

CLASIFICACION Y DESCRIPCION DE MUESTRAS DE CALIZA (*)

MANUEL ALVAREZ JR. (**)

Aún cuando se ha producido una considerable cantidad de petróleo almacenado en calizas en diferentes partes del mundo, es relativamente escasa la literatura que proporciona una información básica respecto a este tipo de yacimientos debido principalmente al carácter errático de la distribución de la porosidad y permeabilidad en las calizas.

Las complicaciones técnicas que se presentan en el estudio de los yacimientos en calizas se deben en parte a que frecuentemente presentan condiciones estructurales muy complejas y al origen mismo de las calizas almacenadoras, que puede ser biológico, mecánico o químico. Sin embargo, es importante el conocimiento de este tipo de yacimientos porque puede conducir a la determinación previa de las áreas más favorables para el desarrollo de determinadas facies de calizas susceptibles de constituir rocas almacenantes de hidrocarburos, si se presentan a su vez las condiciones estructurales para la acumulación de los mismos; igualmente este conocimiento puede ser muy importante para planear la forma más adecuada de terminar los pozos que se perforen en estos yacimientos.

En el caso de México, en que la mayor parte de la producción se ha obtenido de yacimientos en calizas, es esencial intensificar el conocimiento de las propiedades de las mismas, puesto que en las regiones petroleras del país en las que son productoras, sus facies varían desde calizas compactas con permeabilidades sumamente pequeñas hasta calizas cavernosas con una enorme porosidad y una altísima permeabilidad.

Este informe tiene como objeto recopilar los resultados más importantes que se encuentran en las publicaciones y en la información

(*) Original recibido en junio de 1956.

(**) Geólogo Jefe del Depto. de Estudios Especiales de Petróleos Mexicanos, Vocal de Recursos Geológicos del I.N.I.C. Presidente de la Sociedad Geológica Mexicana.

privada de Petróleos Mexicanos que se refieren al origen, porosidad y permeabilidad de las calizas y uniformar el sistema de descripción de las muestras que se obtengan en la perforación de pozos de exploración, con el fin de poder preparar mapas de litofacies que permitan restringir las áreas en las cuales debe concentrarse las perforaciones de exploración.

Es indudable que si diferentes geólogos describen calizas iguales o semejantes en forma diferente y calizas disímolas en forma muy semejante, sus descripciones no podrán ser utilizadas por las oficinas regionales o centrales para el estudio de la distribución de las facies de las calizas.

El presente informe debe considerarse como preliminar y será modificado de acuerdo con la información adicional que se obtenga y la experiencia que se adquiera durante el desarrollo de los trabajos de subsuelo que se efectúen en diferentes zonas del país.

Antes de formular un sistema adecuado para la descripción de las muestras de calizas se procede a definir las y a clasificarlas y describirlas, así como hacer lo propio con las porosidades, con el fin de aclarar y justificar el sistema de clasificación que se ofrece en la tabla.

Llámanse, en general, calizas a las rocas sedimentarias en cuya composición predomina ($\text{Ca Co}_3 > 80\%$) el carbonato de calcio; si el calcio es substituido en buena parte por el magnesio la roca recibe el nombre de caliza dolomítica o dolomita.

Genéticamente las calizas pueden dividirse en cuatro tipos principales de caliza a saber:

I) Calizas endogénicas, autóctonas o de acreción. Estas calizas son aquellas que han sido formadas *in situ* por la acumulación lenta de restos orgánicos, tales como conchas. Varios organismos pueden tener parte igualmente importante en la acumulación que dá origen a la roca, o bien un sólo tipo puede ser responsable de la acumulación.

II) Calizas exogénicas, alotóctonas o clásticas. Estas calizas son aquellas en las que su última etapa de formación fué el transporte y depósito de detritus carbonatados en la misma forma que el de los otros clásticos comunes. Aunque muestran los mismos rasgos estructurales y de textura que los demás clásticos, no se formaron necesaria-

mente en tierra, sino probablemente debido a la erosión subacuosa de depósitos calcáreos de acreción o sea que son hidroclásticos.

III) Calizas químicas o bioquímicas. Estas calizas son las formadas directamente por la precipitación química de carbonato de calcio debido a causas físico-químicas o a la acción bioquímica de bacterias u otros organismos. El carbonato de calcio no se precipita en forma de cálcita, sino en forma de aragonita, y esta circunstancia permite diferenciarlas de las calcilitas o clásticas finas del tipo anterior.

IV) Calizas epigénicas o metasomáticas.

Estas calizas son aquellas que han sido formadas por la alteración de las anteriores por procesos tales como dolomitización, silicificación y recristalización.

Una formación de caliza puede estar compuesta de varios tipos de caliza, que pueden constituir facies de la misma si tienen una extensión y distribución tales que permita ser representada en un mapa o corte geológico.

Las calizas autóctonas se forman *in situ* y por lo tanto son depósitos sedimentarios. Estos depósitos son de tres subtipos: (1) biohermas, (2) biostromas y (3) calizas pelágicas. Cada una de estas calizas consisten de la acumulación de estructuras calcáreas secretadas por organismos.

El análisis de sedimentos calcáreos modernos muestra que solamente unos cuantos tipos de organismos proporcionan grandes contribuciones a los depósitos calcáreos sedimentarios.

En la época actual es notable la importancia de las algas secretoras de caliza, y en cambio la posición relativamente subordinada de los corales aún en los llamados arrecifes de coral. Por ejemplo, se encontró que el orden de abundancia de los organismos que contribuyeron a formar la caliza del atolón de Funafuti es el siguiente: (1) Lithothamnion, (2) Halimeda, (3) Foraminíferos y (4) corales. Las algas secretoras de caliza fueron importantes en el pre-Cámbrico y parece probable que hayan sido los constructores dominantes de caliza a través del tiempo geológico, aunque algunas calizas antiguas estén caracterizadas por la preponderancia de uno u otro organismo, tales como foraminíferos, crinoides (encrinitas) y menos comúnmente corales y moluscos.

El término "bioherma", ha sido definido por Cumings y Shrock

como una masa de forma dómica, de montículo, lenticular o en alguna otra forma circunscrita, construida exclusiva o principalmente por organismos sedentarios y rodeados de roca normal de diferente carácter litológico. Pueden estar compuestos en parte o en su totalidad de colonias de algas, colonias de estromatoporos, restos de crinoides, restos de braquiopodos, moluscos, etc., y pueden variar mucho en forma y espesor desde unos cuantos metros hasta varios miles. El bioherma consiste en general de un núcleo central desprovisto de estratificación y de una porción periférica que muestra una burda estratificación que pasa gradual y radialmente a capas bien definidas en los planos inclinados. El núcleo puede ser excepcionalmente fosilífero, pero en otros casos, la extensa dolomitización y solución puede haber destruido todas las formas orgánicas, las cuales son principalmente moldes internos y externos e impresiones. Predominan en ellos los organismos bentónicos.

El término "biostroma", se aplica a estructuras estratificadas que consisten y han sido construidas principalmente por organismos sedentarios y que no se dilatan hasta formar formas lenticulares o de montículo. Debido quizá a su porosidad, los biostromas son susceptibles de dolomitización como los biohermas. Se caracterizan por una mezcla de organismos bentónicos y pelágicos.

Las calizas pelágicas son rocas formadas principalmente por las testas calcáreas de organismos flotantes o pelágicos, generalmente microscópicos, por lo que estas calizas son de grano fino. Predominan en ellas los organismos pelágicos.

Tanto en las calizas biohémicas como en las biostrómicas o coquincides se encuentra porosidad intersticial primaria, debida a los huecos entre los fragmentos y las conchas al depositarse; no así en los núcleos de los arrecifes que constituyen la Klintita propiamente dicha, y que generalmente están dolomitizados, por lo que su porosidad es más bien del tipo intercrystalino.

Cuando las calizas biohémicas quedan expuestas a la erosión subaérea, el agua de las lluvias disuelve las calizas formando cavernas de solución interconectadas con relaciones complejas semejantes a las de las esponjas, por lo que esta porosidad secundaria recibe el nombre de esponjosa.

El agua que circula, tanto por las calizas biohémicas como por

las biostrómicas, disuelve las calizas produciendo cámaras de solución mal conectadas y con distribución irregular que se denomina porosidad secundaria vesicular, o bien cámaras de solución con distribución bastante uniforme que semeja las cámaras de una colmena, por lo que esta porosidad secundaria recibe el nombre de acolmenada.

Por el contrario cuando las aguas circulantes están saturadas de carbonato de calcio, lo depositan al aumentar relativamente su presión de vapor, tendiendo a disminuir en vez de aumentar la porosidad secundaria.

Cuando los fragmentos de arrecife o de restos de conchas han sufrido un acarreo, pero conservan dimensiones mayores de 2 mm. de diámetro, las calizas reciben el nombre de calciruditas y poseen porosidad primaria intergranular, la cual puede ser incrementada o disminuida por solución o depósito respectivamente, según sea el caso, debido a las aguas circulantes. Si los fragmentos de concha o las bolitas que constituyen las calizas tienen un diámetro entre 1/16 mm. y 2 mm. reciben el nombre de calcarenitas, si poseen menos de un 10% de cuarzo reciben el nombre de espergenitas, y si están constituidas por más de 80% de oolitas, reciben el nombre de oolitas, su porosidad primaria intergranular puede ser incrementada o reducida por las aguas circulantes. Algunas veces estas espergenitas y oolitas tienen de 10% hasta 50% de arenas de cuarzo y entonces reciben el nombre de espergenitas u oolitas arenosas. Si los granos o fragmentos son de menos de 1/16 mm. de diámetro entonces reciben el nombre de calcilutitas, caracterizadas por presentar fractura concoidal o subconcoidal.

Las calcilutitas sólo poseen porosidad primaria constituida por los planos de estratificación y por las juntas, las cuales pueden ser incrementadas en la forma en que se expone para las calizas de origen bioquímico.

Además de las características indicadas, existen varios criterios para distinguir entre las calizas autóctonas o de acreción y las calizas alotóctonas o clásticas, basados en las asociaciones y otras características de las mismas a saber: 1) En tanto que las calizas de acreción generalmente están asociadas y pasan gradualmente a lutitas y lodolitas calcáreas, las calizas clásticas están generalmente asociadas y pasan gradualmente y se interstratifican con ortocuarzitas. 2) En

las calizas de acreción los intersticios que quedan entre los fósiles están rellenos con lodos calcáreos, en tanto que en las calizas clásicas los intersticios intergranulares están llenos de cemento de calcita precipitada. 3) En las calizas de acreción se suelen encontrar incrustaciones de conchas fósiles en otras, tales como conchas de briozoarios incrustadas en conchas de braquiopodos; en tanto que en las clásicas pueden apreciarse que las conchas que se encuentran en ellas han sido rodadas. 4) En las calizas de acreción los fragmentos no son uniformes en tamaño y los fósiles están generalmente articulados, en tanto que en las calizas clásicas, los fragmentos tienden a ser uniformes y los fósiles están generalmente desarticulados. (5) Por último en las calizas biohémicas puede generalmente apreciarse su estructura arrecifal, en tanto que las clásicas suelen presentar estratificación cruzada.

Entre las calizas químicas y bioquímicas, solamente las calizas marinas de precipitación fisicoquímicas o bacteriológica son de interés para el geólogo petrolero.

El travertino es un depósito de carbonato de calcio de aguas superficiales o subterráneas, compacto y bandeado; cuando es susceptible de admitir un pulimento bueno se conoce en México como Tecali. El travertino forma estalactitas y estalagmitas en las cuevas y cavernas. La tufa es un depósito calcáreo celular, esponjoso y poroso que proviene de manantiales termales. Debido a su origen y características estos depósitos no tienen porosidad o no son suficientemente extensos para dar lugar a acumulaciones comerciales de petróleo. En caso semejante están las calizas de agua dulce, generalmente nodulares y con fauna de agua dulce, y el caliche que se presenta en costras bandeadas en los suelos áridos.

Aunque se desconoce aún la importancia de las calizas bioquímicas, es probable que sí se encuentren en extensiones considerables que constituyan capas almacendoras de petróleo, siempre que su porosidad primaria haya sido incrementada por porosidad secundaria o posean porosidad inducida. La única porosidad primaria de estas calizas, está constituida por los planos de estratificación y las juntas, los cuales pueden ser incrementados por el agua circulando en ellos y produciendo canales meándricos en la superficie inferior de los planos de estratificación o ampliando las juntas con diseños complicados o semibolsas. Estas calizas también pueden poseer porosidad in-

ducida por su ruptura, con desplazamiento relativo entre los planos de la falla, por fractura sin desplazamiento relativo o por grietas debidas a esfuerzos que sólo afectan porciones muy limitadas de las capas.

Una característica de las calizas de origen bioquímico fácil de identificar, es que los organismos sólo precipitan aragonita y no calcita, para determinar la cual se recomienda emplear el método de Meigen que consiste en la inmersión de la superficie pulida de la muestra, durante 20 minutos, en una solución hirviendo de nitrato de cobalto, al cabo de los cuales la aragonita toma un tinte violeta, mientras que la calcita apenas si toma un color azul muy pálido.

De las calizas epigénicas o metasomáticas, las principales, desde el punto de vista del geólogo e ingeniero petrolero, son las dolomitas y calizas dolomíticas y las calizas recristalizadas. Aunque la dolomita es menos soluble que la calcita, al efectuarse la transformación de la caliza en dolomita hay un aumento de porosidad no solamente debido al menor tamaño de la molécula de la dolomita sino también debida a la orientación errática de los cristales de la dolomita, a diferencia de los cristales de calcita, que orientan su eje mayor en la dirección de menor esfuerzo, lo cual permite un acomodo más compacto de dichos cristales y naturalmente dejan menor espacio libre que permita la circulación de las aguas y por lo tanto ofrecen menos superficie de contacto con ellas.

Para la determinación de la dolomita se recomienda el método de Fairbanks, que ha sido empleado con éxito por Hycalog y Rotenco, que consiste en mezclar 0.24 gramos de hematoxilina y 1.6 gramos de cloruro de aluminio en 22 c.c. de agua, se hierve y se deja enfriar y después de añadir pequeñas cantidades de piróxido de hidrógeno, se filtra y se sumerge la superficie pulida 30 segundos y la calcita toma un tinte púrpura.

Por último las calizas recristalizadas tienden a aumentar la porosidad de las calcilitas y calizas de origen bioquímico produciendo una porosidad intercrystalina; y en cambio tienden a reducir la porosidad precaria de las calizas de acreción y la de las clásticas medianas y gruesas, enmascarando además el tipo original de las calizas; sin embargo, como la porosidad intercrystalina suele estar mal conectada y en cambio la porosidad primaria suele ser relativamente grande en las calizas de acreción y en las clásticas gruesas, sólo en estas

últimas adquieren importancia como rocas almacenadoras, efectuándose en ellas los mismos procesos de incrementación de porosidad primaria por el desarrollo de porosidad secundaria.

Porosidad de una roca es la relación, en por ciento, entre el espacio libre de la misma susceptible de ser ocupado por un fluido y el volumen total de la roca.

Por su origen la porosidad de las calizas puede clasificarse en tres tipos principales:

I.—Porosidad primaria, la cual es una característica de las rocas al tiempo de formarse.

II.—Porosidad inducida, la cual no constituye una característica de las rocas durante su formación, sino que les es inducida por esfuerzos que producen su ruptura.

III.—Porosidad secundaria, la cual tampoco es una característica de las rocas en su estado inicial, sino que es debida a la solución de las calizas al circular el agua por los poros primarios o inducidos.

Las calizas de acreción, formadas *in situ* por la acumulación de restos orgánicos, poseen una porosidad, que en este informe se ha denominado intersticial, por provenir de los intersticios entre las conchas o entre los fragmentos arrecifales al depositarse. Estos organismos poseen una parte blanda que se descompone y generalmente es retirada de las rocas durante el proceso de su formación, dejando huecos que sólo son parcialmente rellenados más tarde por depósitos finos o de precipitación, que unidos a los que existen entre uno y otro esqueleto o concha, constituyen la porosidad intersticial.

Cuando este tipo de rocas, y especialmente las biohémicas, están expuestas a la erosión subaérea, esta porosidad suele incrementarse grandemente, alcanzando en los biohermas enormes proporciones y dando lugar a la formación de importantes cavernas.

Las dolomitas y las calizas recristalizadas poseen una porosidad debida a su textura formada por cristales entrelazados. Esta porosidad es mayor y mejor conectada en las dolomitas debido a la falta de orientación de sus cristales con respecto a los esfuerzos a que está sujeta la roca; en las calizas el eje mayor de los cristales se orienta perpendicularmente a la dirección del mayor esfuerzo, y esta orientación hace que la porosidad sea baja y mal conectada, lo que reduce su permeabilidad. Aún en el caso en que la porosidad sea macroscópica y muestre exudaciones de petróleo, la formación pue-

de no ser capaz de producir. Las calizas dolomíticas, que se aproximan a las dolomitas puras, tienen una alta porosidad y suficiente permeabilidad para constituir una roca almacenante favorable; su apariencia es sacarosa y por lo tanto, su porosidad es frecuentemente denominada sacaroides. Esta porosidad es debida tanto a la falta de orientación de los cristales aludida como a la reducción de volumen que acompaña al cambio de caliza a dolomita.

Las calizas clásticas tienen una porosidad intergranular debida a los vacíos que se encuentran entre los grancs y que depende de la uniformidad del tamaño de los granos y de su forma y arreglo. Este tipo de porosidad es más susceptible de estar interconectada que la porosidad intercrystalina; pero sin embargo, los granos pueden ser agrandados por depósito secundario de calcita, lo cual reduce la porosidad considerablemente.

Los planos de estratificación son espacios de pequenísimos espesor, pero de una gran extensión en las otras dos dimensiones. Representan interrupciones en el depósito de las capas y debido a sus características su permeabilidad es dos veces mayor que la de los poros de un diámetro igual a su espesor, es por ello que aún estando separadas las capas por $1/32$ de milímetro puede haber la misma circulación que en una roca clástica cuyo diámetro medio de los poros sea de $1/16$ de milímetro. Esto permite su anastomosis, lo que produce unas porosidades secundarias de tipos especiales de las que se tratará después.

La porosidad inducida ha sido de gran importancia para la producción de México desde que nació aquí la industria petrolera, con la perforación del pozo Pez N° 1 en 1904, y desde hace 50 años estas calizas con este tipo de porosidad no han dejado de producir petróleo, sin embargo, parece ser que han sido más bien fracturas que fallas las que han jugado principalmente este papel de almacenadoras; pero si se sigue considerando a las formaciones del Jurásico Superior como las generadoras de petróleo de la Zona Norte o Cenobahía de Tampico-Tuxpan, es indudable que las fallas habrán jugado un papel tan importante como las fracturas en la migración del petróleo desde las capas generadoras hasta las almacenadoras.

Las fallas además de producir una separación entre los planos de las fallas al desplazarse relativamente una de la otra, dejan

entre ambos fragmentos de roca molida que conservan en el espacio entre ellos una importante porosidad y permeabilidad que permite el paso de los fluidos así como el desarrollo de porosidad secundaria por disolución de las calizas. Empero, cuando se trata de fallas inversas la presión en ambos lados de la falla, de acuerdo con la ley de Becke, tiende a cicatrizar esas rupturas disolviendo las calizas en las áreas de mayor presión y depositando calcita en las áreas de menor presión, reduciendo considerablemente, en este caso la porosidad y permeabilidad.

Las grietas, no obstante su pequeño espesor y extensión, producen una porosidad nada despreciable que puede incrementarse por disolución y permitir importantes almacenamientos de petróleo cuando son suficientemente abundantes y ampliamente distribuidas.

La porosidad secundaria en las calizas se debe a la solución de estas rocas al circular el agua por los poros primarios o inducidos de las mismas.

Un gran grupo de calizas almacenantes deben su porosidad secundaria a las aguas circulantes que actúan después de la litificación de la roca.

El proceso de solución es químico y los ácidos orgánicos, formados bajo la influencia de bacterias, han jugado probablemente un papel muy importante. Es sabido que las aguas subterráneas circulan a una profundidad considerable abajo del nivel freático y los estudios de cuevas sugieren que aún las más grandes cavernas pueden ser del llamado "origen" freático, esto es, formadas por solución bajo el nivel freático. Se han observado varios rasgos de solución freática que se suponen indican configuraciones de solución incipiente en la historia de las cavernas:

a).—Configuraciones esponjosas formadas por cámaras de solución interconectadas con relaciones tan complicadas como aquellas entre los poros de una esponja.

b).—Configuraciones formadas por cámaras de solución mal conectadas, por grietas quizá, y con distribución irregular.

c).—Configuraciones formadas por cámaras de solución distribuidas con bastante uniformidad que sugieren las cámaras de una colmena.

d).—Configuraciones por anastomosis de los planos de estratificación debidas a solución por las aguas circulantes que atacan la

base del estrato superyacente; los canales de solución son meándricos y en secciones transversales muestran orificios casi iguales en la base del estrato.

e).—Configuraciones por anastomosis de los planos de juntas debida a la ampliación por solución de los planos de las juntas y fracturas mostrando diseños complicados con semi-bolsas de poca profundidad. Esa configuración de solución pasa a

f).—Una red controlada por configuraciones de juntas y fracturas con pasajes angostos de solución a lo largo de los planos de fractura y cámaras de solución en la intersección de los pasajes.

Las muestras de núcleo de calizas dejan ver tipos semejantes de características de porosidad descritas como cavernosas, esponjosas, vesiculares, acclmenadas, etc., todas indicando un posible origen freático. Las más altas porosidades se encuentran en yacimientos petrolíferos que se suponen asociados con calizas de arrecife. Muchas muestras de tales formaciones permiten observar que estructuras completas de fósiles fueron removidas por solución selectiva dejando cavidades de la forma correspondiente.

Además, la presencia de grandes cavernas en estas rocas almacenadoras están indicada por la caída de herramientas durante las operaciones de perforación.

La porosidad también puede clasificarse por su forma y tamaño en ocho tipos o clases, a saber:

a).—Porosidad constituida por los intersticios entre los fragmentos angulares que se encuentran entre los planos de falla.

b).—Porosidad constituida por los intersticios entre los fragmentos que se encuentran entre los planos de fractura, así como entre los salientes de los mismos.

c).—Porosidad constituida por espacios acanalados de longitud grande con relación a su sección.

d).—Porosidad constituida por grietas de espesor pequeño que tiende a desaparecer rápidamente en una dirección conservando, hasta cierto punto, sus otras dos dimensiones.

e).—Porosidad constituida por espacios irregulares aislados o conectados en forma complicada y de dimensiones mayores de 3. m.m.

f).—Porosidad constituída por espacios intergranulares que se subdividen en:

- 1) grandes, con diámetro medio entre 2 y 3 mm.
- 2) medianos, con diámetro medio entre 2 y 1/16 mm.
- 3) finos, con diámetro medio menor de 1/16 mm.

g).—Porosidad constituída por espacios intercrystalinos hasta de 3/4 mm. de diámetro medio, pero mal o no conectados.

h).—Porosidad constituída por los espacios entre los planos de estratificación en los que suele desarrollarse una porosidad meándrica acanalada en la superficie de los estratos superyacentes.

Finalmente los poros pueden clasificarse de acuerdo con su visibilidad o su frecuencia

De acuerdo con su visibilidad se pueden distinguir cuatro clases de porosidades:

A: Porosidad no visible bajo un microscopio de 10 aumentos con un diámetro menor de 0.01 mm.

B: Porosidad visible con un diámetro mayor de 0.01 mm. pero menor que 0.1 mm.

C: Porosidad visible con diámetro mayor que 0.1 mm. pero menor que el tamaño de los fragmentos de las muestras de canal.

D: Porosidad testimoniada por crecimientos secundarios de cristales o superficies intemperizadas mayores que los fragmentos de las muestras de canal.

De acuerdo con su frecuencia los poros visibles pueden dividirse en la forma siguiente:

Descripción	% de superficie cubierta por poros
Excelente	20%
Buena	15%
Regular	10%
Pobre	5%

Se considera que estas últimas clasificaciones son más bien útiles desde el punto de vista de la geología de producción, pero no para fines de correlaciones, mapas litológicos, paleogeográficos, o paleoecológicos.

TABLA PARA LA CLASIFICACION

CLASIFICACION DE LAS CALIZAS TIPOS PRINCIPALES	SUBDIVISION DE LOS TIPOS PRINCIPALES SUBTIPOS DE CALIZAS	PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS SUBTIPOS DE CALIZAS	
I-Calizas Endogénicas, Autóctonas o de Acreción son aquellas que han sido formadas <u>in situ</u> por la acumulación lenta de restos orgánicos tales como conchas.	I-1, Caliza biohémica o Klintito. 2, Caliza biostrónica o coquina. 3, Caliza Pélágica.	Predominan organismos bentónicos Mezcla de organismos bentónicos y pelágicos Predominan organismos pelágicos	Presencia " "
II-Calizas Exogénicas, Alotóctonas o Clásticas son aquellas que han sufrido cierto transporte antes de ser depositadas, como en el caso de otros sedimentos clásticos.	II-1, Calciruditas. a) Coquina b) Brecha arrecifal 2, Calcarenitas a) Microcoquina o encrinita b) Espergenita. c) Oolita 3, Espergenita y oolita arenaceas 4, Calcilutita litográfica y marlita	II-1- Granos o fragmentos de más de 2mm. de diámetro. a) Fragmentos de concha más o menos cementada. b) Fragmentos de material arrecifal... 2- Granos o fragmentos de 1/16 a 2mm. de diámetro. a) Pequeños fragmentos de concha o de crinoides. b) Detritos de fósiles, colitas y menos de 10% de cuarzo. c) Calcarenitas con más de 80% de oolitas. 3- Espergenitas u oolitas con 10% a 50% de arena de cuarzo. 4- Granos o fragmentos menores de 1/16 mm. de diámetro (Fractura concooidal o subconcooidal)	Tamaño y Indicios de Indicios de Tamaño y Indicios de Presencia de Porcentaje de Presencia de Tamaño, form
III-Calizas Químicas o Bioquímicas son las formadas directamente por la precipitación química de carbonato de calcio, debido a causas fisicoquímicas o bioquímicas.	III-1, a) Travertino y b) Tufa 2, Caliche..... 3, Caliza de agua dulce... 4, Calizas marinas de precipitación fisicoquímica o bacteriológica	III-1-a) Compacto y bandeado; b) esponjosa y porosa. 2, Costros bandeados en suelos áridos..... 3, Nodular con restos de fauna característica 4, Se encuentra aragonita en vez de calcita..	Textura tipo " " Presencia de Predominio de
IV-Calizas Epigénicas o Metasomáticas son aquellas que han sido formadas por la alteración de las anteriores.	IV-1, Caliza dolomítica y dolomita. 2, Caliza silicosa y porcelanito. 3, Caliza siderítica y siderita... 4, Caliza fosfática y fosforita. 5, Caliza recristalizada..	Con cristales romboidales de dolomita Con sílice o pedernal, aporcelanada Con más de 10% de hierro (asociados con pedernales) Predominan los minerales de fosfato. La recristalización enmascara el tipo original.	Presencia de Indicios de Presencia y Presencia y Presencia de
A.- CRITERIOS PARA DISTINGUIR ENTRE LAS CALIZAS DE ACRECIÓN (I) Y LAS CALIZAS CLÁSTICAS (II)	B. CRITERIOS PARA DISTINGUIR ENTRE LAS CALIZAS QUÍMICAS (III) Y LAS CALIZAS METASOMÁTICAS (IV) ASÍ COMO ENTRE ESTAS Y LAS CALIZAS (I) Y (II).	MÉTODOS PARA DETERMINAR LA PRESENCIA DE ARAGONITA Y DE DOLOMITA EN LAS SUPERFICIES PULIDAS DE LAS CALIZAS.	POROSIDAD DE el volumen to
<p style="text-align: center;">I</p> <p>1, Asociados con lutitas 2, Pasan gradualmente a lutitas y lodolitas calcáreas. 3, Intersticios entre fósiles con todos calcáreas. 4, Briozoarios incrustados en las conchas de braquiópodos. 5, Fragmentos no uniformes en tamaño. 6, Fósiles articulados 7, Estructuras arrecifales</p>	<p style="text-align: center;">II</p> <p>1, Asociados con ortocuarcitas 2, Pasan gradualmente y se interstratifican con ortocuarcitas (areniscas calcáreas). 3, Intersticios llenos con cemento de calcita definida. 4, Contiene fósiles rodados. 5, Fragmentos uniformes en tamaño 6, Fósiles desarticulados. 7, Estratificación cruzada.</p> <p>Los calizas químicas (III) se distinguen de las metasomáticas (IV) por la presencia de magnesio, sílice, hierro ó fosfato en estas últimas. Ambas se distinguen de las calizas de Acreción (I) por la ausencia de restos de fósiles y de las clásticas (II) por la ausencia de fragmentos o granos</p>	<p>Método de Meigen: Se inmersa la superficie pulida 20 minutos en una solución hirviendo de nitrato de cobalto y la aragonita toma un tinte violeta. Método de Fairbanks Se mezclan 0.24 gramos de hematoxilina y 1.6 gramos de cloruro de aluminio en 22 cc. de agua; se hierve y se deja enfriar y después de añadir pequeñas cantidades de peróxido de hidrógeno, se filtra y se sumerge la superficie pulida 30 segundos y la calcita toma un tinte púrpura.</p>	<p>I - POROSIDAD PRIMARIA</p> <p>1- Intersticial 2- Intersticial 3- Intergranular 4- Planos de</p> <p>II - POROSIDAD SECUNDARIA</p> <p>1- Por fallas 2- Por fracturas 3- Por grietas</p> <p>III - POROSIDAD SECUNDARIA</p> <p>1- Cavernosa a) Esponjosa b) Vesicular c) Acolmenada 2- Por Anastomosis a) Planos b) Planos c) Reticular</p>

USO DE LA TABLA PARA LA CLASIFICACION DE MUESTRAS DE CALIZAS

La parte básica de este trabajo está constituida por la "tabla para la clasificación de muestras de caliza" que lo acompaña, y la cual deberá tenerse a la vista para hacer la clasificación de muestras.

Si se observa la tabla, se verá que una parte de ella está encerrada en líneas bastante gruesas, esta parte es la esencial de la tabla; las partes restantes consisten de las clasificaciones de porosidad tanto por su origen como por su forma y tamaño, criterios adicionales para distinguir uno de otro de los tipos de calizas, métodos para diferenciar la calcita de la aragonita o de la dolomita y una definición de permeabilidad.

Al examinar una muestra de caliza, primero se observará la presencia o ausencia de restos fósiles así como la textura de la roca, con el fin de clasificarla de acuerdo con el tipo a que pertenezca, usando, si es necesario, los criterios que aparecen en la parte inferior izquierda de la tabla. En seguida procederá a clasificar la muestra de acuerdo con el subtipo a que pertenezca haciendo uso de sus principales características así como de los métodos de Meigen o Fairbanks si se sospecha la existencia de aragonita o de dolomita. Después se clasificará el tipo de porosidad que presenten las muestras, tanto por lo que respecta a su origen como a su forma y tamaño.

Finalmente se procederá a la descripción de la muestra incluyendo en ella todos los datos que la tabla indica se deben incluir.

Para abreviar la descripción puede hacerse uso de los símbolos para los subtipos de caliza empleados en la esquina superior derecha de la tabla, así como de símbolos semejantes para la porosidad, que pueden obtenerse de su clasificación por su origen, agregando la magnitud de la porosidad y otros datos que se consideren pertinentes, tales como color, etc.

Respecto al material cementante, éste puede ser:

- 1) de caliza o dolomita cristalizada.
- 2) de caliza o dolomita amorfa o criptocristalina.
- 3) de óxido de hierro, sílice, pedernal o fosfatos
- 4) de material arcilloso.

Referente al grado de cementación, éste puede ser bueno, me-

diano o malo y abundante, mediano, o escaso. Cuando el material cementante no es arcilloso, generalmente concuerdan el grado con la abundancia de la cementación; pero en el caso de que el material cementante sea arcilloso, la abundancia del mismo no implica la bondad de la cementación.

El autor agradece al Ing. Antonio García Rojas, Gerente de Exploración de Petróleos Mexicanos, las facilidades otorgadas para la publicación del presente estudio.