



INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO

El fascinante mundo de los **yacimientos petroleros**

Miguel Ángel Aguilar Ramírez





El fascinante mundo de los
yacimientos petroleros

Miguel Ángel Aguilar Ramírez



INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO

México

Diseño: Omar Montoya Hernández
Arte e Ilustraciones: Irán Yamil Meléndez López

Se agradece la asesoría y supervisión de:
Dr. Erick Manuel Luna Rojero
Dr. Andrés Eduardo Moctezuma Berthier
Mtro. Ricardo Torres Vargas
Dr. Gustavo Murillo Muñetón
por sus comentarios, observaciones y sugerencias.

El fascinante mundo de los yacimientos petroleros
1a. edición, México, 2016
D.R. © 2016, Instituto Mexicano del Petróleo
Eje Central Lázaro Cárdenas Norte No. 152,
Col. San Bartolo Atepehuacan
Delegación Gustavo A. Madero,
07730 México, D.F.

ISBN: 978-607-7524-06-9

Todos los derechos reservados sobre la obra y sus características editoriales, queda prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, la fotocopia o la grabación, sin la previa autorización por escrito de los titulares de los derechos, conforme a la Ley Federal del Derecho de Autor.

Impreso y hecho en México/Printed and made in Mexico
GEM Digital, S.A. de C.V.,
Hermenegildo Galeana 113 D
Col. Guadalupe del Moral
09300 Ciudad de México.
Tel: 55 56949494

ÍNDICE

5

¿Quiénes son el petróleo y el gas?

10

¿Cómo nacen, en la Tierra, nuestros *nuevos amigos*?

18

¿Cómo deben de ser las rocas de un yacimiento?

20

Sistema petrolero

25

Yacimientos de acuerdo con el tipo de *nuevos amigos que guardan*

28

¿Cuántos yacimientos distintos habrá?

32

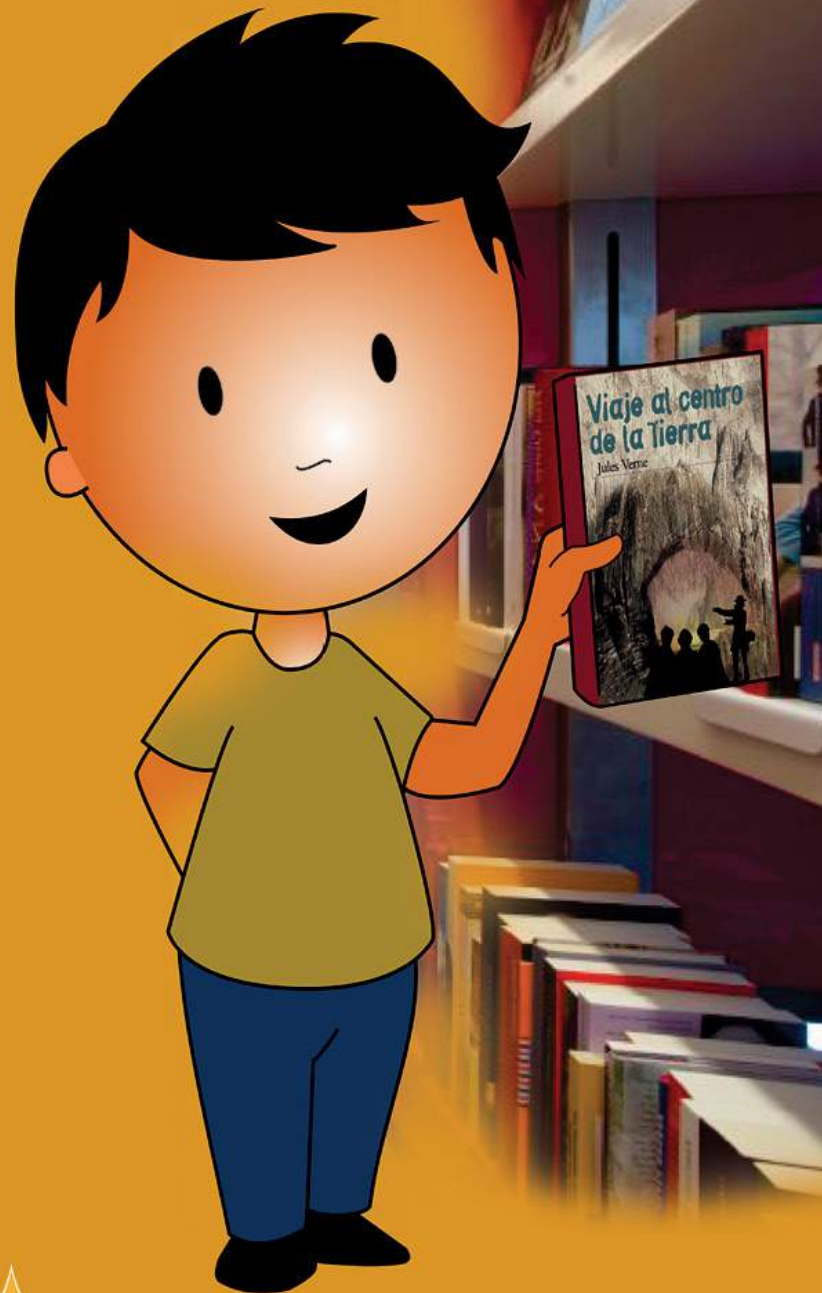
¿Dónde se encuentran guardados nuestros *nuevos amigos*?, y ¿cuántos litros y metros cúbicos serán producidos?

38

Cantidad de nuestros *nuevos amigos* en un lugar

I. ¿Quiénes son el petróleo y el gas natural?

Era una mañana del diciembre pasado, ya era tiempo de vacaciones en la escuela, la época de navidad estaba en todo su apogeo, mis padres no estaban en casa pues todavía seguían trabajando y yo me aburría inmensamente. Soy hijo único, tengo once años y me llamo Axel, comencé a caminar, como lo había hecho cientos de veces antes, por mi casa, tratando de encontrar algún pasadizo secreto o alguna palanca escondida que al tocarla abriera una puerta que me internara a quién sabe dónde, ese ritual lo seguía siempre cuando me fastidiaba por estar solo en mi casa y mientras esperaba a mis padres. En esas estaba cuando volteé al único librero que teníamos en casa y el cual contenía no más de unos treinta libros, siempre lo había visto, creo que desde que tengo memoria ahí estaba inmóvil, pero nunca le había puesto atención, comencé a ver que teníamos una enciclopedia Salvat de tapa roja y letras negras, recorrí desde mi pequeña altura los libros de arriba, los que le seguían a la enciclopedia, pero no alcanzaba a leer nada, así que bajé la mirada a los libros que estaban a la altura de mis ojos y descubrí uno que se llamaba *Viaje al Centro de la Tierra*, el autor era Julio Verne. Lo jalé hacia mí, me dirigí a mi recámara, me eché sobre mi cama y lo comencé a hojear. Tenía ilustraciones y una letra de regular



tamaño (no grande, no pequeña), me llamó la atención y comencé a leer. Así llegué al siguiente pasaje:

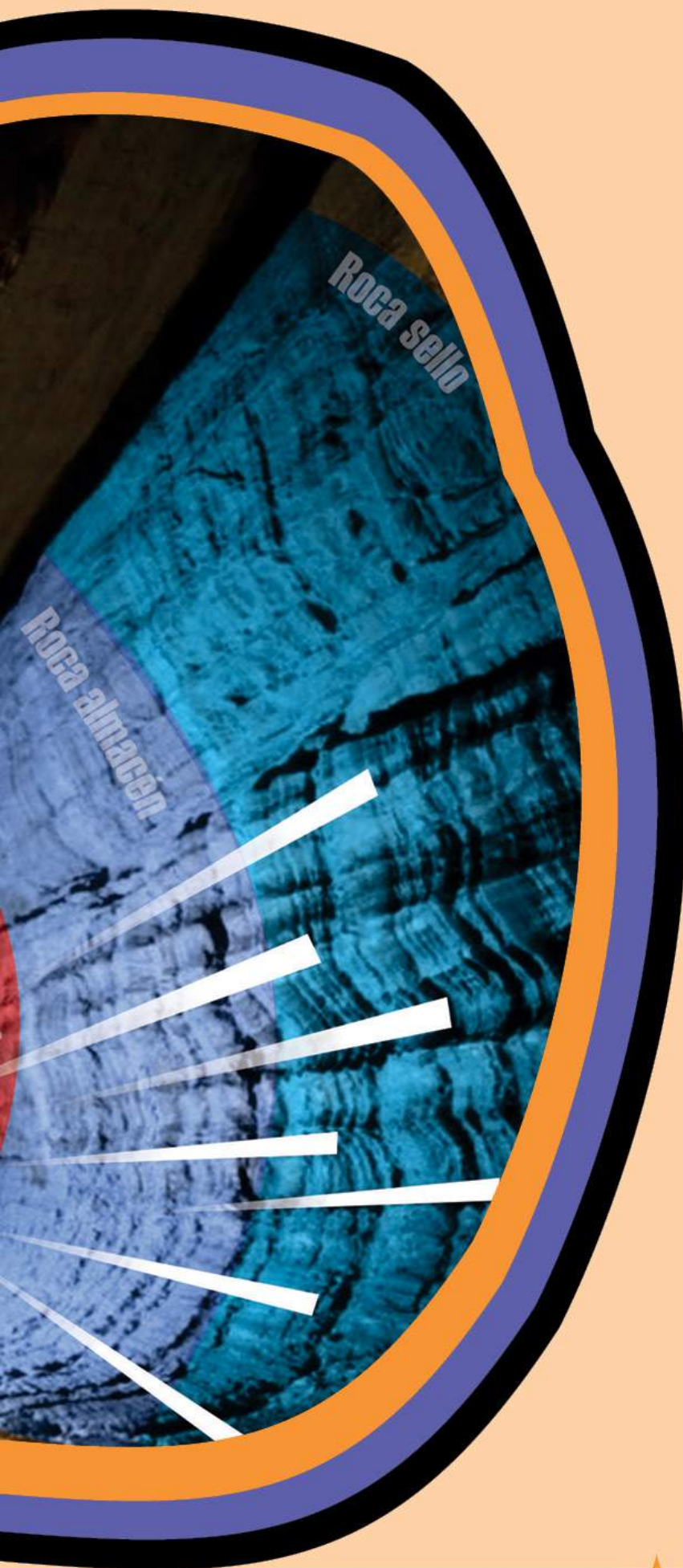
–Lo que tú llamas obscuridad resulta para mí luz, pues me demuestra el ingenio desplegado por *Saknussemm* para precisar su descubrimiento. El *Sneffels* está formado por varios cráteres, y era preciso indicar cuál de ellos era el que conducía al Centro de la Tierra. Y, ¿qué hizo el sabio islandés? Advirtió que en las proximidades de las calendas de julio, es decir, en los últimos días del mes de junio, uno de los picos de la montaña, el *Scartaris*, proyectaba su sombra hasta la abertura del cráter en cuestión, y consignó en el documento este hecho. ¿Es posible imaginar una indicación más exacta? Una vez que lleguemos a la cumbre del *Sneffels*, ¿podemos titubear acerca del camino a seguir teniendo esta advertencia presente?

–Bien –dije–, tengo que convenir en que la frase de *Saknussemm* es perfectamente clara y no puede dejar duda alguna al espíritu. Estoy conforme también en que el documento tiene todos los caracteres de una autenticidad perfecta. Ese sabio bajó al fondo del *Sneffels*, vio la sombra del *Scertaris* acariciar los bordes del cráter antes de las calendas de julio y enseñaronle las leyendas de su tiempo que aquel cráter conducía al centro del globo: hasta aquí, estamos conformes; pero admitir que él en persona fue al centro de la tierra y que volvió de allá sano y salvo, eso, no; ¡mil veces no!

–¿Y en qué fundas tu negativa, Axel?

–dijo mi tío, con un tono singularmente burlón.





–En que todas las teorías de la ciencia demuestran que la empresa es impracticable del todo.

–¿Todas las teorías dicen eso? –replicó el profesor, haciéndose el inocente–. ¡Ah, pícaras teorías! ¡Cuánto van a darnos quehacer!...”

Dejé el libro a un lado, (uno de los personajes era mi tocayo, el otro era su tío, el profesor *Otto Lidenbrock*) yo también estaba seguro de que era difícil, por no decir imposible, viajar al Centro de la Tierra y regresar como si nada, después supe que estaba leyendo uno de los mejores libros de ciencia ficción que existían, y como en mi cabeza daba vueltas y más vueltas lo que podría encontrarse en el centro de nuestro planeta, me puse a buscar nuevamente aquella palanca o puerta que me llevará a quién sabe dónde. No me van a creer, pero ahora sí encontré la dichosa palanca, la jalé, y se abrió un hoyo bajo mis pies, caí no sé cuántos metros, me incorporé, y frente a mí encontré a un personaje singular, me miró de arriba abajo, era un poco más alto de estatura que yo, apenas unos cuantos centímetros, y dijo: “Hola, me llamo *Petro*”.

Le expliqué lo que había leído en aquel viejo libro y me respondió: “Creo que te puedo platicar algo, de lo mucho que se puede encontrar en el interior de la Tierra, así que te contaré acerca de los yacimientos de petróleo que se forman allá abajo. Pero para ello, tendremos que bajar aún más, ¿te parece? Y ahí te presentaré a unos amigos míos, quienes desde ese momento se convertirán en tus *nuevos amigos*, claro, para que esto suceda te debo llevar a su casa, –y te repito– bajaremos más todavía.

Mientras descendíamos paso a paso, *Petro* –comentó muy serio:

Lo primero que debes saber mi amigo, antes de otra cosa, es que todo lo que te platique será pura y auténtica realidad, vaya, todo será verídico, así que empecemos: de los yacimientos petroleros se extraen petróleo y gas natural, los cuales son hidrocarburos, por lo que es importante saber ¿quiénes son el petróleo y el gas natural?, y ¿cómo nacieron en la Tierra?, es por ello que te los voy a presentar. De esta manera comenzaremos a introducirnos en *El fascinante mundo de los yacimientos petroleros*.

Bajamos, no sé cuántos metros más, hasta que llegamos a una plataforma de roca casi negra, ahí *Petro* señaló hacia un punto específico –y dijo: “Allí están tus nuevos amigos”.

Sólo veía una pared inmensa de roca –y pregunté:

–¿En dónde?

–Ahí, del otro lado, ven, acerquémonos más.

Mientras seguíamos caminando *Petro* –hablaba:

Entre el petróleo y el gas natural producen más de la mitad de la energía que se consume en el planeta. Es por ello que el mundo de hoy depende tanto de ellos, pues son la principal fuente de dicha energía.

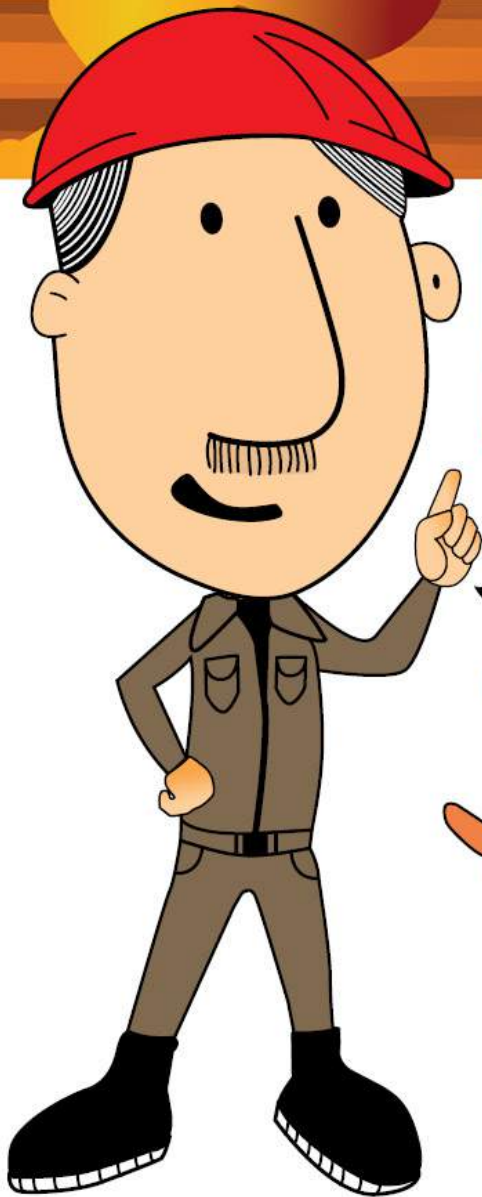
La palabra petróleo –prosiguió *Petro*– es la forma castellana de *petroleum*, del latín *petra*, que significa piedra, y *oleum*, que quiere decir aceite. Por tanto, el término petróleo se refiere a un aceite que proviene de las rocas. En México era común emplear la palabra chapopote (para referirse al petróleo), la cual procede del náhuatl *tzacutli*, que significa pegamento o engrudo, y *popochtli*, que quiere decir perfume. Aunque petróleo también tiene otra acepción, la cual proviene de los vocablos náhuatl: *chiahuatl*, que significa grasa y *poctli*, que quiere decir humo.

Llegamos a un agujero en forma de herradura, lo suficientemente grande, cambiábamos parados *Petro* y yo y aún había espacio hacia arriba, para observar lo que sucedía atrás de la pared. Él volvió a hacer uso de la palabra:

–El petróleo y el gas natural son una mezcla de compuestos orgánicos que en su mayoría están formados principalmente de hidrógeno y carbono. Por ello, se llaman: hidrocarburos, –continuó:

–Lo que estamos viendo son las profundidades de la Tierra, la casa de tus *nuevos amigos*, a partir de este momento todo lo que te platique se referirá a cómo nacieron ellos.





SABÍAS QUE...



La industria extractiva del petróleo (o sea, la extracción de él) en América, se inició con la primera perforación de un pozo en 1858, en Pennsylvania, Estados Unidos de América; y que en México, la perforación de pozos en tierra comenzó desde 1869, sin embargo, el primer pozo con producción comercial inició su explotación en 1904, gracias a la iniciativa del Ing. Ezequiel Ordóñez, y éste fue el pozo La Pez No. 1, ubicado en el estado de Tamaulipas, y el cual producía 1500 barriles diarios.

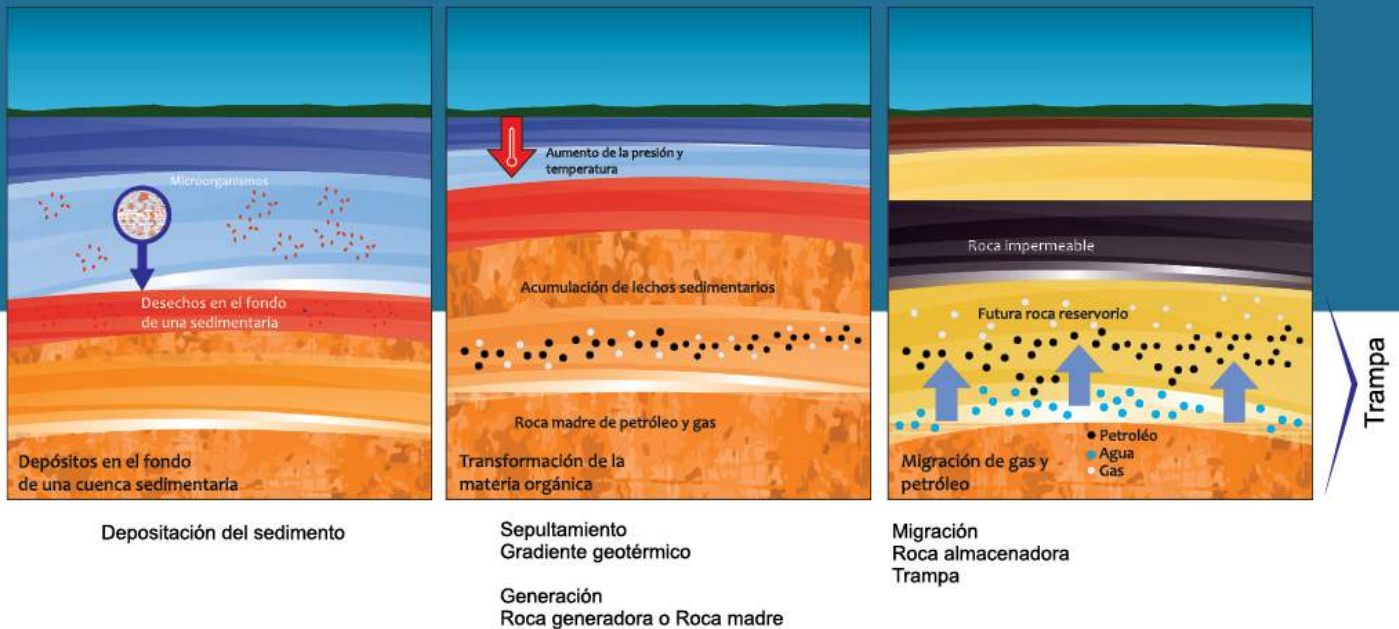
II. ¿Cómo nacen, en la Tierra, nuestros nuevos amigos?

—Amigo Axel, —prosiguió *Petro*, abarcando con sus brazos la mayor área posible, moviéndolos de adentro hacia afuera— hace millones de años los principales organismos generadores de hidrocarburos, los cuales son pequeños, y usualmente son algas marinas, polen, esporas y troncos, entre otros, se quedaron depositados en el fondo de los mares y enterrados bajo un sinnúmero de capas de tierra, éstas se fueron endureciendo

hasta convertirse en rocas; a ese proceso se le llama: **Deposición** del sedimento, dicho sedimento o materia orgánica va mezclado con arcillas, arena y lo que comúnmente llamamos lodo.

—Sigamos, —decía él mientras volvía a mover las manos pero ahora de arriba hacia abajo—. Con el paso del tiempo va cayendo encima más sedimento y esto hace que la roca se vaya hundiendo, cada vez más, en la profundidad de la Tierra, ¿qué quiere decir esto?: que la materia orgánica se va profundizando junto con todos los otros sedimentos, aquí nace el segundo proceso para formar hidrocarburos: **Sepultamiento**, éste puede llevar a la roca a dos, tres o hasta cinco kilómetros de profundidad. Amigo Axel, existe un concepto muy importante denominado: *Gradiente geotérmico*, el cual hace que cada vez que las rocas se hundan cien metros su temperatura aumente tres grados centígrados, de tal manera que cada kilómetro de *sepultamiento* involucra 30 grados de temperatura y se requiere llevar a esa materia orgánica al menos a 80 y hasta 120 grados centígrados, para ese momento la roca ya está a una profundidad de entre 2800 y 4000 metros; entonces ésta (la roca), ya tendría las características idóneas para generar hidrocarburos, o sea, que tendría la presión y la temperatura suficientes para hacerlo.





–Pero continuemos. Es en ese momento que se presenta el tercer proceso: **Generación** de los hidrocarburos, sólo hasta que llegó a esas temperaturas la roca, la cual se llamará **Roca generadora o Roca madre**, se transforma en hidrocarburos, no antes no después, primero se genera gas y después aceite. Te explico mi estimado Axel para que no tengas dudas: si la roca alcanzó simplemente los 80 ó 90 grados entonces sólo generará gas; pero si la roca alcanzó de 100 a 120 grados entonces generará aceite líquido, o sea: petróleo. Si la roca alcanzó 130 a 140 grados, entonces generará gas seco. Después de 140 grados la roca comienza a quemarse y ésta pierde toda su capacidad generadora, y toda la materia orgánica que contiene se quema. Así querido Axel... es como nacen nuestros *nuevos amigos*: los hidrocarburos, o sea, el petróleo y el gas natural. ¿Interesante, verdad?

–Mira Axel, aquí traigo una tarjeta para ti, para que te la lleves a casa, en ella encontrarás un cuadro en donde se esquematiza el proceso de creación de un yacimiento, el nacimiento de tus *nuevos amigos*, verás que ésta te facilitará aún más entenderlo:

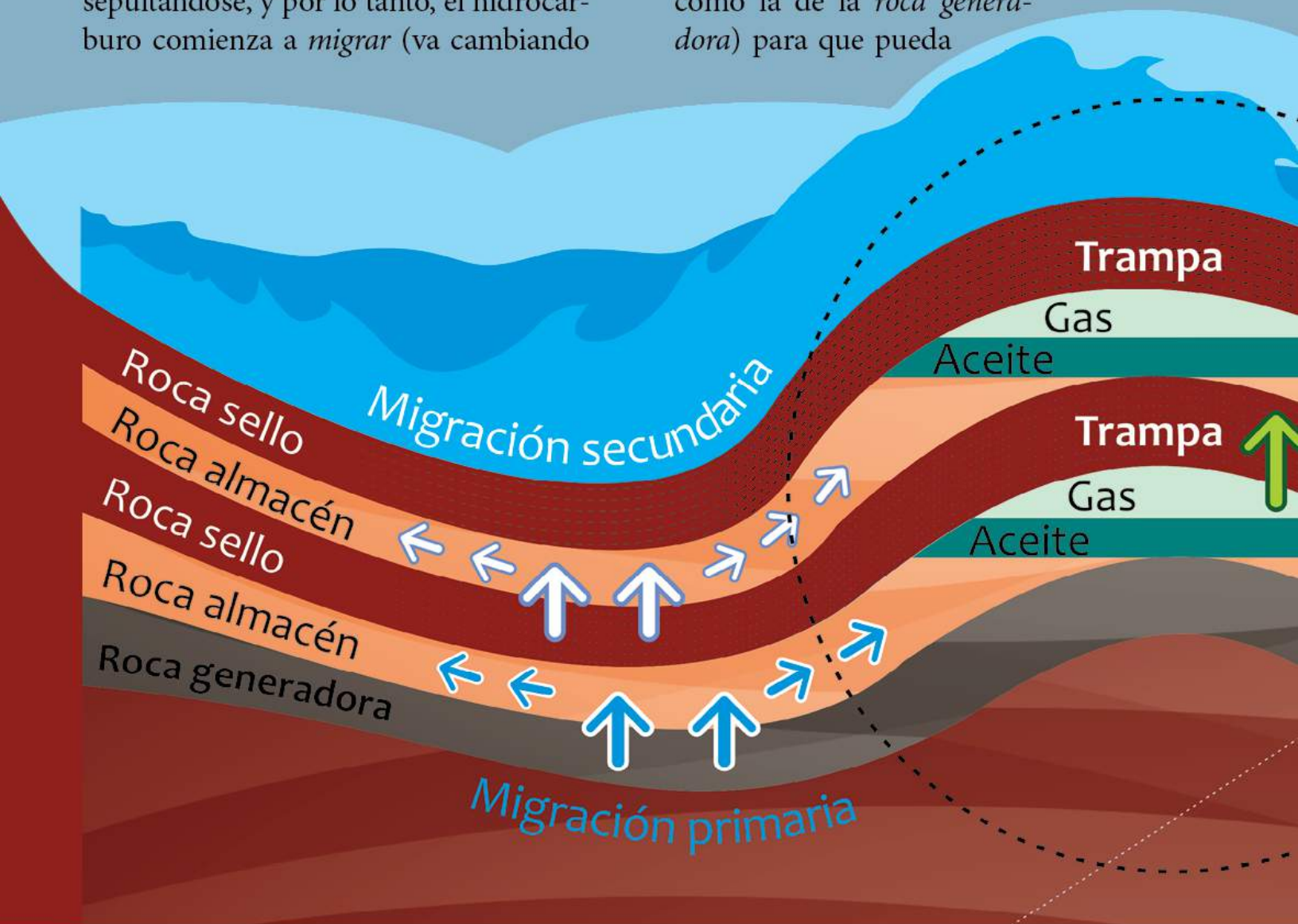
- A) Roca generadora o madre, fue quien tuvo a la materia orgánica, quien la cocinó y quien la transportó a la profundidad adecuada;
- B) Viene luego la Migración;
- C) El aceite que salió de la roca madre se deposita en la roca almacenadora;
- D) A continuación se da el entrampamiento o Trampa y;
- E) Por último hace su aparición la Roca sello, la cual es impermeable.

Todo esto debe de existir para que podamos decir que estamos ante la presencia de un yacimiento convencional

–También es importante que sepas que hay un proceso de biodegradación de la materia orgánica allá arriba, a nivel de la superficie, el cual pudiera generar ciertos gases, se da mucho en los pantanos y lagunas, es por ello que muchos huelen mal.

–Pero ahí no para la cosa; –siguió hablando *Petro*– cuando la roca alcanza la temperatura ideal para la generación de nuestros *nuevos amigos*, o sea: gas y petróleo, como ésta es muy porosa, los hidrocarburos comienzan a irse hacia zonas con menos presión (generalmente hacía arriba), mientras que la roca sigue sepultándose, y por lo tanto, el hidrocarburo comienza a *migrar* (va cambiando

de lugar) hacia posiciones más superiores, a esto se le conoce como el proceso de **Migración** del hidrocarburo, la *migración* sigue hasta que el hidrocarburo encuentra una zona donde es *entrampado*, para que esto suceda debe de encontrar una roca porosa, la que hace que se quede ahí *atrapado*, a esta roca se le llama **Roca almacenadora**. Ésta debe cumplir con ciertas condiciones, una de ellas es que exista una formación interna en el subsuelo, la cual permita el almacenamiento de los hidrocarburos, nuestra roca debe tener la porosidad suficiente (no como la de la *roca generadora*) para que pueda



atrapar o *entrampar* al hidrocarburo, quien viene entrando desde mayor profundidad.

–Hasta aquí Axel, todo debes de ir entendiéndolo perfectamente, ¿o no?

–Me parece que sí, –dijo con cierto atrevimiento– pues aunque la explicación era clara, era la primera vez que me hablaban de este tema.

–Entonces prosigamos: además de la *roca almacenadora* debemos contar con una *trampa*, la cual debe tener como condición necesaria que el espesor de la roca almacenadora permita el almacenamiento suficiente del hidrocarburo, a esta estructura se le denomina: **Trampa**, ésta

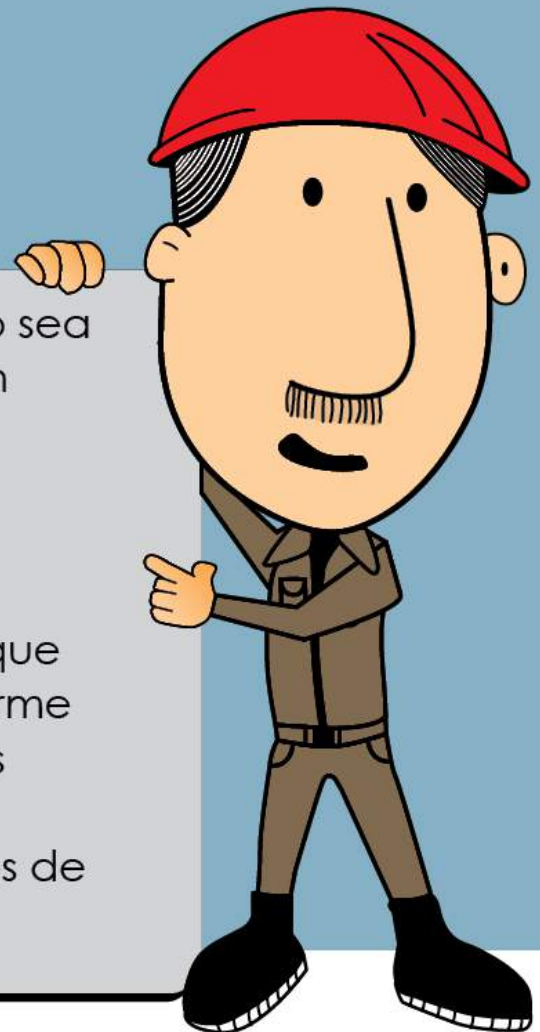
cuenta con una roca básicamente impermeable, lo cual hace que selle o atrape definitivamente al hidrocarburo para que ya no siga *migrando* (moviéndose) hacia la superficie, esta roca se llama: **Roca sello**, si no llegara a existir ésta, no habría *almacenamiento de hidrocarburos*, y entonces nuestros *nuevos amigos* seguirían su camino hasta la superficie.

–Ahora, si te parece Axel, pasaremos a explicar que es cada uno de los **elementos** que contiene un yacimiento:

La *roca generadora o madre* es rica en materia orgánica y tiene la capacidad de generar hidrocarburos. Actualmente estas rocas se han considerado atracti-

ES INTERESANTE QUE SEPAS LO SIGUIENTE...

La materia orgánica algacea (o sea que viene de las algas), el polen y las esporas (material llamado leñoso), entre otros organismos, quedaron atrapados entre el sedimento. Usualmente pasan muchos millones de años para que esa materia orgánica se transforme en hidrocarburos. Algunos casos en México, mostraron que la generación fue hasta 90 millones de años después.



vas desde el punto de vista económico, debido a la cantidad de hidrocarburos remanentes (no expulsados) que poseen (pues a partir de ello se crean los yacimientos no convencionales). Las más comunes son: *lutitas*, margas y calizas finas.

La *roca almacén* comúnmente, por sus características de composición o textura, así como de porosidad y permeabilidad, permite el almacenamiento de los hidrocarburos. En México son principalmente rocas calcáreas.

La *roca sello* es impermeable, de baja porosidad y su función es volverse una barrera para que no escapen los fluidos contenidos en los yacimientos. Las *lutitas* y las *evaporitas* generalmente son excelentes rocas de sello.

Las *trampas estructurales y estratigráficas* son estructuras geológicas en donde las rocas almacenadoras están rodeadas por otras rocas que funcionan como selladoras, de esa manera los hidrocarburos se quedan atrapados. Sin embargo, si se da el caso de que el agua fluya pendiente arriba y la combinación de las fuerzas hidrodinámicas y la flotabilidad del petróleo y el gas sean suficientes para que nuestros *nuevos amigos* entren en los poros pequeños y migren a través de la zona de barrera, en ese único caso, sólo resultaría un yacimiento pequeño.

–Ahora mi Axel, te debería de explicar cada uno de los **procesos** que se dan en un yacimiento: como lo son la *generación*, la *migración primaria*, la



migración secundaria y acumulación de hidrocarburos.

–Pero *Petro*, ¿no me lo acabas de explicar hace apenas unos minutos?

–Así es. Me da mucho gusto que estés poniendo tanta atención.

–¡Ah!, ¿me estás probando? –dije de manera retadora.

–No lo tomes a mal, es que son temas nuevos para ti y quiero que te agrade irlos conociendo.



Rocas madre

Lutitas



Rocas almacén



Dolomía

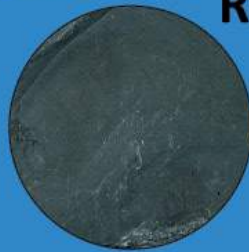


Caliza

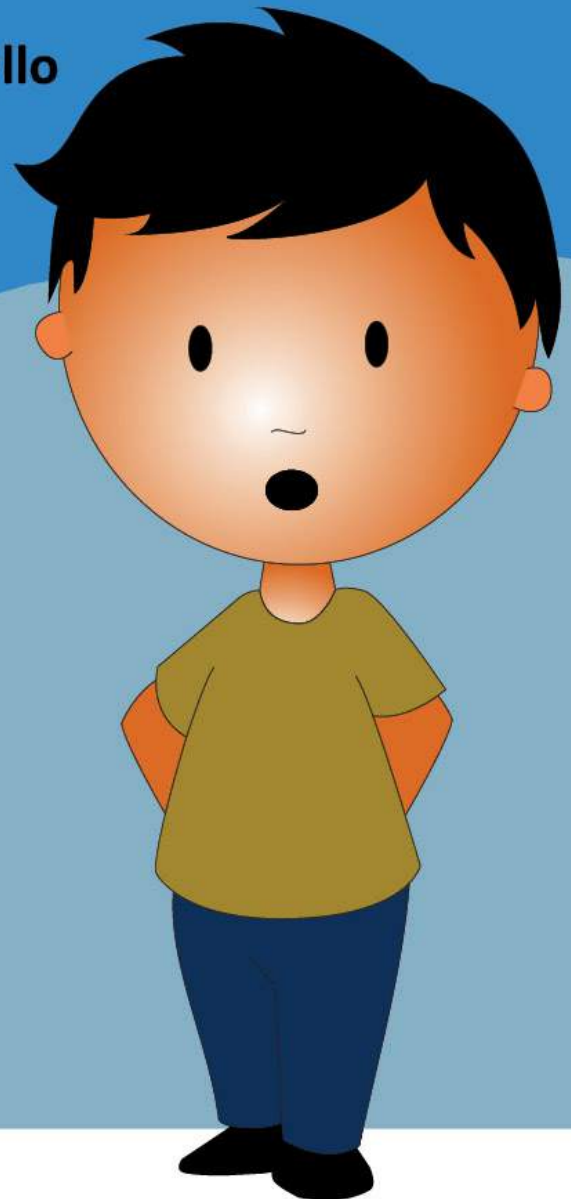


Arenisca

Rocas sello



Lutitas



–Gracias *Petro*, realmente haces muy amena la charla, y por lo mismo, es más fácil que aprenda.

–Estimado amigo, ¿estarías de acuerdo con que ahora concluyamos lo que es un yacimiento convencional?

Moví la cabeza asintiendo y *Petro* siguió contándome:

–En pocas palabras y como te acabo de decir, un yacimiento convencional se conforma por una o más formaciones

de roca, en su mayoría, de origen sedimentario y que contienen hidrocarburos líquidos o gaseosos. Las rocas del yacimiento son porosas y permeables, y la estructura está limitada por otras rocas impermeables que mantienen atrapados a los hidrocarburos.

La distribución vertical de los fluidos en el yacimiento convencional está goberna-

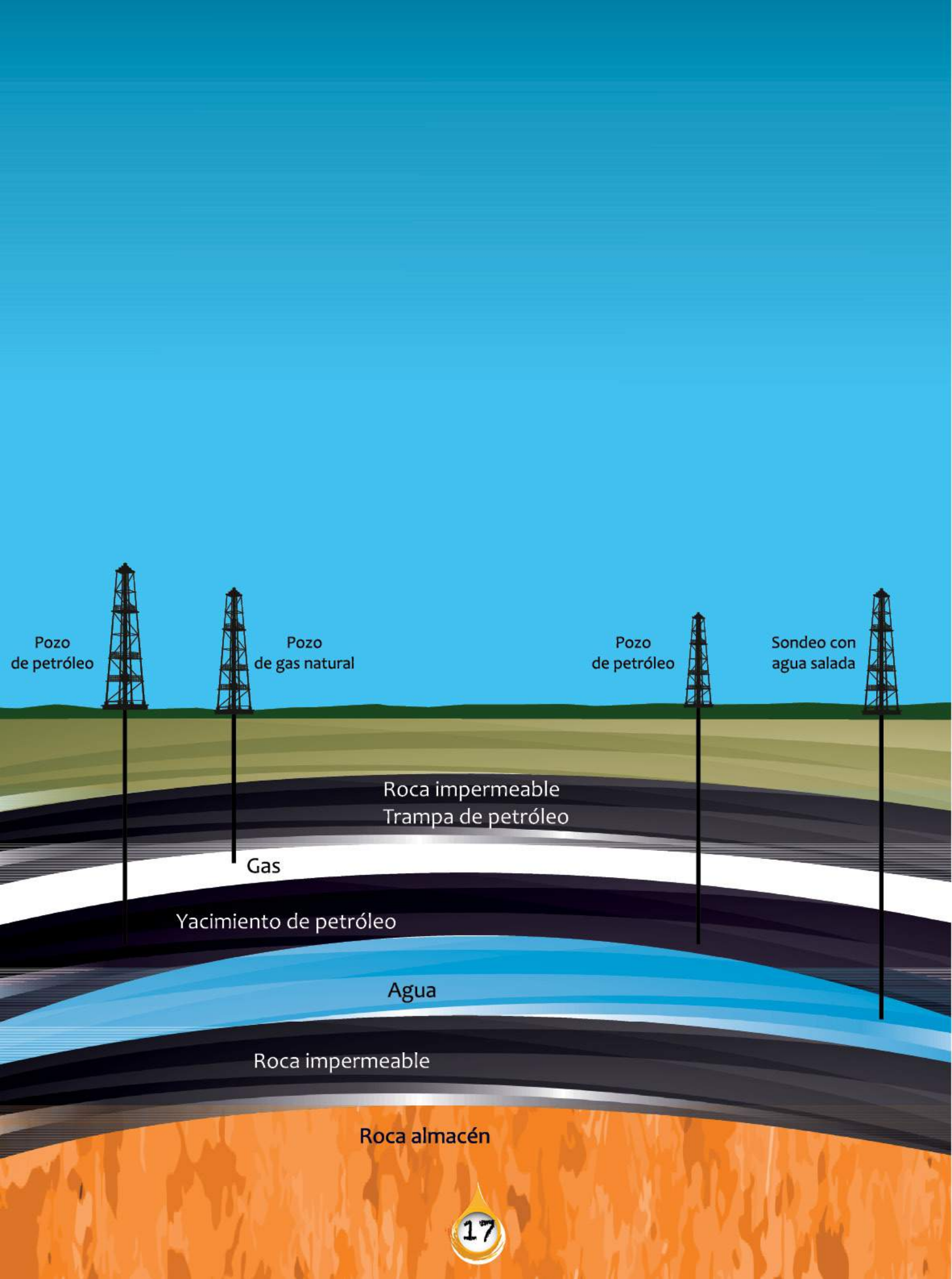
da por la fuerza de gravedad, y la función de la densidad de cada uno de ellos.

–Pero *Petro...* ¿por qué hablan de *yacimientos convencionales*? ¿Acaso existen otros?

–La respuesta es sí mi estimado Axel, éstos son los *yacimientos no convencionales*, en los cuales el gas natural y el aceite están contenidos en estratos o capas de roca poco porosa y de menor permeabilidad (areniscas muy compactas, lutitas, y capas de carbón mineral). A menor porosidad y permeabilidad, más complejas y agresivas son las técnicas requeridas para extraer gas o aceite, o sea, romper la roca para poder liberar los hidrocarburos y sacarlos, la técnica más utilizada es la de *Fracturamiento hidráulico*, la cual tiene características particulares.



Son pequeños organismos los que se quedaron depositados bajo muchas capas de tierra, y no como nos lo platicaban antes, que sólo eran los dinosaurios y plantas enormes los que se habían quedado enterrados en el fondo de la Tierra y de ellos se generaba el petróleo y el gas.



Pozo de petróleo

Pozo de gas natural

Pozo de petróleo

Sondeo con agua salada

Roca impermeable
Trampa de petróleo

Gas

Yacimiento de petróleo

Agua

Roca impermeable

Roca almacén

III. ¿Cómo deben de ser las rocas de un yacimiento?

—Ya conocimos los tipos de rocas que están involucradas en la formación de un yacimiento —decía alegremente *Petro*, mientras se frotaba la barbilla, con una mano y con la otra recogía una roca—, por lo mismo, es importante conocer

cuáles son sus características, así que a continuación te las diré:

—Deben ser *porosas*, o sea que pueden contener fluidos, esto depende de la cantidad de espacios vacíos o poros que existan entre los granos que la constituyen.



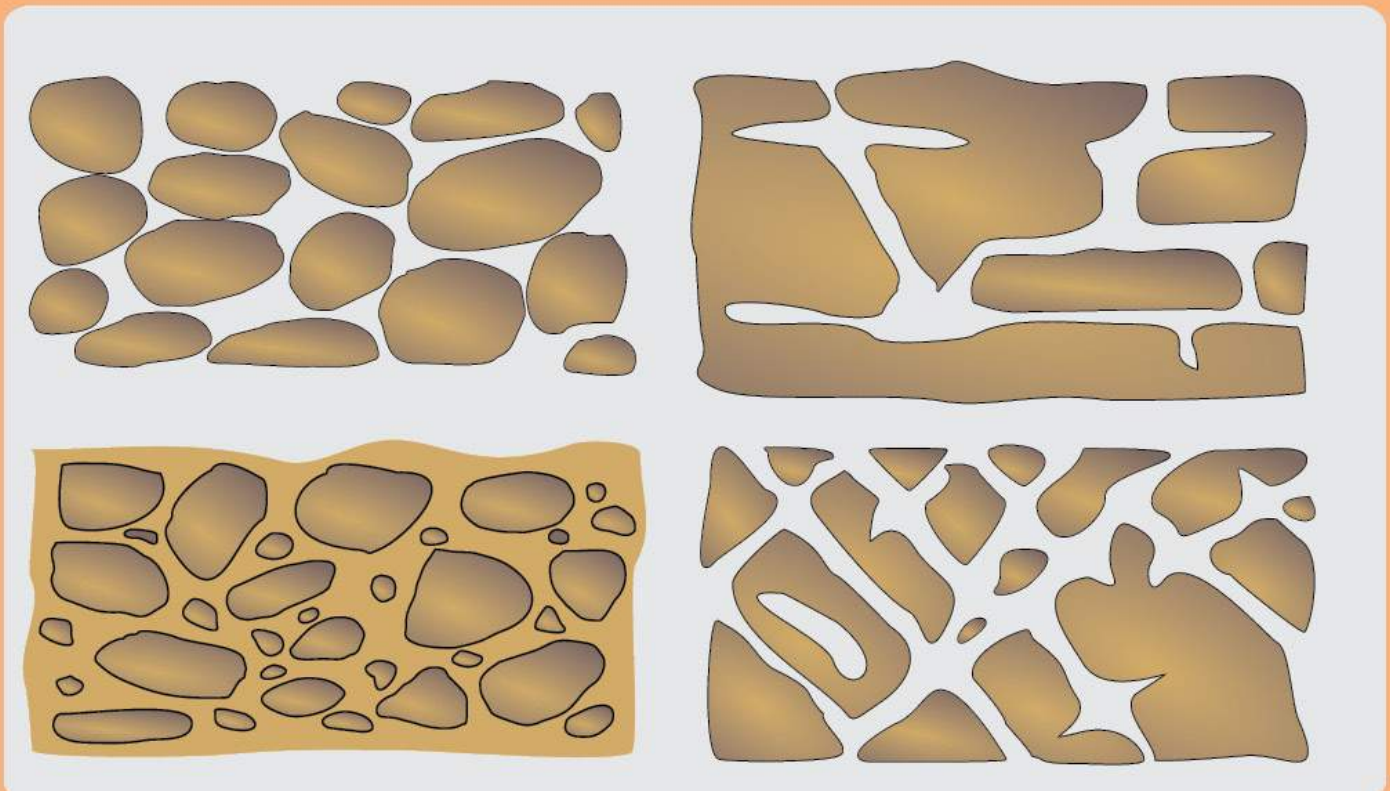
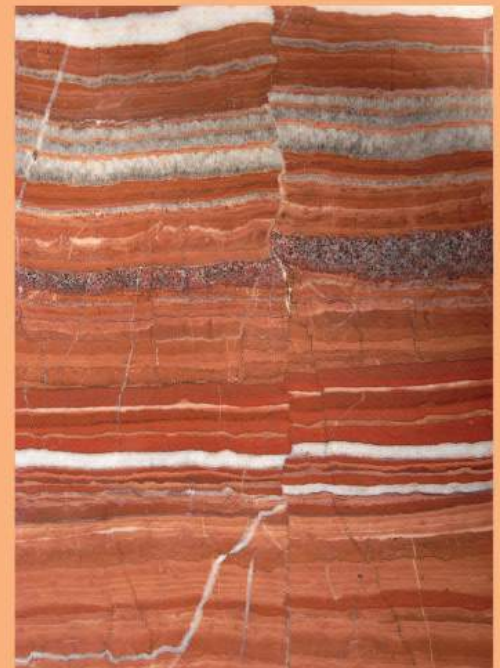
**AHORA
SABEMOS
QUE...**

Las rocas con mayor porosidad (por ejemplo: areniscas) tienden a ser rocas con mayor permeabilidad, en tanto que, rocas de menor porosidad (por ejemplo: lutitas) tienden a ser menos permeables.



- Asimismo, deben ser *permeables*, o sea, tienen que permitir el paso de los fluidos a través de los espacios (poros y fracturas) contenidos en la roca.
- Tendrán que ser *compresibles*, o sea, que

como se comprimen son capaces de cambiar de volumen debido a un cambio de presión. Toma otra tarjeta, en ella vienen unas imágenes, las cuales ejemplifican acertadamente lo que te acabo de decir.



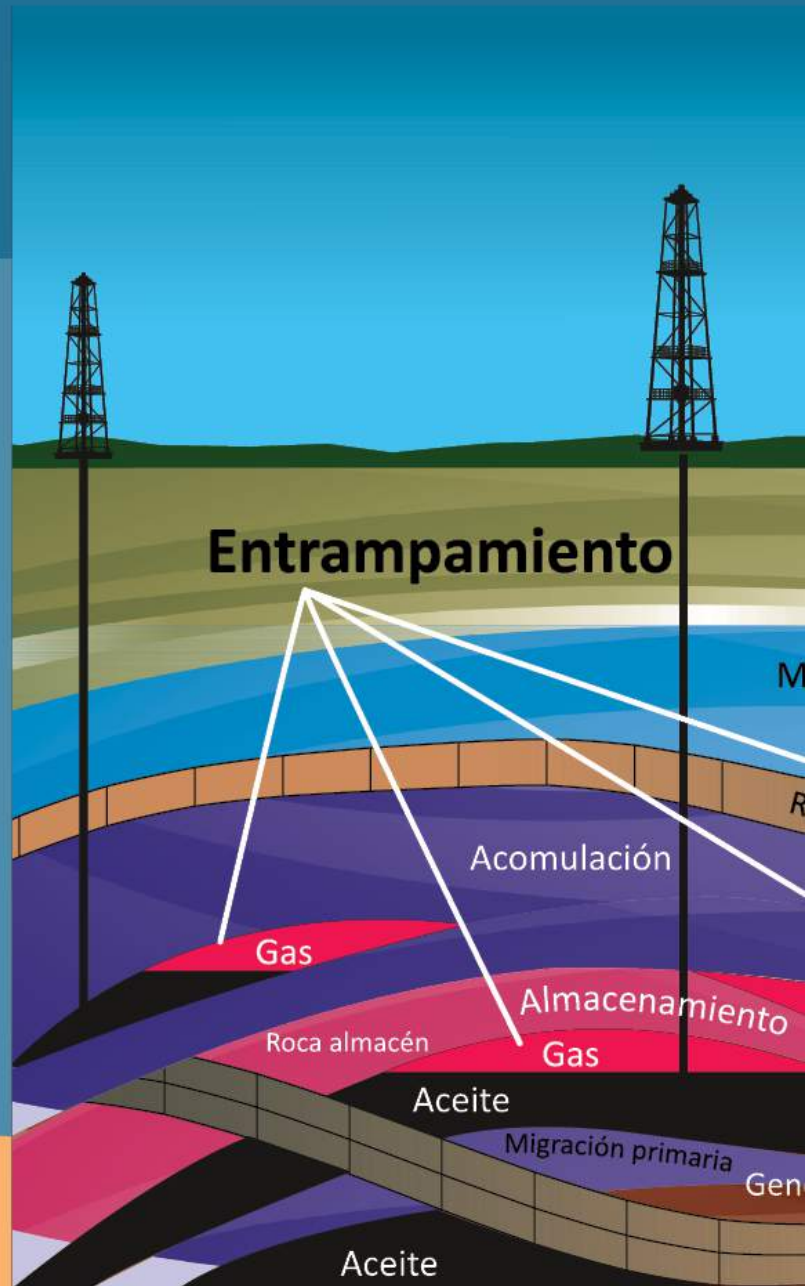
IV. Sistema petrolero

–Oye *Petro*, pues qué interesante se está poniendo todo esto, ¿qué sigue?

–Te voy a platicar acerca del Sistema petrolero.

–Éste es un sistema natural, el cual contiene todos los elementos y procesos geológicos esenciales para que un yacimiento de hidrocarburos exista en la naturaleza. Toma otra tarjeta para que lo entiendas aún mejor.

–Amigo *Petro*, venías bien preparado, traes tarjetas para todo, esto me facilitará todavía más entender las cosas, y a lo mejor, hasta se las puedo explicar a mis papás y a mis amigos.



Elementos

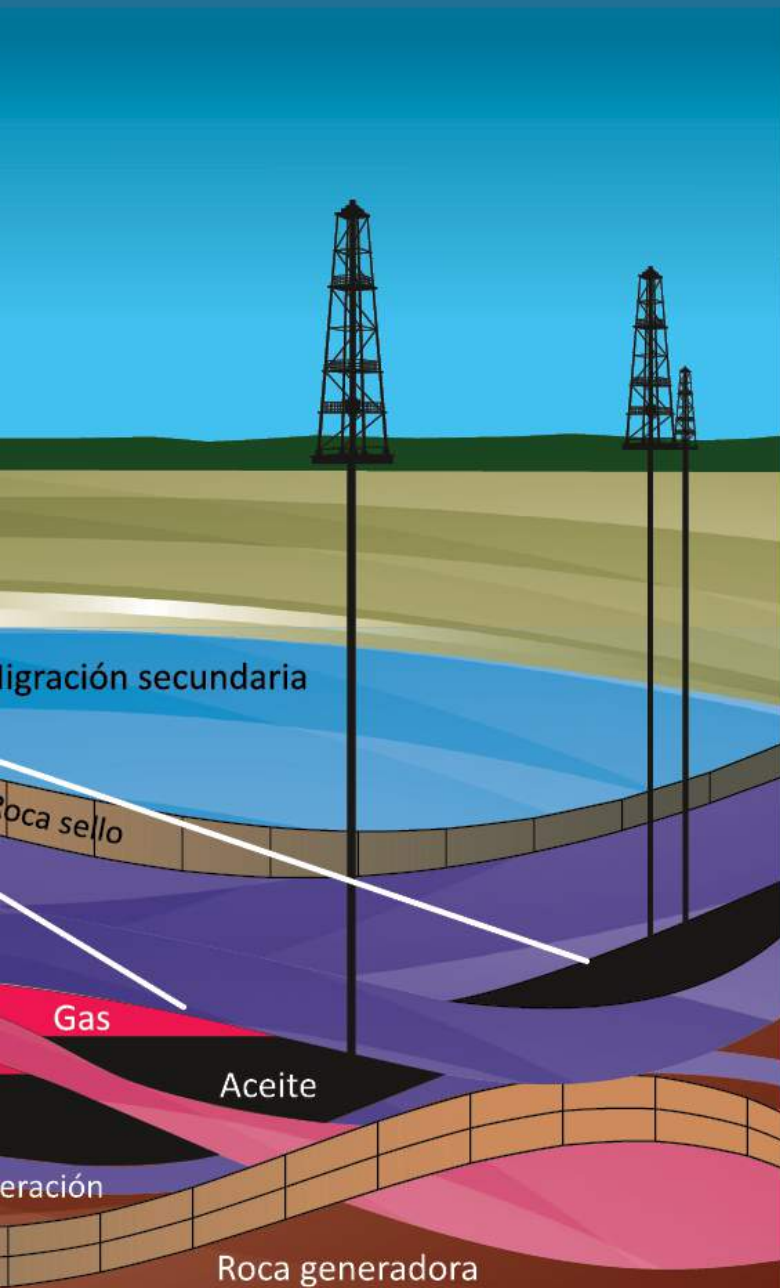
- ✓ Roca generadora
- ✓ Roca almacén
- ✓ Roca sello

Procesos

- ✓ Generación
- ✓ Migración local de hidrocarburos; y Almacenamiento
- ✓ Entrampamiento
- ✓ Acumulación

–Como puedes ver amiguito, la secuencia es entonces: generación de hidrocarburos, migración local de hidrocarburos y almacenamiento, entrapamiento y acumulación, como lo vimos antes.

Asimismo, todos los elementos deben darse en tiempo y espacio para que puedan ocu-



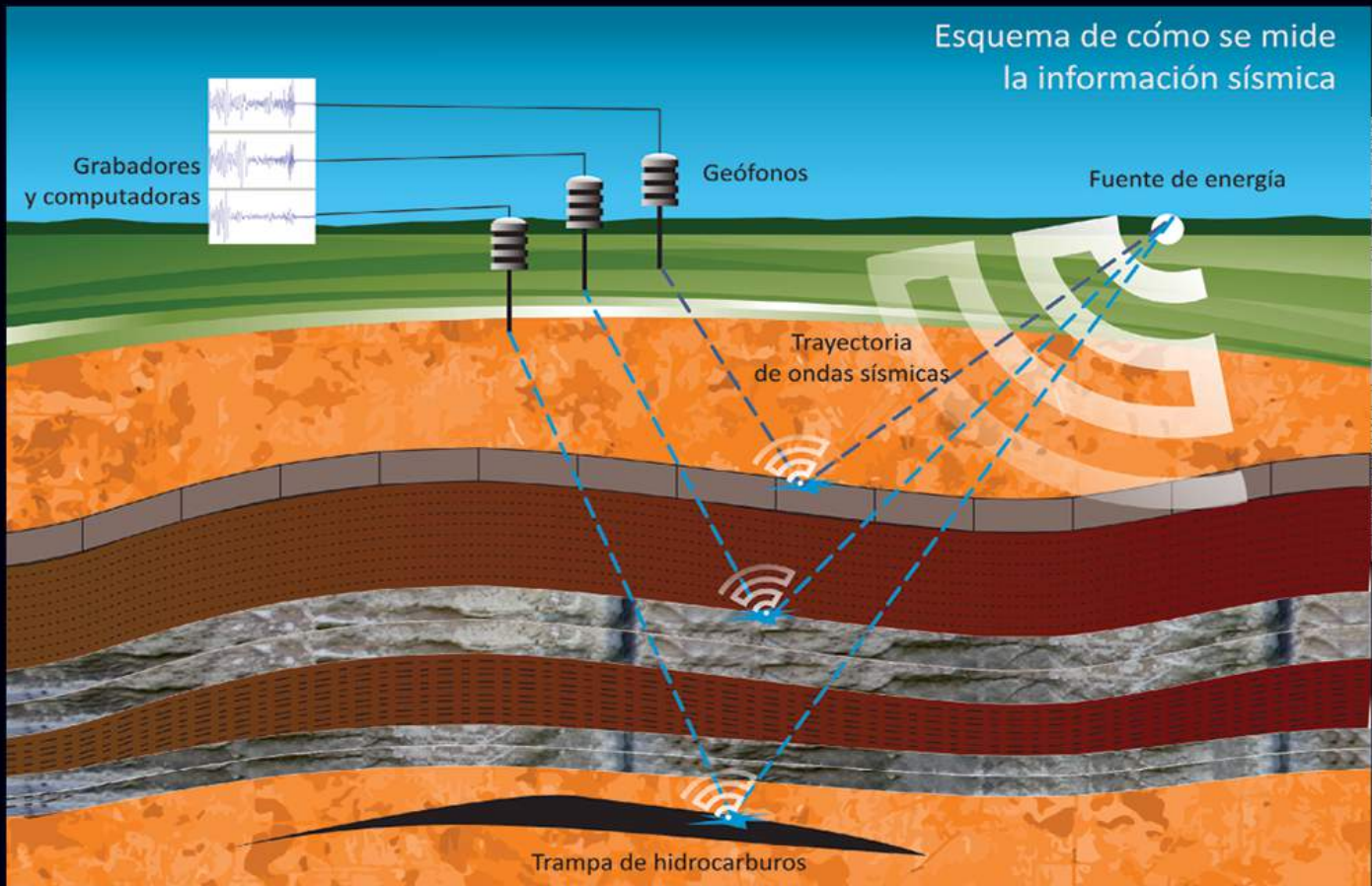
rrir todos los procesos que dan origen a la formación de hidrocarburos, a esto se le llama **Sincronía**, la cual veremos más adelante. La ausencia de uno solo de los elementos o procesos elimina la posibilidad de tener un yacimiento de petróleo o de gas natural.

¿Cómo es la migración del gas?...

Ésta obedece a reglas diferentes que las del petróleo, en este caso, el paso en solución dentro del agua tendría un rol importante. La solubilidad del metano, por ejemplo, aumenta rápidamente con la presión, pero disminuye con la salinidad del agua. La migración del gas también se produce por difusión molecular; es decir, los hidrocarburos migran gracias al movimiento natural de las moléculas.



Esquema de cómo se mide la información sísmica



–Axel, hay un punto que me gustaría destacar y no es que los demás no sean importantes, pero a éste debemos ponerle especial atención, se trata de la *sincronía*, ésta se da cuando ocurren los elementos y procesos en un mismo tiempo y espacio.

–Claro, –interrumpí– fue cuando dijiste que si estaba ausente alguno de los elementos o procesos no existirían los yacimientos, ¿me equivoco?

–Para nada, muy bien; pero pon atención, aquí el concepto *sincronía* no es simultáneo, sino secuencial, o sea que, no se hace al mismo tiempo sino que va paso a paso. Así por ejemplo, si la *trampa* se forma después de la *generación* y *migración*, seguramente los hidrocarburos migrarán hasta la superficie, porque

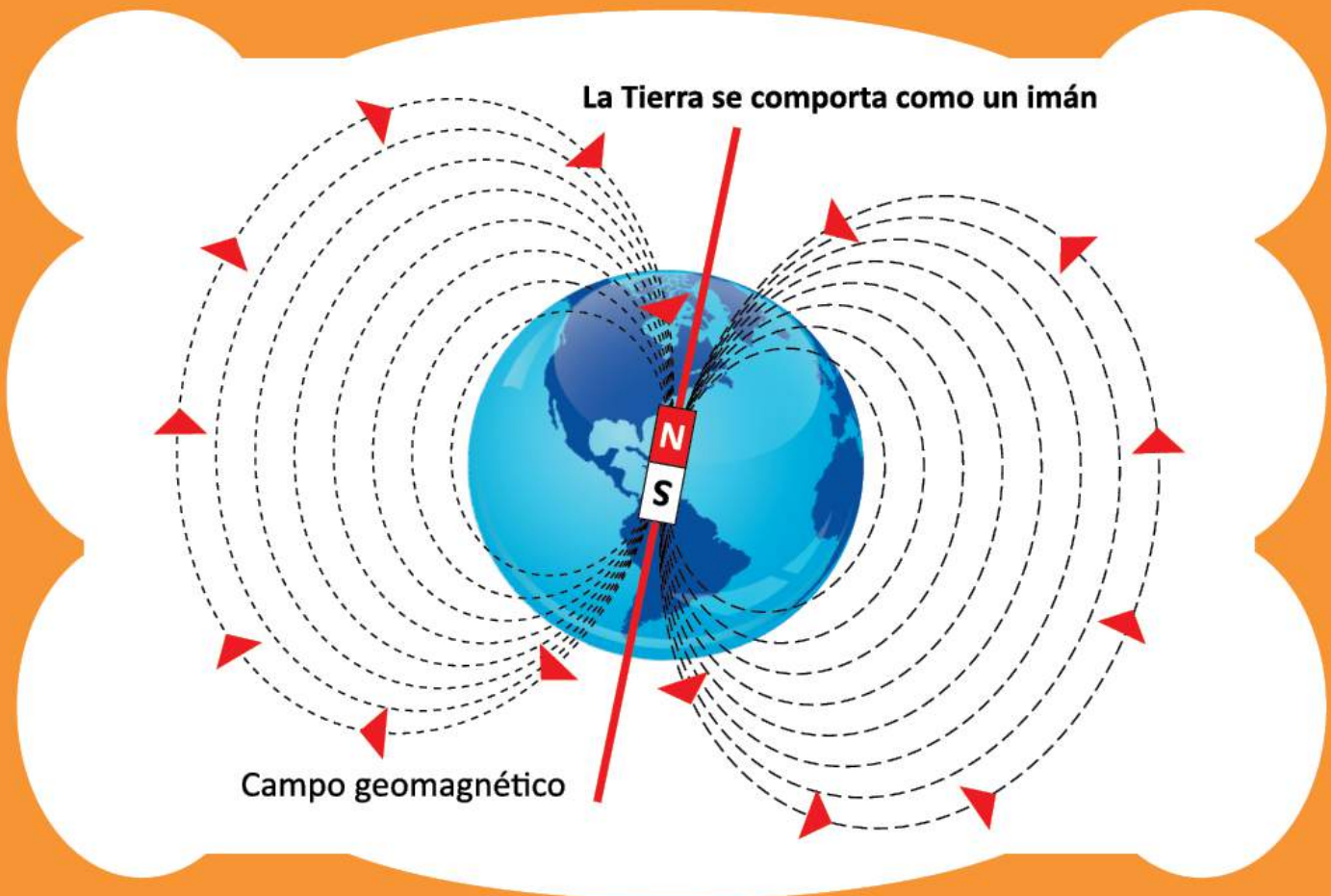
no habrá trampas que los *almacenen*. Para el caso que nos ocupa, o sea, el del Sistema petrolero nos referimos a la relación espacio-tiempo de los elementos (roca generadora o madre, roca almacén y roca sello) y de los procesos geológicos (*generación, migración, almacenamiento, entrapamiento* y *acumulación*) relacionados con los yacimientos de hidrocarburos. ¿No te has perdido, verdad?

–¡Qué va!, cada vez entiendo más.

–Correcto. Entonces, cuando se dice contundentemente que hubo *sincronía*, significa que las *rocas almacén* y *sello* ya existían cuando los hidrocarburos se crearon y migraron desde la roca generadora. Así las cosas, nos debe quedar claro que... si no hay formación de hidrocarburos no existiría el Sistema petrolero.

Esquema del campo gravitacional





Al terminar *Petro*, de decir esto, me saltó una pregunta, ¿cómo se las ingeniaba el ser humano, bueno, más bien los ingenieros, los arqueólogos, geólogos y geofísicos, quienes estudian el impacto ambiental y todos los profesionistas involucrados en el tema, para encontrar los yacimientos? Así se lo hice saber a mi amigo.

–Axel, ¡qué perspicaz eres! Esa es una buena pregunta. Te responderé de la forma más sencilla posible. Para descubrir petróleo no se puede aprovechar ninguna propiedad física del mismo, ¿qué se hace entonces? se buscan estructuras geológicas capaces de actuar como almacenes petrolíferos. Sólo con datos geofísicos no puede decidirse si los cuerpos por ellos señalados corresponden o no a yacimientos. Sin em-

bargo, si combinamos éstos con datos geológicos e información de otro tipo, así como con la experiencia adquirida, podremos con frecuencia tener mayor probabilidad de encontrar el yacimiento buscado. Se puede decir que encontrar recursos minerales como el petróleo y el oro, entre otros, se podría realizar usando la relación que existe entre la Luna y la Tierra (campo gravitacional), el campo geomagnético (la Tierra se comporta como un imán) y la propagación de ondas sísmicas (como las que ocurren cuando se produce un terremoto). También el movimiento de cargas eléctricas (como las que producen la luz) permite identificar estos recursos, los cuales son importantes desde el punto de vista económico.

V. Yacimientos de acuerdo con el tipo de *nuevos amigos* que guardan

—Amigo Axel, es importante saber que de manera general los fluidos se clasifican como gases y líquidos, todo depende de la presión y temperatura a los cuales se someta en los yacimientos.

—Existen *yacimientos de bitumen* que es materia orgánica inflamable natural formada a partir del querógeno. *Yacimientos de aceite y gas asociado*, en éstos el aceite y el gas están en el mismo yacimiento, pero el gas está disuelto; dentro de esta clase existen los *bajo-saturados* en donde todo el gas se encuentra disuelto en el aceite, y los *saturados*, en donde sólo una parte del gas está disuelto en el aceite y la otra se encuentra libre en el *casquete*; y por último, tenemos los *yacimientos de gas no asociado*, en éstos, los hidrocarburos se encuentran en fase gaseosa a las condiciones originales de presión y temperatura, en esta categoría tenemos los *de gas seco*, los cuales producen esencialmente gas metano, *de gas húmedo*, quienes producen en su mayoría gas metano, con una pequeña proporción de hi-

drocarburos líquidos, y al final, los *de gas y condensado*, que producen gas metano, pero tienen altas producciones de hidrocarburos ligeros.

—Oye *Petro*, y en México ¿cuáles tipos de yacimientos hay?

—Otra buena pregunta mi Axel, te respondo: en los campos petroleros de México se cuenta con toda la gama de yacimientos existentes: aceite negro (*bajo-saturado*), aceite volátil (*saturado*), gas y condensado, gas húmedo y gas seco. Y ten siempre en claro que, si hablamos de hidrocarburos es conveniente pensar que vapor y gas son sinónimos, al igual que aceite y petróleo.



-¿Pues entonces te tengo otra pregunta?
¿Cuál es el yacimiento de petróleo más grande de México y del mundo?

-Eres un pillo, ¿crees que no lo sé?

-Por supuesto que no lo creo, es más debe de ser una pregunta muy fácil para ti, ¿o no?

Petro sólo sonrió y me mesó el cabello con la mano izquierda; rocas, agua, fuego, gas, aceite, vapor y petróleo eran testigos mudos de esta escena, acto seguido

comenzó a decir: “en la zona marina, es el Campo Cantarell. Cuenta la historia que fue el pescador Rudesindo Cantarell en 1971, quien reportó una gran mancha de aceite en el mar, a 80 kilómetros de la costa, en la Bahía de Campeche, lo cual llevó a los ingenieros



de México, al descubrimiento del campo en 1976. Esta reserva se formó durante el periodo Cretácico, a partir del impacto del asteroide que creó el Cráter Chicxulub. Este campo está constituido por los campos Nohoch, Chac, Akal, Kutz, Ixtoc y Sihil. Este complejo es una ciudad en el mar con todos los servicios que hay en tierra.”

–Te quiero hacer una confesión, *Petro*.

–Tú dirás.

–Creo que lo único que he oído en mi vida acerca del petróleo es que hablan de barriles, ¿me podrías decir a qué se refieren? Pues no tengo ni idea.

–Axel, has resultado un buen alumno, pero lo que más me gusta es que eres bastante curioso y eso es muy bueno, nunca te quedes con las ganas de preguntar cuando quieras saber algo, la curiosidad y la imaginación son muy buenas compañeras para niños como tú. Ahora te responderé: un barril de petróleo crudo equivale a 159 litros y México produjo 2 millones 80 mil barriles de crudo diariamente en el 2015. Así que, para obtener un litro de gasolina se necesitan entre 2.4 y 2.8 litros de crudo. Si hacemos el cálculo, vemos que de un barril de petróleo se pueden extraer entre 56.7 y 66.24 litros de gasolina comercial. ¿Cómo ves?

–Pues cómo lo he de ver... muy bien, ¿no?

ES INTERESANTE QUE SEPAS LO SIGUIENTE...

¿Cuál es el yacimiento de petróleo más grande del mundo?

La Faja Petrolífera del Orinoco, es la fuente de reservas de hidrocarburos líquidos más grande del mundo, comprende una extensión de 55,314 km² y un área de explotación actual de 11,593 km², ubicada en Venezuela.



VI. ¿Cuántos yacimientos distintos habrá?

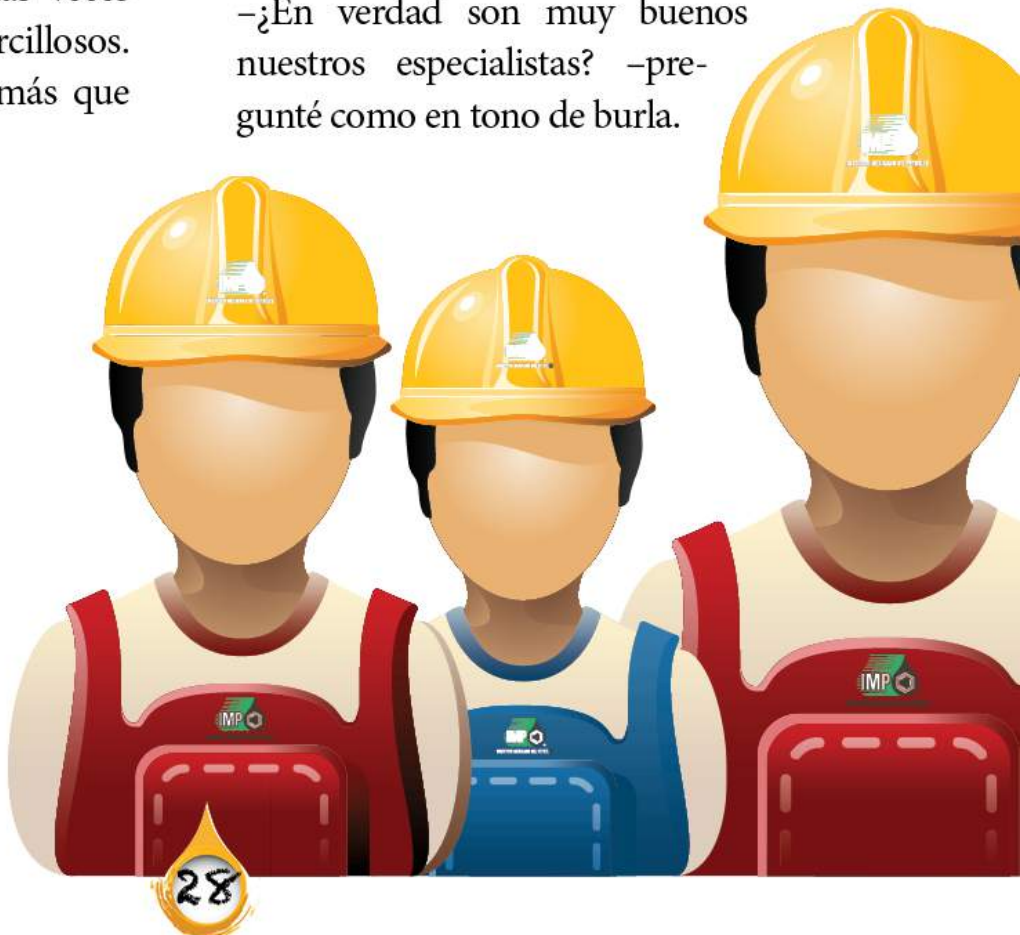
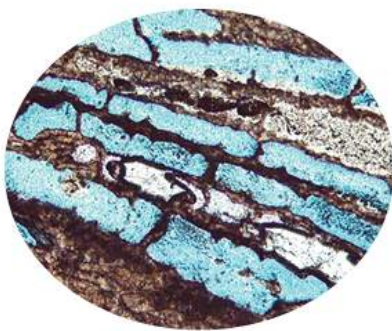
–**P**etro, por lo visto hasta aquí, me imagino que hay distintos tipos de yacimientos, ¿no es así?

–Así es Axel. Comenzaré a platicarte respecto a ellos. Existen los *yacimientos arcillosos-arenosos*, compuestos de suelo arcilloso y de textura fina. Esto les permite que retengan una mayor cantidad de agua y nutrientes. Por tener baja porosidad, son suelos que no ventilan bien. Pero como también tienen suelo arenoso de textura gruesa, pueden tener una gran ventilación, o sea, los suelos se equilibran.

–Amigo, te debe quedar claro –proseguía entusiasmado Petro– que muchas veces el petróleo se forma en fangos arcillosos. La arcilla se puede comprimir más que

la arena. Al compactarse, los fluidos petrolíferos y el gas son empujados fuera de la arcilla, o sea, hacia las capas arenosas. En la arena se realiza la separación por gravedad. Asimismo, debes saber que las pequeñas burbujas de gas son las que empujan las gotitas de petróleo hacia arriba. Aunque no lo creas Axel, la exploración y explotación en yacimientos areno-arcillosos no es nada fácil de realizar, un ejemplo es la porosidad y permeabilidad en el caso de Chicontepec aquí en México, pero nuestros especialistas son de los mejores en el mundo y logran cumplir cabalmente su trabajo.

–¿En verdad son muy buenos nuestros especialistas? –pregunté como en tono de burla.



Petro se me quedó mirando muy solemne, a tal grado que me sentí incómodo. Traté de sonreír para romper el hielo, pero ni con todo el calor que hacía acá abajo se pudo.

–Era una simple broma *Petro*, no es para tanto.

–Pues en este tema nada de bromas, todo este tiempo te he estado hablando muy seriamente, ¿de acuerdo?

–De acuerdísimo, prometo no volver a *vacilar* acerca del tema.

–Así está mejor y sí es bueno *vacilar*, a mí me gusta hacerlo, pero para todo hay tiempo y lugar.

–Entonces ¿no estás enojado conmigo?

–Qué va, para nada, sólo que siempre que ponen en duda la capacidad de mis amigos y compañeros especialistas, me saco de onda, porque sí... son muy *fregones* en su trabajo. Ahora vengan esos cinco.

Chocamos las manos y seguí escuchando a *Petro*.

–Ahora te contaré con respecto a los *yacimientos carbonatados*, éstos contienen rocas sedimentarias, principalmente de carbonato de calcio, cuyo origen es el ambiente de los depósitos marinos y están compuestos de residuos de organismos que vivieron allí hace millones de años: huesos, algas, corales, conchas, microorganismos, entre otros. ¿Te suena conocido esto? –me preguntó pícaramente *Petro*.

–Ya lo creo que sí. Me lo dijiste muy al principio. ¿Crees que no te estoy poniendo atención?

–Nada de eso, sólo te pregunto para ir en orden. Ahora, entremos a hablar de los *yacimientos naturalmente fracturados*, ¿te parece?; éstos se definen como aquellos cuya producción está influida por la presencia de fracturas en las rocas. La mayor proporción de los hidrocarburos producidos en México proceden de este tipo de yacimientos, los cuales tuvieron su origen en el período Cretácico, o sea, que existen desde hace 145 millones de años.



–Nos toca hablar ahora de los *yacimientos de aceite pesado*, –comentó *Petro* mientras con las brazos en jarras hacía la mímica de estar cansado– éstos se consideran de los más importantes, pues se asocian a ellos las reservas de hidrocarburos más grandes del planeta, aproximadamente existen 6 trillones de barriles de petróleo pesado en sitio, lo que es equivalente al triple de las reservas de petróleo y gas convencional. ¡No pongas esa cara! ¡Claro que me imagino lo que estás pensando!: “¡*Petro* eso debe ser muchísimo!” Sí mi amigo, es una cantidad *grandisísima* de hidrocarburos. Por este hecho los estudios de yacimientos de petróleo pesado son de gran importancia, entre éstos encontramos:

- ◆ La Faja Petrolífera del Orinoco, en Venezuela.
- ◆ Arenas petrolíferas de Athabasca, en Alberta, Canadá.
- ◆ Campo Kern River, en California, Estados Unidos de Norteamérica.

◆ Campo Duri, en Sumatra, Indonesia.

–Estimado Axel, es importante saber que nuestros *nuevos amigos* en sus formas *de crudos pesados y extra-pesados* son las mayores reservas que existen en el mundo. Es por ello que, los especialistas en el tema petrolero trabajan en mejorar e innovar, la finalidad es explotar de la mejor manera posible estas enormes reservas.

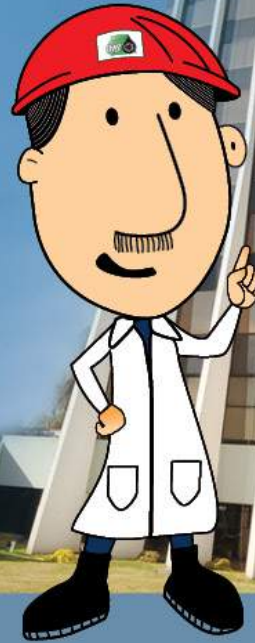
–¡Uf, cuánta información! Pero qué requetebién la explicas mi estimado *Petro*, hasta dan ganas de estudiar acerca de todo esto –dije realmente convencido de ello.

–Con toda sinceridad Axel, contéstame: ¿Te gustaría ser uno de esos científicos dedicados a la investigación petrolera?

Asentí moviendo la cabeza de arriba hacia abajo.

–Pues pregunta, ¿en dónde puedes estudiar las carreras que se especializan en ello? Yo te podría dar algunas pistas, pero sería mejor que tú, por tu cuenta, investigaras.





Por último, te hablaré de los *yacimientos en aguas profundas en México*, probablemente no sepas, bien a bien, que en nuestro país la explotación de nuestros *nuevos amigos* (el petróleo y el gas) es una industria fundamental para el bienestar de todos los mexicanos. Los trabajos de exploración llevados a cabo por Petróleos Mexicanos (Pemex) por más de setenta años han permitido calcular el potencial petrolero de México e identificar, a partir de información geológica y geofísica, las principales cuencas petroleras. Se cree que bajo aguas profundas mexicanas en el Golfo

de México hay treinta mil millones de barriles de crudo. En los últimos cinco años, se han perforado algunos pozos más en dicho golfo, con profundidades de entre quinientos y mil metros. Ninguno de ellos ha sido desarrollado, por lo que en ninguno hay producción comercial.

Petro tomó aire y me miró fijamente mientras me lanzaba la siguiente pregunta: ¿No me digas que no te gustaría trabajar en saber dónde se encuentran y cómo extraer los hidrocarburos?, pues averigua en cuáles instituciones lo podrías hacer.

VII. ¿Dónde se encuentran guardados nuestros *nuevos amigos*?, y ¿cuántos litros y metros cúbicos serán producidos?

—Te prometo *Petro* que así lo haré, pero ahora continúa. Esto cada vez se pone más interesantísimo.

—Muy bien. Pues te diré que los principales yacimientos de petróleo y gas natural en México son:

De petróleo: Complejo Cantarell, Complejo Proyecto Aceite Terciario del Golfo (Chicontepec), Antonio J. Bermúdez, y Ku-Maloob-Zaap.

De gas natural: Aceite Terciario del Golfo (Chicontepec), Litoral de Tabasco, Cuencas del Sureste, Cuenca de Burgos y Cuenca del Golfo de México Profundo.

—Si quieres saber la cantidad de litros y metros cúbicos que existen guardados en nuestro subsuelo y mar, y que se prevé serán recuperados comercialmente mediante la aplicación de proyectos de desarrollo, de acumulaciones conocidas, desde una cierta fecha en adelante, bajo condiciones definidas; debes de preguntar con propiedad... así dirás ¿cuántas son las reservas de nuestros hidrocarburos?, ¿está claro?

—Como el agua. Señor *Petro*, ¿cuántas reservas de nuestros *nuevos amigos* tenemos en México?

—Muy bien, aprendes rápido. Pero antes de darte esos datos, te diré que, para ser





consideradas así, las reservas deben satisfacer cuatro criterios:

Deben estar descubiertas;

Ser recuperables;

Comerciales y;

Mantenerse sustentadas (a la fecha de evaluación) en un(os) proyecto(s) de desarrollo.

–Asimismo, te hablaré de los distintos tipos de reservas, éstos son: las *reservas probadas*, las cuales son las cantidades de petróleo que, mediante distintos análisis puede decirse que su existencia está comprobada en yacimientos conocidos y que se pueden recuperar para ser ven-

didadas, todo ello a partir de una fecha exacta y bajo las condiciones económicas actuales, métodos de operación y regulaciones gubernamentales.

–Esto quiere decir –pregunté con alguna duda– ¿que los profesionales que se dedican a ello, están completamente seguros que esas cantidades de nuestros *nuevos amigos* existen y se pueden vender?

–¡Vaya que eres listillo!, así es precisamente.

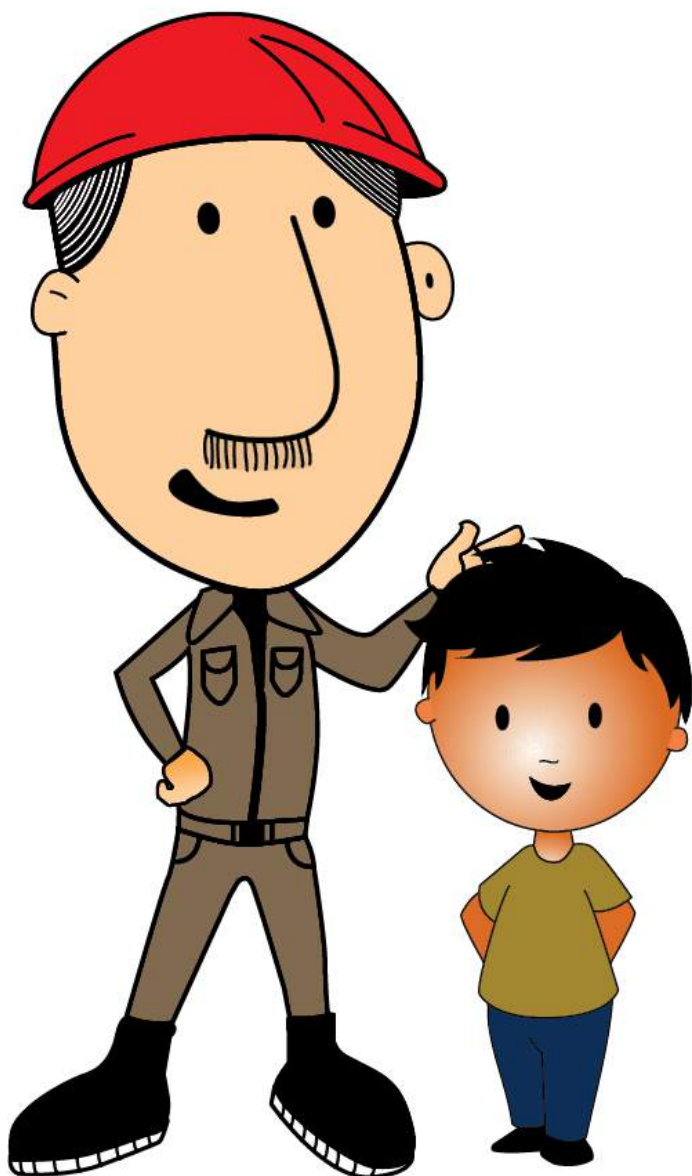
–Ahora pasemos a hablar de las *reservas probables*, éstas son aquellas no probadas y que el análisis de datos hechos por los profesionales del ramo indican que

son menos factibles a ser recuperadas que las *reservas probadas*, pero más seguro de ser recobradas que las *reservas posibles*.


–Esto quiere decir –volví hablar, pero ahora con un poco de más seguridad– que existe una probabilidad de que algún día se recuperen, pero tienen más *chance* que las otras, de las cuales sólo existe alguna posibilidad de ser recuperadas, ¿es así?

–¡Correcto! Me da gusto Axel que estés poniendo tanta atención.

–Te repito *Petro*, todo esto es porque eres un excelente maestro.



–Ya, ya, que me lo voy a creer. Querías saber ¿cuántas reservas de tus *nuevos amigos* tenemos en México y en dónde se encuentran? A continuación platicaremos del panorama que presenta nuestro país y el cual traigo en unas tarjetas más, es muy conveniente que sepas que los datos que contienen dichas tarjetas, y que son actuales, los tomé de un libro elaborado por Pemex:




Las reservas probadas al primero de enero del 2015 de hidrocarburos ascendieron a 13 mil 017 millones de barriles de petróleo crudo equivalente (MMbpce).

Del total de reservas probadas, 8 mil 490 MMbpce, o 65%, son desarrolladas, es decir, reservas que se espera sean recuperadas de pozos existentes.

Un 72% de las reservas probadas de crudo se ubican en regiones marinas, en tanto que el 28% restante en campos terrestres. Por otra parte, el 56% de las reservas probadas de gas natural se ubica en campos terrestres y 44% en campos marinos.

Las reservas probadas no desarrolladas, es decir, los volúmenes que requieren de pozos e infraestructura adicional para su producción, ascienden a 4 mil 527 MMbpce, o 35% de las reservas probadas.



–*Petro*, por supuesto que no sé mucho o casi nada de todo esto, pero hasta para un niño como yo, estas cantidades me dicen que tenemos mucho petróleo y gas, ¿es así?

–Así es –me dijo mientras me acariciaba la cabeza– además debes de saber que para sumar el crudo y el gas; al gas se le aplica un factor que lo hace equivalente

en líquido. Ahora te platicaré acerca de las reservas probables y posibles, pero como te dije antes, también traigo estos datos en otra tarjeta, tómalala.

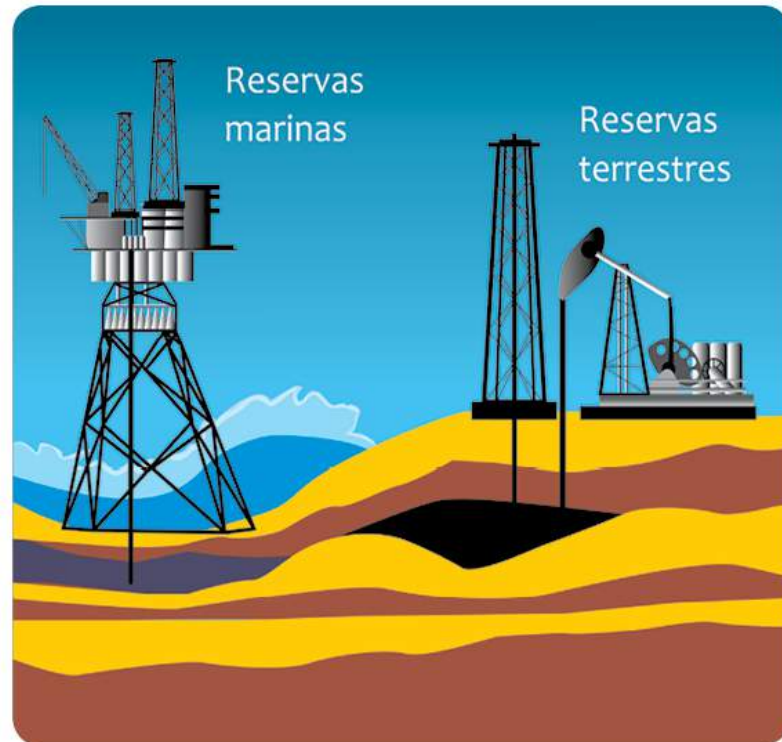
Las reservas probables alcanzan 9 mil 966 MMbpce. La agregación de éstas y las reservas probadas forman la reserva 2P, la cual asciende a 22 mil 984 MMbpce. Las reservas posibles alcanzaron 14 mil 421 MMbpce que, sumadas con las reservas probadas y probables integran una reserva 3P de 37 mil 405 MMbpce. Un 45% de la reserva posible se localiza en Chicontepec, mientras que 38% se concentra en las regiones marinas.

–¡Uff! Pues te repito, no sé nada de esto, pero sé sumar y cada vez tenemos más de nuestros *amigos nuevos*, claro, pero como ya lo dijimos antes, no hay mucha probabilidad de sacarlas de sus respectivos lugares. –Pero no dudes que se intentará y se logrará, ya lo verás. –Si tú lo dices. –Sigamos, ahora charlaremos de las reservas por tipo de fluido. Aquí tienes una tarjeta más.

Las de crudo se sitúan en 9 mil 711 millones de barriles (MMb), de los que 62% equivalen a crudo pesado, 29% a crudo ligero y 9% a crudo súper-ligero. Y las de gas natural alcanzaron 15 mil 291 miles de millones de pies cúbicos (MMMpc), de los que 65% corresponden a gas asociado (se producen con el crudo) y 35% a gas no asociado (proviene de yacimientos de gas).

–Petro, te debo confesar que conocer todo esto me parece muy interesante, pero también creía que sería muy aburrido, pero qué va, continúa.

–Axel, qué bueno que así te lo parezca, continuó con las *reservas marinas y terrestres*, de las cuales los mayores volúmenes de *reservas probadas* de crudo, equivalentes a 72%, se localizan en campos marinos; 28% restante se ubica en campos terrestres. Con respecto a las *reservas probadas* de gas natural de México, 56% se ubica en campos terrestres y 44% en campos marinos.



–¿Qué te parece Axel?, creo que sí tenemos bastante de nuestros *nuevos amigos*, ¿no crees?

–Vaya que tenemos y mucho.

–Pero ahí no para la cosa, nuestros profesionales del ramo, piensa en quienes laboran en Pemex y en el IMP, no de-

jan de trabajar, y es por ello que, aquí te entrego otra tarjetita en donde viene escrito en dónde y cuánta cantidad han descubierto de tus *nuevos amigos*.

Las Cuencas del Sureste

concentran 75 MMbpce en reservas 1P y 160 MMbpce de reservas 3P.

Cuenca de Burgos contiene 10 MMbpce en reservas 1P y 127 MMbpce de reservas 3P.

Cuenca del Golfo de México Profundo contiene 550 MMbpce en reservas 3P.

–Así las cosas mi estimado Axel, podemos ver que en lo que a reservas respecta, los resultados indican que la estrategia exploratoria de Pemex va por buen cami-

no, pues se han podido identificar nuevas reservas en las cuencas más productivas de crudo y gas no asociado, así como fortalecer la actividad exploratoria en aguas profundas. De esta manera sabemos que las Cuencas del Sureste continúan aportando el mayor volumen de nuevas reservas, corroborando con ello el gran potencial petrolero en Aguas Territoriales del Golfo de México y costa dentro.

–¿Esto quiere decir que los especialistas de Pemex y el IMP nunca dejan de trabajar?

–Podría decirse que así es, son muchísimas personas quienes trabajan en esas instituciones y lo hacen en distintos turnos, por ello parecería que nunca descansan. Pasemos ahora a hablar de los principales descubrimiento, ¿te late?

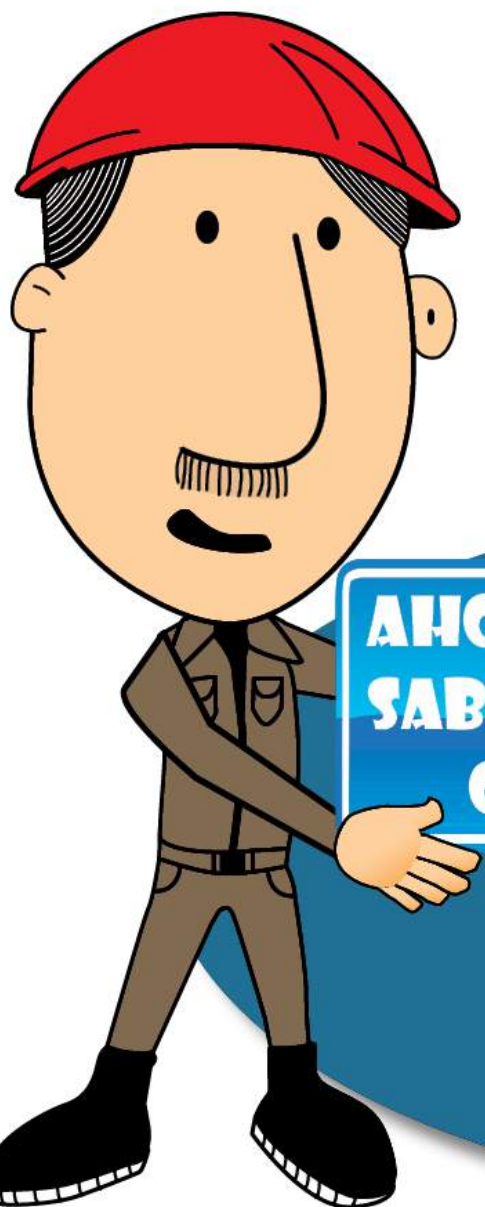
–Me late.



-Con la finalidad de obtener un mayor entendimiento del potencial petrolero, hace un año Pemex continuó enfocando esfuerzos exploratorios en Cuencas del Sureste, perforando los pozos Tlacame-1 (*crudo pesado*), Santuario-401 y Arroyo Zanapa-201 (*crudo ligero*). En *aguas profundas*, en el Cinturón Plegado Perdido, se perforó el pozo Exploratus-1. Asimismo, con los pozos Nat-1 y Hem-1 se continúa cuantificando el potencial de la provincia gasífera en el Cinturón Plegado Catemaco.

-Pues realmente nunca dejan de *cham-bear* estos amigos, ¿verdad *Petro*?

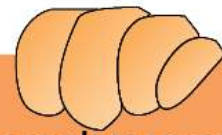
-Tú saca tus propias conclusiones.



**AHORA
SABEMOS
QUE...**

Rusia posee la mayor cantidad de reservas de gas natural del mundo, estimándose que dispone de alrededor de mil 688 billones de pies cúbicos de reservas probadas desde enero de 2013.

Esto representa, más o menos, una cuarta parte de las reservas de gas probadas totales del mundo. Es en Siberia donde están la mayor parte de dichas reservas.



¿Sabes cuáles son los mayores yacimientos de petróleo sin explotar?

Pues estos son:

Ferdows, Mound y Zageh, localizado en el Golfo Pérsico, frente a las costas del sur de Irán. Sus reservas calculadas son: 38 mil millones de barriles.

Kashagán, localizado en el Mar Caspio, frente a la costa de Kazajstán. Sus reservas calculadas son: 38 mil millones de barriles.

Qurna occidental, localizado en el sureste de Irak. Sus reservas calculadas son: de 15 mil a 21 mil millones de barriles.

Carioca (Pan de Azúcar), localizado en el Océano Atlántico, a 275 kilómetros de la costa de Brasil. Sus reservas calculadas son: 33 mil millones de barriles.

Aceite Terciario del Golfo (Chicontepepec), localizado en México, en el estado de Veracruz. Sus reservas calculadas son: 19 mil millones de barriles.



VIII. Cantidad de nuestros *nuevos amigos* en un lugar

–¿Y ahora qué sigue *Petro*?

–Ahora te contaré del volumen de hidrocarburos en sitio, o sea, en un lugar.

–Se escucha muy complicado, ¿qué es eso?

–Lo que te voy a contar lo leí en uno de los tantos documentos que hace Pemex. Trataré de explicártelo de la mejor manera posible, si algo se te atora me detienes y me preguntas, ¿de acuerdo?

–De acuerdo, pero no me espantes porque es difícil de explicar.

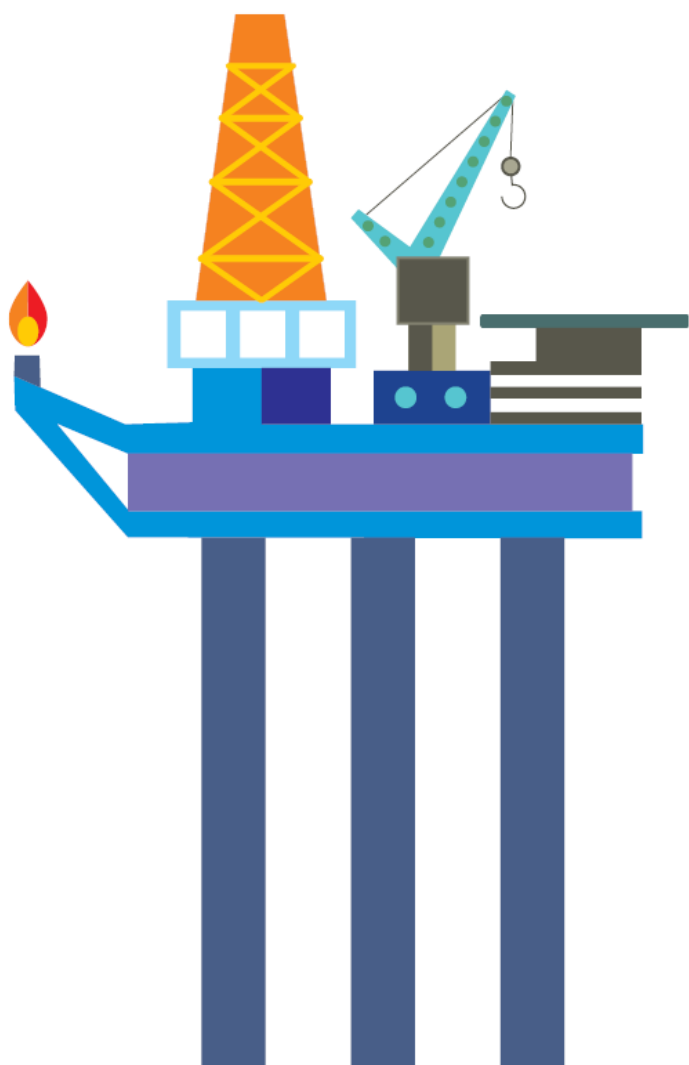
–Pues espero que no lo sea... comienzo.

El volumen original de hidrocarburos se define como la acumulación que se estima existe inicialmente en un yacimiento. Este volumen se encuentra en equilibrio, a la temperatura y presión prevalecientes en él.

–Perdón por interrumpirte, pero a ver si te entendí, ¿es la cantidad acumulada de nuestros *nuevos amigos* que se piensa se encuentra en un yacimiento?

–Ni más ni menos, así es efectivamente, prosigo.

–La cantidad de nuestros *nuevos amigos* puede evaluarse por medio de procedimientos determinados o probabilísticos. Los primeros incluyen principalmente a los métodos volumétricos, de balance de materia y la simulación numérica, éstos son utilizados por los profesionales, por supuesto que sería muy largo y difícil tratar de explicarlos. Los segundos modelan la probabilidad de parámetros como porosidad, saturación de agua, espesores netos, entre otros, igual que los anteriores son trabajos exclusivos de los ingenieros.



–¿Tienes alguna duda?

–Creo que no.

–Entonces pasaremos a hablar de las cantidades, como tú dices, de nuestros *nuevos amigos*, pero partiendo del concepto moderno de la administración de yacimientos petroleros en el mundo, el cual requiere primeramente de un conocimiento inicial de los volúmenes (cantidades) de aceite y gas que se encuentran en el subsuelo, conocido como el volumen original de *Aceite in-situ* (OOIP, por sus siglas en inglés) o el volumen original de *Gas in-situ* (OGIP, también por sus siglas en inglés) del yacimiento o yacimientos que se quieren explotar. Además de eso, debemos saber cuánto de esos nuestros *nuevos amigos* se pudiera pensar, podrían considerarse como *reservas probadas*. Este asunto se debe conocer lo más rápido posible ya sea en el campo o yacimiento, y obvia decir, que antes de tomar decisiones tan importantes de cómo se van a desa-

rollar y producir. Es decir, se requiere, indiscutiblemente, tener un conocimiento preciso de dichos valores que contiene un yacimiento, para de esa manera poder diseñar una estrategia de explotación, todo esto dependerá de las características geológicas que tenga el yacimiento y de ingeniería petrolera.

–¿Entendiste?

–Creo que sí. Es saber a ciencia cierta qué cantidades hay, qué se puede producir, y por último, cómo separar y vender a nuestros *nuevos amigos*.

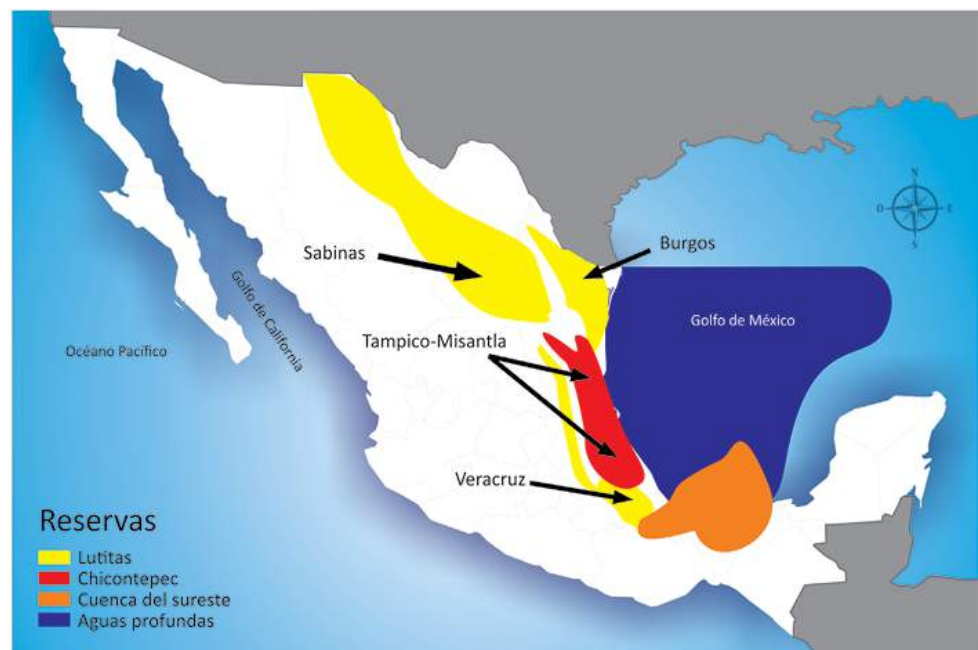
–Correcto.

–Gracias *Petro*, –dije e hice una reverencia hacia él– te repito: eres un magnífico maestro.

–Ya, ya, ya, ¿sabes lo que es acumular?

–¿Almacenar, atesorar o tener reservas de algo?

–En este caso es esto último, te explico, pero no sin antes comentarte que lo que te voy a decir ahora lo leí en una revista editada por la UNAM. Las acumulaciones o



reservas de hidrocarburos descubiertas pueden ser comerciales o no, recuperables o no, a la producción obtenida de los campos explotados o en explotación, así como también a los volúmenes (cantidades) estimados en los yacimientos que podrían ser descubiertos.

–¿Qué interesante es todo esto? –dije, realmente satisfecho– pero sin dejar de preguntarle una cosa más a *Petro*. ¿Así que tú te la pasas leyendo e informándote en cualquier cantidad de documentos, libros, revistas, etcétera, etcétera?

–Me descubriste. Eso es lo que hago, de otra manera no podría tratar de explicarte de la mejor manera posible todo lo que hemos charlado.



–Pues muchas, *de adiveritas*, muchas gracias –dije y me abalancé sobre *Petro* para darle un abrazo.

Después de separarnos del mismo él habló:

–Estimado Axel, hemos llegado al final de nuestro viaje por *El Fascinante mundo de los yacimientos petroleros*, ¿te gustó?, en verdad ¿no tienes dudas?

–Creo que no, pero si me surgieran ya sé dónde encontrarte, fue un placer conocerte *Petro*.

–El gusto ha sido todo mío. Sólo te quiero dar un último dato acerca del volumen de nuestros *nuevos amigos* producido en México. Apenas en el 2014, la producción alcanzó un promedio por día de 2 millones 429 mil barriles de crudo y 6 mil 532 millones de pies cúbicos de gas natural que corresponden a una producción acumulada anual de 1,291 MMbpce.

Nuevamente volví a lanzarme a los brazos de aquel entrañable compañero de viaje, pero sobre todo... un querido y excelente maestro y guía.

Había leído en el libro de Julio Verne que el científico islandés hizo un viaje al *Centro de la Tierra* y regresó como si nada, no lo creí, me parecía imposible. Pero yo, aunque imaginariamente también había realizado ese viaje, y por supuesto que no regresé como si nada, muy al contrario, volví con muchos conocimientos enseñados por mi gran amigo *Petro*, pero sobre todo, con el *gusanito* de seguir aprendiendo, aún más, acerca de *El fascinante mundo de los yacimientos petroleros*.

Amigos, este libro es el segundo de una serie de cuatro, la cual inició con *El fascinante mundo del petróleo*. Es un intento que hace el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) para que ustedes se interesen en conocer qué sucedió, sucede y sucederá en *El fascinante mundo de los yacimientos petroleros*; pero asimismo y de mayor valor, lo que el IMP desea, es que a ustedes se les despierte la curiosidad o *el gusanito* para querer saber más sobre estos temas, y por lo tanto, se interesen en estudiar carreras relacionadas a la industria del petróleo y el gas natural; pues estas profesiones les podrán dar un sinfín de satisfacciones, logros y orgullo de trabajar para ustedes y su familia, pero sobre todo para y por nuestro querido México. Así las cosas, nos vemos en las siguientes publicaciones: *El fascinante mundo de los yacimientos no convencionales y la protección al medio ambiente*; y *El fascinante mundo de la transformación industrial del petróleo*. Hasta entonces.

Miguel Ángel Aguilar Ramírez, estudió Ciencias de la Comunicación en la UNAM. Colaboró en diversas revistas como: *Información Científica y Tecnológica* del Conacyt; *Desarrollo sustentable*; y *Yacimiento*. Una de sus novelas, tiene como eje central el Proyecto Genoma Humano.

