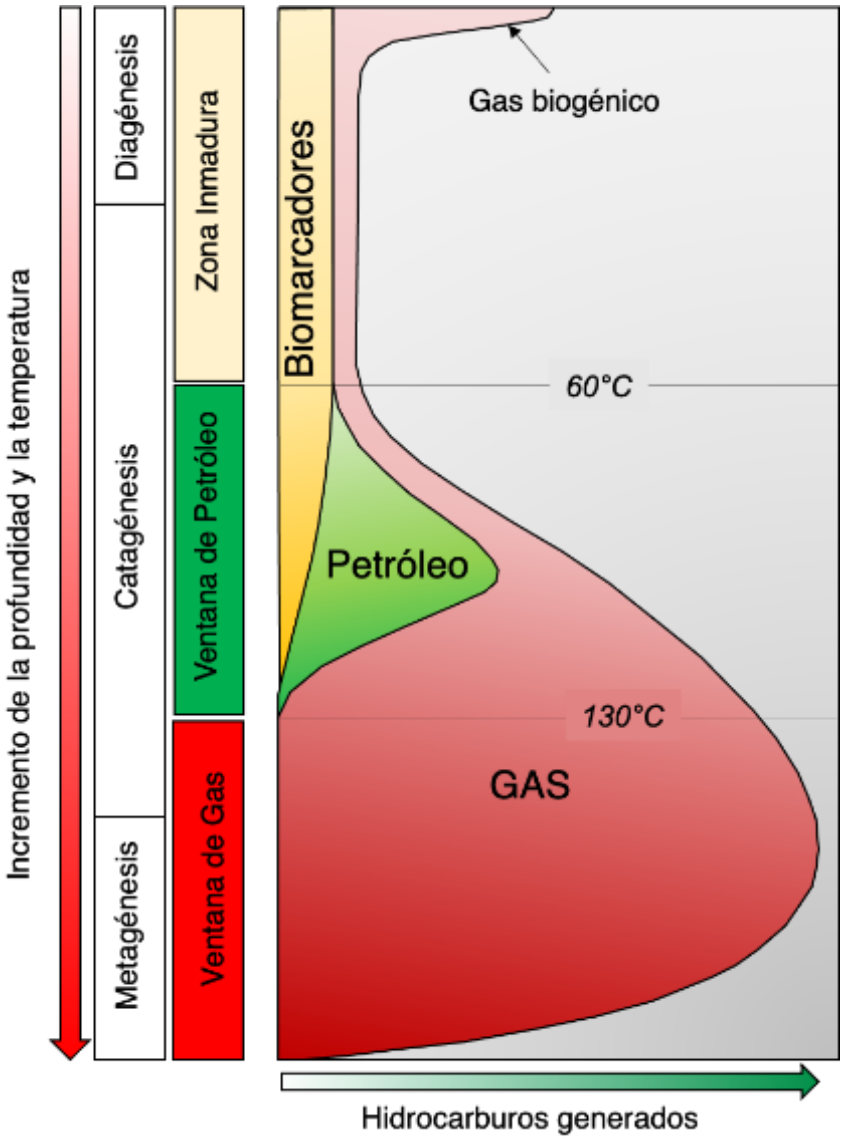


Figura 4. Evolución de la materia orgánica en los sedimentos en función de la profundidad y temperatura (Tissot y Welte 1984).

La era del Petróleo

La historia de la era del petróleo se puede ver en cuatro etapas ligadas al progresivo desarrollo de nuevas tecnologías y conocimientos. Primero la exploración y producción se realizó en tierra, basada en la presencia de manaderos de petróleo o estructuras que generaban trampas. Luego se fue extendiendo a aguas someras y en las últimas décadas a aguas profundas y ultra-profundas. La cuarta etapa comienza en los últimos 15 años con el desarrollo del "*shale*" o "*fracking*".

Como vimos más arriba, la formación del petróleo es un proceso que requiere de condiciones muy especiales y un tiempo de formación que se mide en millones de años. La formación de petróleo continua hoy día, pero si medimos este ciclo en tiempos históricos, podemos decir que es un recurso no renovable. Entonces, ¿se va a acabar? Esta fue la teoría predominante entre los años 50 hasta la década pasada. Es la teoría del "*peak oil*", propuesta originalmente por M. King Hubbert quien predijo que la producción petrolera de EE. UU. tendría su pico en el año 1970. Esta teoría se mantuvo hasta hace unos 10 años, siempre colocando más adelante el máximo de producción. Lo que pasó en los últimos años y no fue anticipado, fue la revolución del "*shale*" o recursos no convencionales. ¿Qué son? Como vimos más arriba, el petróleo se genera en la roca madre y luego migra a un reservorio. Sin embargo, muchas de las rocas madres aun preservan petróleo que ha sido generado, pero no expulsado. Lo que se descubrió hacia fines de los años 90 es que estos hidrocarburos pueden extraerse de la misma roca madre creando porosidad a través de la fracturación hidráulica de la misma y la inyección de un apuntalante (generalmente arena) que permite que las fracturas se mantengan abiertas y así crear una red de conectividad dentro de la roca.

La revolución del *shale* fue un gran cambio de paradigma a nivel mundial. A comienzos de la década del 2000, se estimaba que el gas se estaba agotando en los EE. UU., y por eso se inició la construcción de plantas para regasificar gas licuado importado (GNL). Sin embargo, debido a la producción en el *Barnett Shale* de Texas y en el *Marcelus Shale* del noreste de EE. UU., a partir del año 2008 se nota un superavit de gas y para el año 2019, ya se habían triplicado las reservas del año 2002 (Yergin, 2020). Algo similar ocurrió con el petróleo de forma tal que, en el año 2018, EE.UU. se convirtió en el mayor productor de mundial (delante de Rusia y Arabia Saudita) y finalmente en el año 2019, comenzó a exportar crudo. Esto, como veremos, tuvo un impacto a nivel mundial.

El precio del petróleo ha estado controlado en gran medida por la oferta y la demanda del mercado, pero también afectado por eventos globales (tales como guerras o epidemias) (**Fig. 5**). En los comienzos de la "era del petróleo" se vieron varias oscilaciones muy rápidas en el precio de este "*commodity*", más que nada por efectos de la aparición de nuevas cuencas (por el lado de la oferta), o nuevos usos (por el lado de la demanda, como por ejemplo la revolución automotriz) (Yergin 1991). Un evento de importancia fue la creación en Baghdad en 1960 de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) con un grupo inicial de cinco países. En los años 70, en una nueva era de nacionalizaciones, estos países toman el control de su producción de petróleo (antes en manos privadas). En el año 1973 la OPEP, liderada por Arabia Saudita declaró un embargo a la producción de petróleo como represalia a los países que apoyaron a Israel en la Guerra de Yom Kippur. Esto produjo un incremento en el precio del petróleo de más del 300%, mostrando la importancia de esta organización en el control de los precios y la importancia del petróleo en la economía mundial.

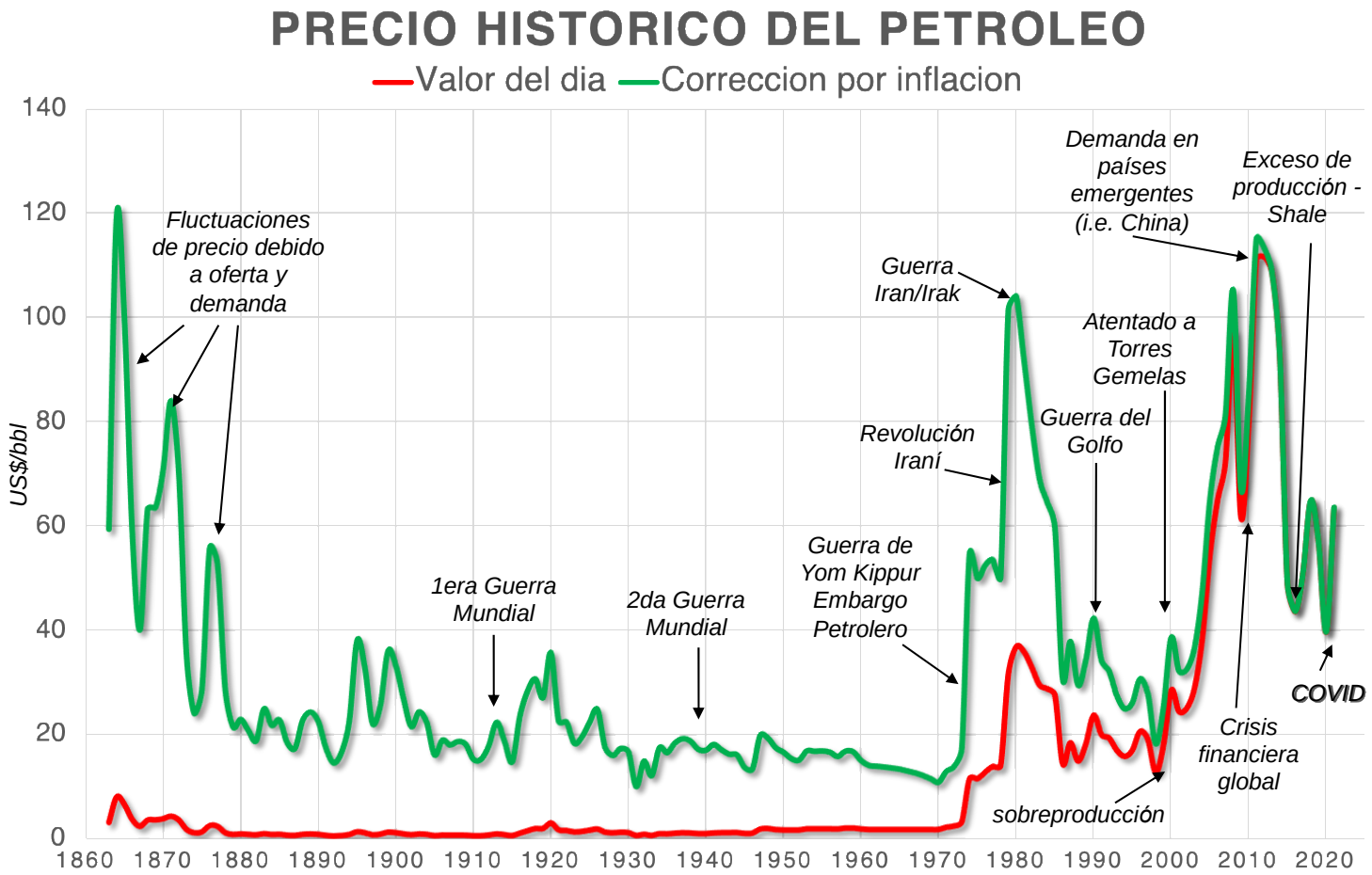


Figura 5. Evolución histórica del precio del petróleo y su relación con eventos mundiales.

La Revolución Iraní del año 1979 marca otro hito en la suba de precios, seguido por la guerra de Iran/Irak que redujo considerablemente la producción mundial del petróleo trayendo aparejados récords en el precio del crudo.

A comienzos de la década del 2010, la expansión económica de países emergentes, particularmente China aumenta la demanda del petróleo, continuándose con los precios altos hasta el 2016. En ese momento, cuando la revolución del *Shale* genera una sobreproducción de petróleo se verifica una caída dramática del precio, reduciéndose de más de USD 100 a unos USD 45 por barril. Sin embargo, una de las características del *Shale*, es que los tiempos entre la inversión y la producción son mucho más cortos que en los recursos convencionales, en donde puede existir un desfasaje de muchos años, particularmente en proyectos de aguas profundas. Por eso mismo, estos recursos no convencionales introdujeron una variable de corto plazo en la regulación del precio del petróleo, con un efecto amortiguador. Es decir, cuando el precio baja, se deja de perforar y los pozos declinan rápidamente, mientras que cuando los precios suben se aumenta la perforación de pozos o se completan pozos perforados antes, logrando incrementar rápidamente la producción. Por un lado, el *Shale* ofrece este efecto amortiguador de los precios, y por otro, los recursos han aumentado a un nivel que es ahora difícil predecir cuándo se van a acabar.

En la Argentina la revolución del *Shale* está también impactando al país. Aquí la historia del petróleo comienza en el año 1907 con el descubrimiento de petróleo en las cercanías de Comodoro Rivadavia, por actividades del Ministerio de Minas, Geología e Hidrología, a cargo del Ingeniero Enrique Hermitte (IAPG 2007). Actualmente hay en el país cinco cuencas productivas, de las cuales las más importantes son las cuencas Neuquina (mayor productora de gas) y la de San Jorge (mayor producción de petróleo). A partir del año 2011 comienza la actividad no convencional en rocas "*tight*", que son yacimientos convencionales de muy poca permeabilidad, pero que producen al ser fracturados hidráulicamente. Sin embargo, lo que ha marcado un antes y un después en la historia petrolera en la Argentina ha sido el descubrimiento del enorme potencial de la Formación Vaca Muerta en la Cuenca Neuquina. Si bien hacía mucho tiempo que existían indicios del potencial de esta roca, recién en el 2011 YPF anuncia su "descubrimiento" y en el 2016 comienza el desarrollo a gran escala (Macellari y Whaley 2019). Hoy en día Vaca Muerta está aportando un 30% de la producción de petróleo y del gas, aunque en este último caso si sumamos el gas "*tight*", la producción de gas no convencional de la Argentina es del 48% del total (**Fig. 6**). Actualmente, los pozos de petróleo de Vaca Muerta tienen una productividad igual o mayor a los mejores no convencionales de USA. Existen diferentes estimaciones del potencial final de Vaca Muerta, pero inclusive en las más pesimistas, se duplican la cantidad de recursos descubiertos a la fecha. Por otro lado, el potencial del *Shale* aún queda por probarse en otras rocas madres tanto en la cuenca Neuquina como en otras cuencas del país. Es decir, tanto en la Argentina como en el mundo, aún quedan muchos años de reservas de hidrocarburos y por lo tanto este recurso no se está acabando en forma inminente. Entonces ¿Por qué estamos en una transición energética?

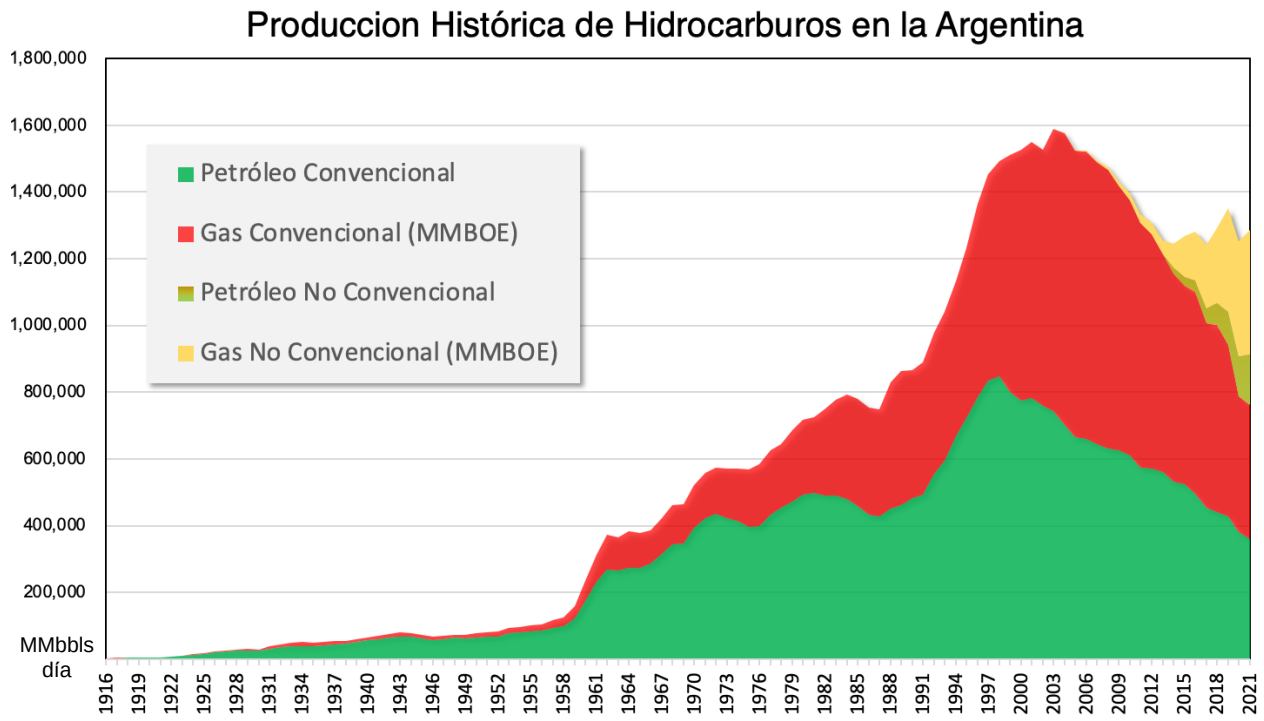


Figura 6. Producción histórica de hidrocarburos en la Argentina (Datos del Instituto Argentino del Petróleo - IAPG).

La Transición Energética

La respuesta a la pregunta anterior es la relación postulada entre el consumo de hidrocarburos y el calentamiento global del planeta. Resulta que uno de los productos de la combustión de hidrocarburos es el CO_2 que es un gas de efecto invernadero. Se ha determinado que hay una relación directa entre el contenido de CO_2 en la atmósfera y la temperatura de la tierra. Hoy la concentración de CO_2 es de 419 partes por millón (ppm), que es el valor más alto que se ha registrado en los últimos 800 mil años (**Fig. 7**). Sin embargo, no es el valor más alto que se ha registrado en la tierra, ya que hace unos 55 MA, a comienzos del Eoceno, la concentración de CO_2 alcanzó valores superiores a los 1.000 ppm. Lo que es notable, es el incremento del CO_2 atmosférico desde el comienzo de la Revolución Industrial (**Fig. 7**). Este rápido incremento también se observó en otros episodios, como por ejemplo al fin de la Edad de Hielo hace 17.000 años, por lo que no es único, pero en este caso la coincidencia con la actividad del hombre es clara. A los fines de mitigar estos efectos, se logra el acuerdo de París del año 2015. Allí se estableció un marco global para evitar un cambio climático peligroso teniendo como objetivo que el calentamiento global sea inferior a los 2ºC con respecto a los niveles pre-industriales y prosiguiendo los esfuerzos para limitarlo a 1,5ºC. Uno de los elementos más importantes de este esfuerzo es la "descarbonización" del proceso de energía, es decir la limitación de las emisiones de CO_2 a la atmósfera. Dentro de las emisiones producidas por el hombre, el 87% proviene del uso de combustibles fósiles, siendo el carbón el más contaminante, seguido del petróleo y finalmente del gas. Por este motivo la humanidad está haciendo un esfuerzo para ir remplazando los combustibles fósiles por otras energías renovables, tales como la eólica o solar entre otras que tienen una menor o nula impronta de carbón.

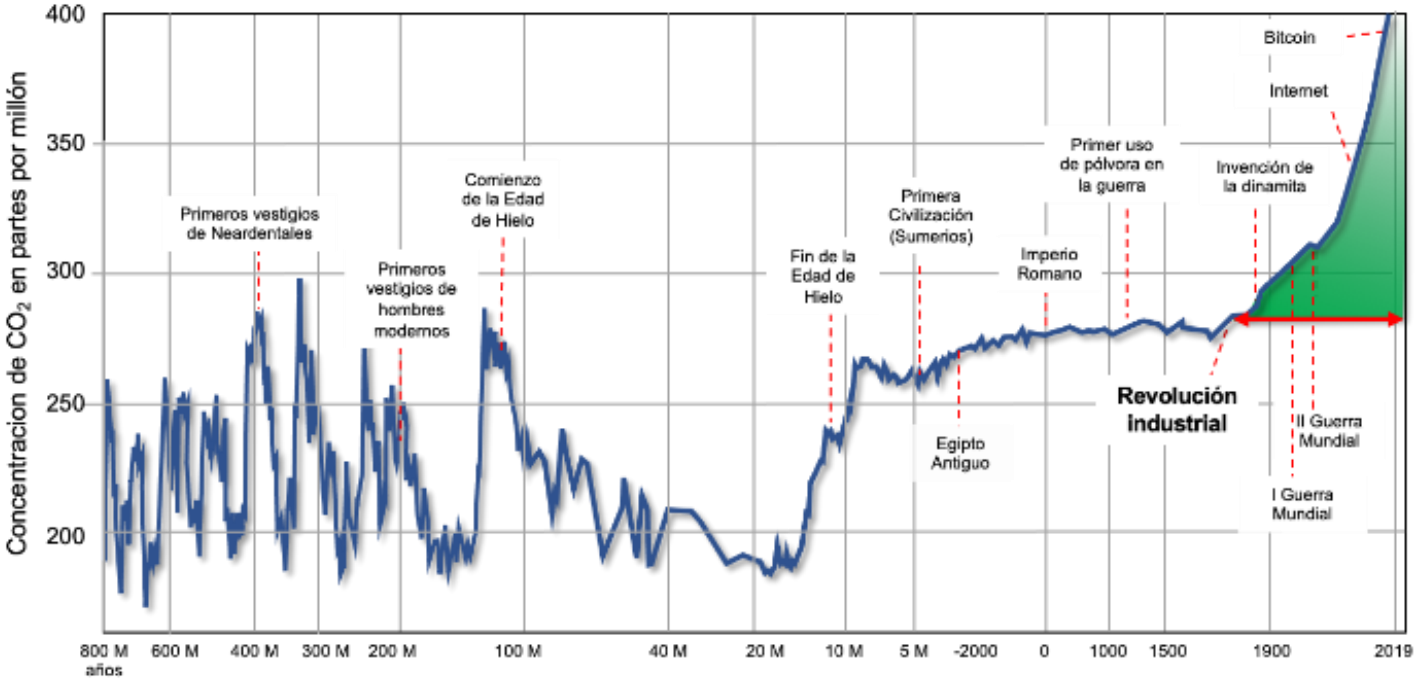


Figura 7. Variación del contenido de CO_2 en la atmósfera durante los últimos 800.000 años. Modificado de reddit.com, 2019 y referencias citadas ahí).

En cuanto al futuro, es difícil de predecir (quién iba a anticipar por ejemplo la catástrofe de la pandemia del COVID), por lo que los especialistas en el tema se manejan con diferentes escenarios. Uno de los más difundidos en la industria es el de *British Petroleum* (BP) que publica anualmente (**Fig. 8**), pero otros organismos internacionales de renombre como la EIA de EE.UU. ofrecen un análisis muy similar. En su último reporte, BP visualiza tres escenarios posibles (BP, 2020): 1) Se continúan las tendencias actuales, con un cambio lento a otras fuentes de energía (en ese caso las emisiones de CO_2 serían un 10% menores a las del 2018). 2) Transición rápida. En ese caso, las emisiones de CO_2 caen a un 70% para el año 2050 (esto cumpliría con las metas del acuerdo de París). 3) Net Cero. Este es un escenario más radical con una limitación de las emisiones de CO_2 al 95% para el año 2050. Es difícil predecir cuál va a ser el camino que se va a seguir globalmente, pero en cualquiera de los escenarios, se observa que tanto el petróleo,

pero particularmente el gas, van a continuar como elementos importantes de la matriz energética mundial, más allá del año 2050 (**Fig. 8B**).

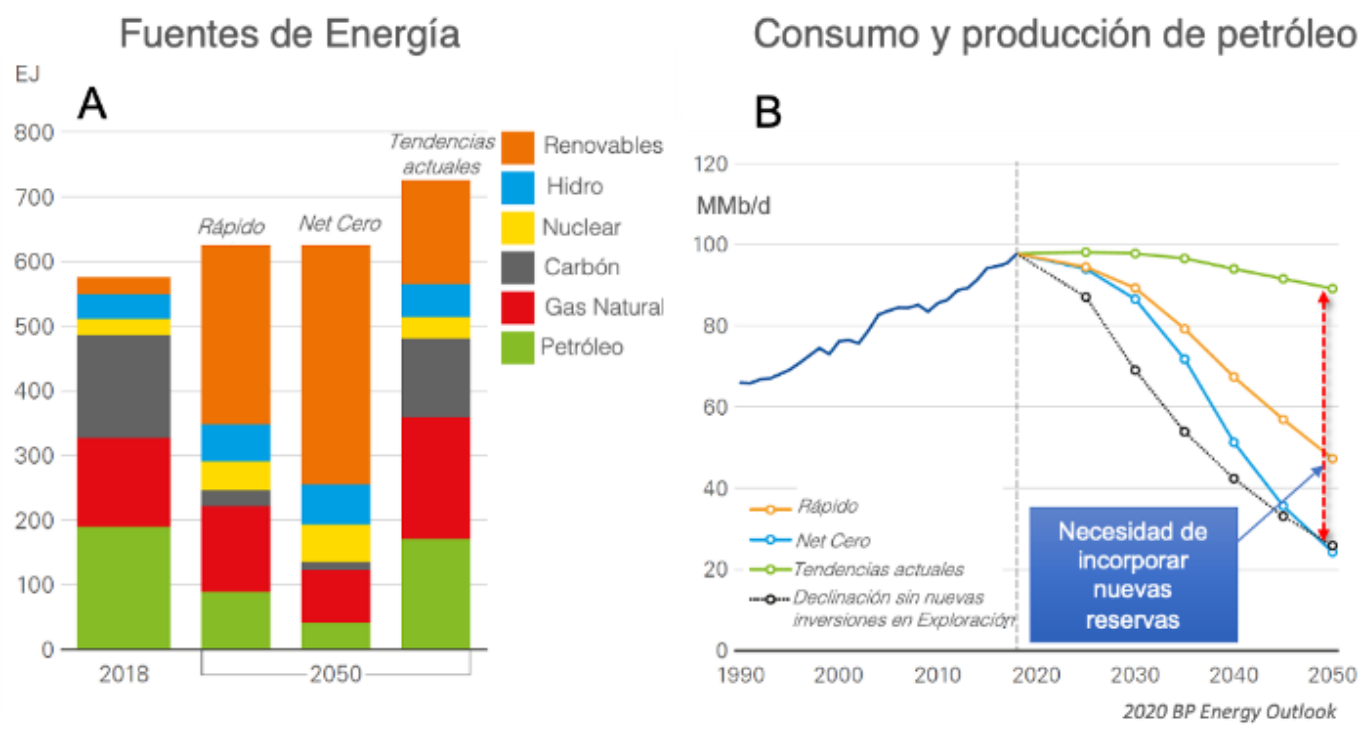


Figura 8. A) Escenarios de variaciones futuras de las fuentes de Energía. **B)** Consumo y producción de petróleo de acuerdo con diferentes escenarios (BP, 2020).

Hoy se consumen 98 millones de barriles de petróleo y combustibles líquidos cada día (EIA, 2021). En cualquiera de los escenarios se ve que la declinación natural de los campos es mayor a la declinación por la migración a otras fuentes de energía, por lo que va a ser necesario seguir remplazando reservas a través tanto de la mejora de los factores de recuperación de los campos existentes, como a través de la incorporación de reservas por exploración (**Fig. 8B**).

¿Es este el fin del ciclo del petróleo? Posiblemente no. Por un lado, esta "transición energética" se va a dar en forma desigual. En Europa se está avanzando rápidamente con numerosas iniciativas, que incluyen una transición a vehículos eléctricos, al igual que una serie de medidas integrales tendientes a reducir las emisiones. Esto requiere de inversiones billonarias y genera un alto costo para la sociedad. En los países en vías de desarrollo estas medidas se implementarán en forma desigual y más lentamente, por las dificultades en asumir el costo de estas metas. En resumen, parecería que el fin de la "era del Petróleo" no es otro "Moby Dick", sino una transición gradual que se va a extender por varias décadas. El rol del "exploracionista" del petróleo aún tiene un camino por recorrer. Los recursos no convencionales, tales como Vaca Muerta en la Argentina, aún van a tener un importante rol en el futuro inmediato, en la ruta hacia la descarbonización total de nuestra sociedad.

REFERENCIAS

BP. 2020. Energy Outlook 2020 edition. www.bp.com.

Cornford, C. 1979. Organic deposition at a continental rise: organic geochemical interpretation and synthesis at DSDP site 397, Eastern North Atlantic. En: Von Rad, A., y Ryan W.B.F. (eds). Reporte DSP, Vol XLVII Part 1, U.S. Gov. Printing Office, Washington: 503-510.

EIA. 2021. Short-Term Energy Outlook. U.S. Energy Information Administration. Septiembre 8. https://www.eia.gov/.

IAPG. 2007. El Petróleo en la Argentina: Una historia de Cien Años. Petrotecnia, febrero: 10-13.
Klemme, H.D. y Ulmishek, G.F. 1991. Effective Petroleum Source Rocks of the World: Stratigraphic Distribution and Controlling Depositional Factors. AAPG Bulletin, V75 (12): 1809-1851.
Macellari, C. y Whaley, J. 2019. Vaca Muerta. How a Source became a Reservoir. GeoExpro, Sept: 14-17. https://www.reddit.com/r/dataisbeautiful/comments/ct9ifm/oc_co2_concentration_in_atmosphere_over_last/
Sorkhabi, R. 2016. Back to Source Rocks: Part I. GeoExpro, vol 12 (6).
Tissot, B. P. y D. H. Welte. 1984. Petroleum Formation and Occurrence. Second Revised and Enlarged Edition. Springer-Verlag, Berlin, 699 pp.
Yergin, D. 1991. The prize: the epic quest for oil, money, and power. Simon & Schuster, New York. 877 pp.
Yergin, D. 2020. The New Map, Energy, Climate, and the Clash of Nations. Penguin Press. New York.

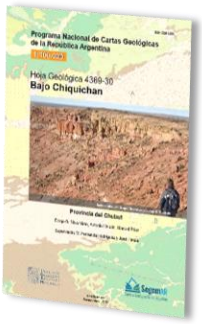
ESPACIO MEMES GEOLÓGICOS

ESPACIO CONGRESO GEOLÓGICO ARGENTINO

La Comisión Organizadora del XXI les hace saber que se encuentra disponible en la página web el Relatorio del XXI Congreso Geológico "**Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Chubut",** editado por el Dr. Raúl Giacosa. Para acceder a los capítulos y descargarlos, se debe hacer *click* en el elemento deseado del índice. http://www.congresogeologico.org.ar/relatorio

ESPACIO SEGEMAR

Nueva Publicación: Hoja Geológica 4369-30 Bajo Chiquichan. Escala 1:100.000. Provincia de Chubut



La Hoja 4369-30, Bajo de Chiquichan, se encuentra ubicada en el centro-norte de la provincia del Chubut, en el ámbito geológico de Patagonia extraandina, al sur del Macizo Nordpatagónico y al norte del río Chubut.

Disponible en el Repositorio Institucional del SEGEMAR en:

https://repositorio.segemar.gov.ar/handle/308849217/4172

Referencia:

Silva Nieto, Diego G.; Lizuain, Antonio; Páez, Manuel; 2020. Hoja Geológica 4369-30 Bajo Chiquichan, Provincia del Chubut. Boletín 421. 46 p. Buenos Aires, Servicio Geológico Minero Argentino. Instituto de Geología y Recursos Minerales

Participación del SEGEMAR en las primeras jornadas de "Reducción del riesgo de desastre frente a la amenaza por reactivación de la actividad volcánica del volcán Lanín, en el marco del desarrollo local sostenible"

El encuentro tuvo lugar el pasado 25 y 26 de noviembre en la localidad neuquina de Junín de los Andes y estuvo orientado a impulsar el abordaje territorial ante la potencial amenaza volcánica asociada al volcán Lanín. El evento, organizado por Defensa Civil de la provincia del Neuquén y la Administración de Parques Nacionales (APN), contempló la gestión integral y participativa del riesgo de desastres a fin consolidar las estructuras territoriales y fortalecer las capacidades locales para la gestión del desastre o emergencia. Durante el encuentro, profesionales del SEGEMAR realizaron presentaciones vinculadas a la red de monitoreo del Lanín instalada en febrero de 2021 y el nuevo mapa binacional de peligros volcánicos del volcán elaborado entre SEGEMAR y SERNAGEOMIN de Chile.

Más información en https://www.argentina.gob.ar/noticias/primeras-jornadas-de-reduccion-del-riesgo-de-desastre-para-el-volcan-lanin-provincia-de

La importancia del monitoreo y la preparación ante las emergencias volcánicas

El pasado 19 de septiembre comenzó un nuevo proceso eruptivo en el volcán Cumbre Vieja en la isla de La Palma (Islas Canarias). Este evento ha generado gran preocupación e impacto en las poblaciones afectadas y ha puesto de manifiesto ante los medios de comunicación y la comunidad mundial la importancia de estar preparados ante las amenazas de origen volcánico.

Más desarrollo sobre este contenido en: https://www.argentina.gob.ar/noticias/la-importancia-del-monitoreo-y-la-preparacion-ante-las-emergencias-volcanicas

El SEGEMAR y la provincia de Neuquén concretaron la instalación de una nueva red de monitoreo volcánico en el Complejo Volcánico Laguna del Maule.

El pasado 23 de noviembre se dio por inaugurada en la localidad de Cochico la nueva red de monitoreo volcánico que permitirá vigilar en tiempo real el comportamiento del Complejo Volcánico Laguna del Maule sobre el sector argentino. Tras dieciséis días de intenso trabajo, profesionales del Observatorio Argentino de Vigilancia Volcánica (OAVV) del SEGEMAR, junto con personal de la Subsecretaría de Defensa Civil y Protección Ciudadana de la Provincia del Neuquén y profesionales de la Oficina Provincial de Tecnologías de la Información y la Comunicación (OPTIC) de la Provincia del Neuquén, con el apoyo de medios aéreos por parte de Aeronáutica Neuquén, concretaron la instalación de 7 nuevas estaciones de monitoreo sobre el sector argentino del Complejo Volcánico Laguna del Maule.

Más información en https://www.argentina.gob.ar/noticias/el-segemar-y-la-provincia-de-neuquen-concretaron-la-instalacion-de-una-nueva-red-de

Relevamiento de las Hojas Geológicas 1:250.000 Corrientes y Bella Vista, provincias de Corrientes, Chaco y Santa Fe

Desde los últimos días de agosto y hasta fines de septiembre, profesionales del SEGEMAR llevaron adelante estudios que son continuidad del relevamiento geológico regional del sector que abarca el noroeste correntino, sureste de Chaco y noreste de Santa Fe, áreas comprendidas por las hojas geológicas denominadas como Corrientes y Bella Vista, ambas a escala 1:250.000.

Las tareas consistieron en la identificación de las diferentes unidades geológicas y su distribución, la toma de muestras para análisis granulométricos y petrográficos, y observaciones estructurales, sedimentológicas y geomorfológicas.

Más información en: https://www.argentina.gob.ar/noticias/segemar-continua-con-el-relevamiento-de-hojas-geologicas-en-las-provincias-de-corrientes

Nuevas técnicas y ensayos para el desarrollo de ladrillos de alta resistencia

Un equipo de investigadores del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) presentó los primeros resultados de un estudio que tiene en cuenta el empleo de rocas volcánicas molidas bajo condiciones especiales para su inclusión en la formulación de ladrillos cerámicos de alta resistencia mecánica y química.

Más información en: https://www.argentina.gob.ar/noticias/nuevas-tecnicas-y-ensayos-para-el-desarrollo-de-ladrillos-de-alta-resistencia

NOVEDADES

La ***Società Geologica Italiana*** acaba de publicar un nuevo número de su boletín de actualidad y cultura de las Geociencias, denominado *Geologicamente, Magazine di Attualità e Cultura delle Geoscienze.*
https://www.socgeol.it/487/geologicamente-n-5.html

CONGRESOS Y REUNIONES 2022

XXI Congreso Geológico Argentino. 14 al 18 de marzo. http://www.congresogeologico.org.ar/

Argentina Mining. 31 de agosto, 1 y 2 de septiembre 2022. Salta. https://www.argentinamining.com/es/argentina-mining-2022

VIII Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología. 19 al 23 de septiembre 2022

CONEXPLO22. XI Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. 8 al 11 de noviembre. Mendoza.
https://www.iapg.org.ar/conexplo/index.html

EGU General Assembly 2022. 3-8 abril, 2022. Viena, Austria. https://www.egu22.eu/

12th Int'l Conference on Geology and Geophysics (ICGG 2022). 30 mayo - 1 junio, 2022. Xi'an, China
7th Int'l Conference on Geohazards Research and Prevention (GRP 2022). 30 mayo - 1 junio, 2022. Xi'an, China

II Congreso Internacional Virtual de Geología y Geofísica 2022. 21 al 24 de julio. https://www.facebook.com/civgeo/

Chapman Conference: Distributed Volcanism and Distributed Volcanic Hazards, Flagstaff, AZ USA. September 19–23
https://www.agu.org/Chapmans-Distributed-Volcanism