

**ESTUDIO PETROGRÁFICO Y DIAGENÉTICO DE LA SECUENCIA
CENOZOICA DEL CINTURÓN PLEGADO DE SAN JACINTO Y SU
APLICACIÓN EN LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE RESERVORIOS.
Universidad de Caldas - Agencia Nacional de Hidrocarburos**

Walter Guzmán Cardona¹
Ana María García Loaiza²
Carolina Ramírez Cardona³

¹ Universidad de Caldas, Departamento de Ciencias Geológicas. Calle 65 # 26-10 Manizales. waltergcpro@hotmail.com.

² Universidad de Caldas, Departamento de Ciencias Geológicas. Calle 65 # 26-10 Manizales. anitagarcia02@hotmail.com

³ Universidad de Caldas, Departamento de Ciencias Geológicas. Calle 65 # 26-10 Manizales. caro_2881@hotmail.com.

RESUMEN

Se efectuó un análisis petrográfico y diagenético de 148 secciones delgadas provenientes de las unidades Cenozoicas del Caribe colombiano, con el fin de evaluar la calidad de los potenciales reservorios de hidrocarburos, así como su posible procedencia tectónica. Estas muestras provienen de 13 pozos estrechos (*slim holes*) perforados por la ANH en el Cinturón Plegado de San Jacinto. De base a techo corresponden a las formaciones Arroyo Seco, Toluviejo, Chengue, El Floral, Ciénaga de Oro y Sincelejo.

Para cada sección delgada se realizó un conteo de 400 puntos con el fin de determinar la composición de los fragmentos y los distintos productos diagenéticos. Se determinó además la paragénesis diagenética para cada unidad, dividiendo los procesos según el ambiente en el que se originan y el tiempo relativo de aparición. En general, para la diagénesis marina se presenta rápida precipitación de carbonatos, además de cementos isópacos hojosos y fibrosos aisladamente; para la diagénesis meteórica los principales eventos corresponden a corrosión de silicatos en su etapa temprana y disolución en su fase tardía; en la diagénesis de enterramiento se presentó metasomatismo de silicatos por carbonatos, así mismo neomorfismo, sobrecrecimientos y estructuras de presión-disolución. A partir de este análisis se determinó que las formaciones Toluviejo-Chengue y Ciénaga de Oro presentan las mejores características como reservorios de hidrocarburos. Por otra parte, la composición de los fragmentos indica una posible procedencia tectónica de cratón interior y orógeno reciclado para las unidades de la cuenca.

Palabras claves: Cinturón plegado de San Jacinto, análisis petrográfico, análisis de procedencia, estudio diagenético, calidad de reservorios.

**PETROGRAPHIC AND DIAGENETIC STUDY OF THE SEQUENCE CENOZOIC
ABOUT THE FOLD BELT OF SAN JACINTO AND THEIR APPLICATION FOR
DETERMINING QUALITY OF RESERVOIRS**

ABSTRACT

A diagenetic and petrographic analysis of 148 thin sections from the Cenozoic units of the Colombian Caribbean was carried out in order to assess the quality of hydrocarbons reservoirs and their possible tectonic provenance. These samples came from 13 slim holes drilled by the ANH in the Fold Belt of San Jacinto. The lithostratigraphic units from base to top are Arroyo Seco, Toluviejo-Chengue, El Floral, Ciénaga de Oro and Sincelejo Formations.



Furthermore, a counting of 400 points by thin section was made to determine the composition of the fragments and the different diagenetic products. For each one of the units a diagenetic paragenesis was determined. The processes were subdividing in accordance with the environment in which they originate and the relative time of apparition. In general, in the marine diagenesis occurred a rapid precipitation of carbonates isolately fibrous isopachous and bladed cements were present. In the early meteoric diagenesis the main events are corrosion of silicates and in the late meteoric stage was the dissolution of methasomatism. In the burial diagenesis the most important processes were: methasomatism of silicate by carbonates, different types of neomorphism and overgrow, well as structures of pressure-dissolution. From the study is determined that the Toluviejo-Chengue and Ciénaga de Oro Formations have the best properties as hydrocarbons reservoirs. Moreover, the composition of the fragments indicates a tectonic provenance from recycled orogen and interior craton.

Keywords: fold belt San Jacinto, petrographic analysis, analysis of tectonic provenance, diagenetic study, quality of reservoirs.

INTRODUCCIÓN

La cuenca Sinú-San Jacinto ha sido particularmente rica en manaderos de hidrocarburos, sin embargo hasta el momento no se ha descubierto formaciones con características importantes como reservorios. Dentro de este campo la diagénesis puede haber jugado un papel importante en la capacidad que poseen las rocas como reservorios. En superficie las muestras se encuentran meteorizadas y por tal motivo se pueden haber perdido sus características diagenéticas y composicionales. Debido a que la ANH ha perforado algunos pozos estrechos en las rocas del Paleógeno de esta cuenca, se presenta una oportunidad de estudiar muestras frescas con el fin de determinar sus características petrográficas y diagenéticas que determinan su potencial como reservorio.

Dentro del marco de un estudio realizado por la Universidad de Caldas y apoyado por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), se realizó un análisis petrográfico y diagenético de las muestras tomadas de núcleos de perforación, con el fin de determinar el potencial como reservorio de las rocas de la cuenca Sinú-San Jacinto y el área especial Sinú de la ANH, además de su posible procedencia tectónica. El área de estudio se encuentra en



la región de los “Montes de María”, en áreas aledañas a los municipios de Chalán, Coloso, Toluviejo y Ovejas (departamento de Sucre) al N de Sincelejo y al E del Golfo de Morrosquillo (Figura 1).

Se pretende con este estudio aportar los elementos básicos para la caracterización de las rocas sedimentarias presentes, con el fin de hacer una primera aproximación respecto a la calidad de las mismas como eventuales reservorios. El análisis involucra tres aspectos principales: descripción general, procedencia tectónica y estudio diagenético preliminar.

UNIDADES LITOLÓGICAS DE INTERES

Fm. Arroyo Seco: Conglomerados, Litoarenitas generalmente calcáreas y lodolitas en proporciones variables, corresponden a un ambiente de abanico deltaico (Fan Delta), presenta un espesor de 500m aproximadamente y una edad de Paleoceno-Eoceno Temprano (Bermúdez, 2008).

Fm. Toluviejo-Chengue: Corresponde casi exclusivamente a Calizas fosilíferas, pero hacia el sur cambia rápidamente a conglomerados y arenitas calcáreas, ambiente de plataforma de carbonatos y frente deltaico, espesor entre 50 y 100m y una edad de Eoceno Medio-Oligoceno (Bermúdez, 2008).

Fm. El Floral: Lodolitas Calcáreas Glauconíticas, presenta fósiles de Gasterópodos; cangrejos y restos de Peces, corresponde a fondos de acumulación marina de baja energía y bajo aporte de sedimento, espesor de 150 m y una edad de Oligoceno (Bermúdez, 2008).



Fm. Ciénaga de Oro: Litoarenitas con intercalaciones menores de Lodolitas. Incluye las Bioesparitas Arenosas y Arenitas Fosilíferas del área de Cicuco, espesor de 300 - 1000 m. edad Oligoceno Tardío-Mioceno (Bermúdez, 2008).

Fm Sincelejo: Areniscas de grano fino a conglomeráticas, hacia el tope predominan los Conglomerados sobre las Areniscas, ambiente de canales y barras fluviales espesor de 1500m y una edad Plioceno? (Bermúdez, 2008).

METODOLOGÍA

Se efectuó un análisis petrográfico y diagenético de 148 secciones delgadas provenientes de las unidades Cenozoicas del Caribe colombiano. Para cada sección se realizó un conteo de 400 puntos espaciados cada 1 mm. En el caso de rocas terrígenas se midió el tamaño de grano promedio, se determinó el tipo de matriz, selección, redondez, composición de los clastos, tipo de contactos y los cementos presentes. La porosidad se registra en cuanto a su distribución en porcentaje siguiendo la clasificación de Selley (1982).

Las calizas se describieron según sus porcentajes de ortoquímicos y aloquímicos, en el caso de estos últimos se especifica su tamaño promedio y selección. Para los bioclastos se hace una clasificación general. De igual manera se considera el porcentaje de material terrígeno, con el fin de establecer la presencia de rocas mixtas. Para los demás aspectos se sigue esencialmente lo planteado para las rocas terrígenas.

Para las arenitas la clasificación se hace combinando la clasificación composicional de Folk (1974) con la madurez textural establecida por el mismo autor, las ruditas son clasificadas

de acuerdo a la clasificación de Boggs (1992), las rocas carbonatadas se clasifican según Folk (1974) y para las rocas mixtas se sigue el esquema de Vatan (1967) (en Corrales et al., 1977).

El análisis diagenético preliminar busca establecer de manera general los principales productos diagenéticos que se han presentado. Para esto se analizaron varios aspectos: en primer término se estudian las transformaciones del espacio intersticial, seguidamente se establecen las neoformaciones minerales, además de identificar los metasomatismos diagenéticos, finalmente se hace el estudio de las transformaciones de los componentes.

A partir de estos aspectos se elabora la posible paragénesis diagenética.

La proveniencia tectónica se realiza de acuerdo a la propuesta de Dickinson (1985) empleando los diagramas QtFL y QmFLt para definir la tectofacies de los sedimentos.

RESULTADOS OBTENIDOS

PETROGRAFÍA

Petrográficamente la secuencia Cenozóica de la Cuenca Sinú-San Jacinto presenta una litológica en términos generales similar, como se muestra en la Figura 2, la mayoría de las unidades presentan una alta concentración de muestras clasificadas como Subarcosas y Sublitoarenitas, algunas de ellas calcáreas, texturalmente las muestras analizadas corresponden principalmente a rocas entre inmaduras y submaduras. La Formación Sincelejo a diferencia de las demás corresponde principalmente a Litoarenitas Feldespáticas texturalmente maduras en la mayoría de los casos. Otras litologías encontradas dentro de la cuenca son Arenitas Glauconíticas, (Biomicruditas, Bioesparitas y Micritas Arenosas),



Micritas y Esparítas Fosilíferas Arenosas, además de Conglomerados de Clastos Ígneos y Sedimentarios; la mayoría de estas muestras en las formaciones Toluviejo-Chengue y Ciénaga de Oro.

A partir del conteo detallado realizado se determinó la procedencia tectónica para cada una de las unidades, los resultados obtenidos según los diagramas de Dickinson (1985) reflejan una fuente de sedimentos principalmente de cratón interior y de orógeno reciclado, esencialmente reciclado cuarzoso y transicional; en menor medida una fuente de arco mixto y reciclado lítico (Figura 3).

DIAGÉNESIS

Aunque la historia diagenética y el tiempo en el que esta se da en cada una de las unidades es diferente y teniendo en cuenta que mientras las unidades inferiores estaban sufriendo una probable diagénesis tardía y las superiores posiblemente estaban sometidas a procesos de diagénesis temprana, basados en este estudio se determinó que muchos de los procesos presentes en cada una de las formaciones tanto de la etapa tardía como de la etapa temprana, guardan una estrecha relación en cuanto a las condiciones en la que estos se generaron. A continuación se hace una relación de los procesos más relevantes dentro de las unidades en la cuenca Sinú-San Jacinto.



DIAGÉNESIS TEMPRANA

Diagénesis Marina.

Micritización microbial. Este proceso se da en las primeras etapas de diagénesis, consiste en la perforación de granos esqueléticos alrededor de los márgenes de estos, indica alta actividad bacteriana (Tucker and Wright, 1990), en este caso se encuentra principalmente alrededor de bivalvos en las formaciones Arroyo Seco, Toluviejo, El Floral y Ciénaga de Oro, en todas ellas se presenta aisladamente y en forma parcial (figura 4.a) (Tabla 1).

Deformación mecánica. Este proceso se da por efectos de compactación debido a la sobrecarga (Tucker and Wright, 1990), se presenta en todas las unidades, incluye la deformación tanto de micas (Figura 4.b) como de bioclastos (Figura 5.a), en general es un proceso que se presenta en baja importancia dentro de todas las unidades, posiblemente debido a la rápida precipitación de cementos marinos que impiden una alta tasa de compactación (Tabla 1).

Cementos basales y de poros carbonatados. La deposición de estos cementos en la etapa temprana se convierte en el proceso más importante dentro de la diagénesis marina este se presenta cuando los fluidos en los poros están supersaturados de material cementante (Tucker and Wright, 1990); para la totalidad de las unidades esencialmente se encuentra rellenando porosidad primaria intergranular, corresponde a carbonato microcristalino (Figura 5. b - c) (Tabla 1).

Cementos isópacos. Corresponden principalmente a cementos isópacos hojosos y fibrosos estos últimos en mucha menor proporción, estos cementos típicos de ambientes marinos (Tucker and Wright, 1990), se presentan en todas las unidades con importancias relativamente baja, principalmente corresponden a cementos intragranulares que se encuentra en forma de franjas isópacas especialmente en cavidades de foraminíferos y gasterópodos (Figura 5. e), en aisladas ocasiones se encuentra intergranular alrededor de bioclastos o clastos (Figura 5. d) (Tabla 1).

Cementos Botrioidales. Típicos de ambientes marinos (Tucker and Wright, 1990), se presentan solo en la formación Ciénaga de Oro, corresponden a un crecimiento de cristales radiales asciculares con extinción de barrido (Figura 5. f) (Tabla 1).

Diagénesis Meteórica Temprana.

Cementación en “Blocky”. Este tipo de cemento se presenta comúnmente en la etapa meteórica (Tucker and Wright, 1990), se presenta en todas las unidades con cierta importancia como cristales anhedrales de calcita principalmente en porosidad intragranular. (Figura 6. a - b) (Tabla 1).

Corrosión. Este se convierte en el principal procesos dentro de la diagénesis meteórica, es previo al metasomatismo y ocurre posiblemente hacia el final de esta etapa, en la cuenca se encuentra en todas las unidades afectando en forma importante los silicatos (Cuarzo, Feldespatos, Líticos y Micas). (Figura 6. c) (Tabla 1).



DIAGÉNESIS TARDÍA

Diagénesis de Enterramiento.

Metasomatismos. Corresponde al proceso más importante dentro de este ambiente, se encuentra afectando la mayoría de los silicatos en forma avanzada, presentándose en todas las unidades de la cuenca (Figura 6. d) (Tabla 1).

Neomorfismos. Este proceso consiste estrictamente en cambios en el tamaño del cristal sin cambios en su mineralogía (Folk 1965), se presenta en todas las unidades en forma moderada, típicamente en cementos basales, de poros (Figura 7. b) y en bioclastos (Figura 7. c), es indicativo de ambientes de enterramiento (Tabla 1).

Estructuras de Presión Disolución. Estas estructuras se generan a partir de procesos de compactación química en la etapa de enterramiento (Tucker and Wright, 1990), principalmente corresponden a estilolitos y grietas de disolución, los estilolitos se presentan en todas las unidades, las grietas de disolución son menos comunes. (Figura 7. e) (Tabla 1).

Sobrecrecimientos. Se presentan como crecimientos sintaxiales de calcita principalmente en equinodermos, conservando propiedades ópticas, esto es común en la diagénesis de enterramiento (Tucker and Wright, 1990), aisladamente se presenta en las formaciones Toluviejo y Ciénaga de Oro. (Figura 7. d) (Tabla 1).

Cementos en Mosaico. Crecimiento de cristales de calcita subhedrales a euhedrales, se dan típicamente en la etapa de enterramiento (Tucker and Wright, 1990), se presentan con una



importancia moderada en las formaciones Toluviejo y Ciénaga de Oro. (Figura 6. e - f) (Tabla 1).

Dolomitización. Este proceso se presenta aisladamente en las formaciones Arroyo Seco, Toluviejo y Ciénaga de Oro, se encuentra reemplazando carbonatos. (Figura 7. f) (Tabla 1).

Cemento Basal Poikilítico. Este proceso se da como un lento crecimiento de carbonato que genera grandes cristales (Tucker and Wright, 1990) que envuelven silicatos principalmente, se encuentra muy bien desarrollado en la formación Sincelejo (Tabla 1).

Diagénesis Meteórica Tardía.

Disolución. Este proceso sumamente importante en la etapa tardía, es generador de porosidad secundaria por disolución a partir de fluidos insaturados en la mineralogía del carbonato (Tucker and Wright, 1990), afecta cementos basales de poros y metasomatismos; presenta una importancia moderada en toda la cuenca, exceptuando las formaciones Toluviejo y Ciénaga de Oro con una importancia alta. (Figura 6. d) (Tabla 1).

Cementación de poros clorítico y ferruginoso. Este procesos consiste en la depositación de cementos de cloríticos y ferruginosos principalmente en porosidad secundaria, en algunos casos disminuye en un grado importante la porosidad de la rocas, su importancia es de moderada a baja dentro de la cuenca (Tabla 1).

SÍNTESIS GENERALIZADA DE LA EVOLUCIÓN DIAGENÉTICA EN LA CUENCA SINÚ-SAN JACINTO

Aunque los procesos e historias diagenéticas para cada formación dentro de la cuenca, no son contemporáneos, en general la micritización microbial en las primeras fases de diagénesis se presentan en baja importancia. A partir de procesos de compactación generados en la etapa de sedimentación se observa en algunas unidades evidencia como la deformación de micas y bioclastos, posterior se da la importante precipitación de cementos carbonatados marinos; se asume que esta cementación es rápida debido a la deformación moderada de materiales dúctiles y a los tipos de contactos predominantes, esta rápida cementación evita una alta tasa de compactación en la etapa marina. Para la fase meteórica temprana el proceso con mayor importancia es la corrosión de silicatos (cuarzo, feldspatos, micas y fragmentos líticos) por carbonatos, además se da en menor proporción la precipitación de cementos carbonatos con textura en “Blocky”, el cual es indicativo de este ambiente. En la etapa de enterramiento los principales procesos presentes en la mayoría de las unidades corresponden al metasomatismo en algunos casos avanzado de silicatos por carbonatos, neomorfismos agradantes de los cementos carbonatados, estructuras de presión-disolución como estilolitos y grietas de disolución y en baja proporción otros procesos típicos de este ambiente como la cementación de carbonatos con textura en mosaico, sobrecrecimientos sintaxiales y dolomitización aislada. Finalmente en una fase meteórica tardía se da disolución de cementos carbonatados, la cual es generadora de porosidad secundaria aumentando la probabilidad de estas unidades como reservorios,



posterior a esta disolución se da cementación clorítica y ferruginosa que ocasionan la pérdida en algunos casos de esta porosidad.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El potencial reservorio evidentemente se encuentra determinado por la madurez textural de las rocas que en algunos casos alcanzan altos valores de matriz arcillosa, por la alta cementación carbonatada temprana, por la disolución y por la pérdida de porosidad secundaria en las etapas finales de diagénesis, teniendo en cuenta estos resultados se resaltan las formaciones Toluviejo-Chengue y Ciénaga de Oro como las mejores unidades para posibles reservorios.

Los resultados obtenidos a partir del análisis de procedencia tectónica que indican una fuente de sedimentos de cratón interior y orógeno reciclado apoyan lo postulado por Bermúdez (2008) y Cerón et al (2007), reafirmando que la naturaleza oceánica del basamento es poco sustentable.

CONCLUSIONES

En general las muestras analizadas corresponden a subarcosas, sublitoarenitas y arcosas que varían entre submaduras y maduras, además de micritas, biomicruditas y bioesparruditas arenosas; con excepción de la Formación Sincelejo que corresponde a Litoarenitas Feldespáticas.

Partiendo de la propuesta de Dickinson (1985) se puede plantear para la cuenca una procedencia tectónica asociada con tectofacies de cratón interior y orógenos reciclado, en el caso de cratón interior son sedimentos provenientes de basamentos néisicos y graníticos o del reciclado de estratos mas antiguos; para los orógenos reciclados se tiene



principalmente reciclados cuarzosos y reciclados transicionales originados a partir de la acreción de corteza oceánica al continente.

En general las unidades estuvieron influenciadas por cuatro ambientes diagenéticos que se presentaron, en su respectivo orden, como un ambiente marino, ambiente meteórico temprano, ambiente de enterramiento y ambiente meteórico tardío.

De las cinco unidades litológicas estudiadas, las Formaciones Toluviejo-Chengue y Ciénaga de Oro poseen las mejores características como posibles reservorios de fluidos.

La interpretación hecha debe considerarse preliminar. Las conclusiones obtenidas han de ser analizadas de nuevo empleando técnicas más precisas tales como estudios isotópicos, catodoluminiscencia y microscopía electrónica.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue realizado gracias al apoyo de la Universidad de Caldas y la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH). Se expresan agradecimientos a: PhD. Carlos Alberto Guzmán López, Ms.Sc. Mauricio Alvarán y PhD. Andrés Pardo, por la gestión en el proyecto.

REFERENCIAS

BERMUDEZ, H., 2008. Marco Geológico Proyecto “Slim Holes” en la cuenca Sinú-San con Jacinto Datos Actualizados de Campo (No Publicado).

BERMUDEZ, H., 2008 Descripción litológica en interpretación facial y ambiental de las secciones estudiadas (Capítulo 1 Estratigrafía) en: cartografía geológica, levantamiento de columnas estratigráficas, toma de muestras y análisis bioestratigráficos. sector de chalán (cuenca Sinú-San Jacinto) (No Publicado).

CERÓN, J. F., Kellog, J., and Ojeda, G., 2007. Basement configuration of the northwestern South America – Caribbean margin from recent geophysical data. *C&F – Ciencia, Tecnología y Futuro*. 3: 25-49.

BOGGS, SAM Jr., 1992 Petrology of sedimentary rocks. New York: Macmillan Publishing Company, p. 409-502.



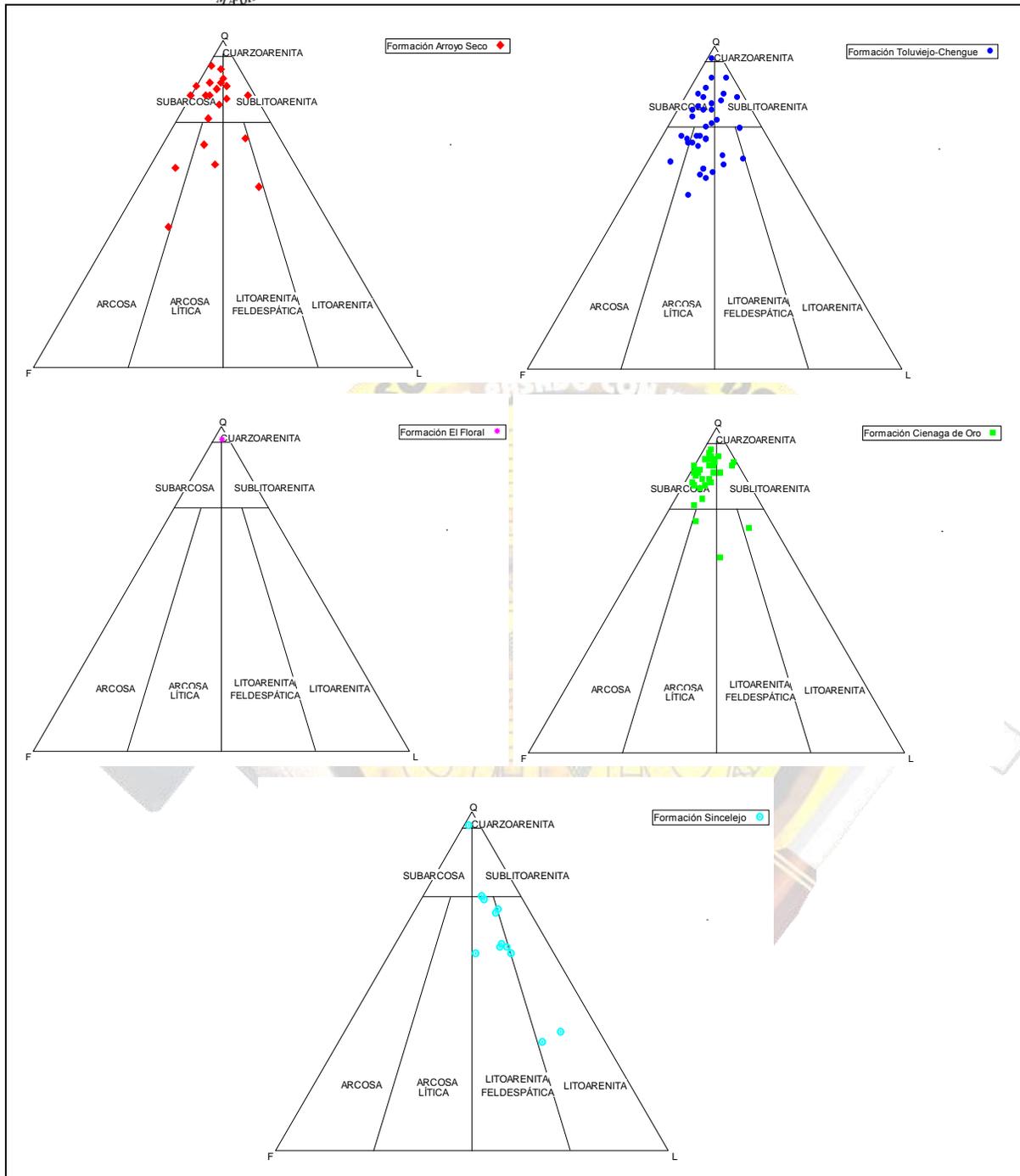


Figura 2. Triángulos de clasificación de arenitas (Folk 1974).

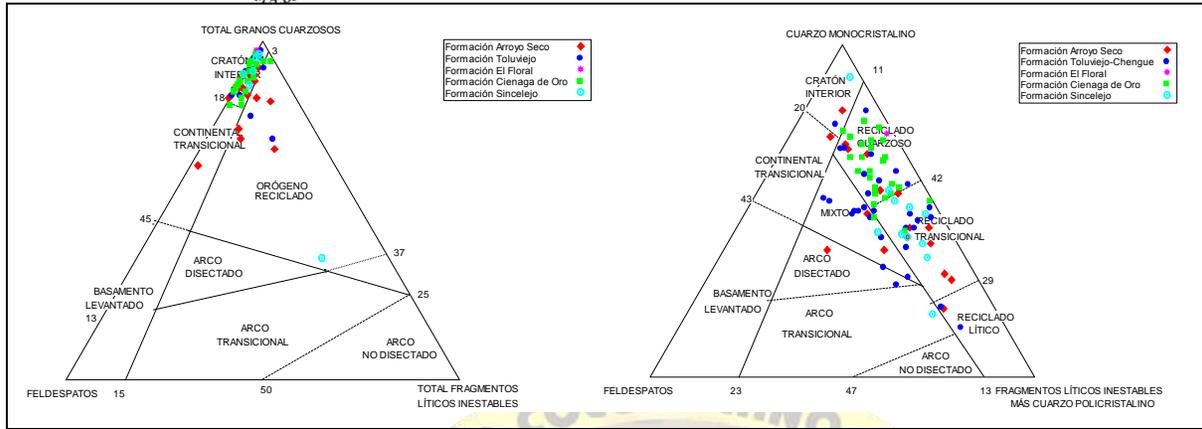


Figura 3. Triángulos de discriminación tectónica (Dickinson, 1985)

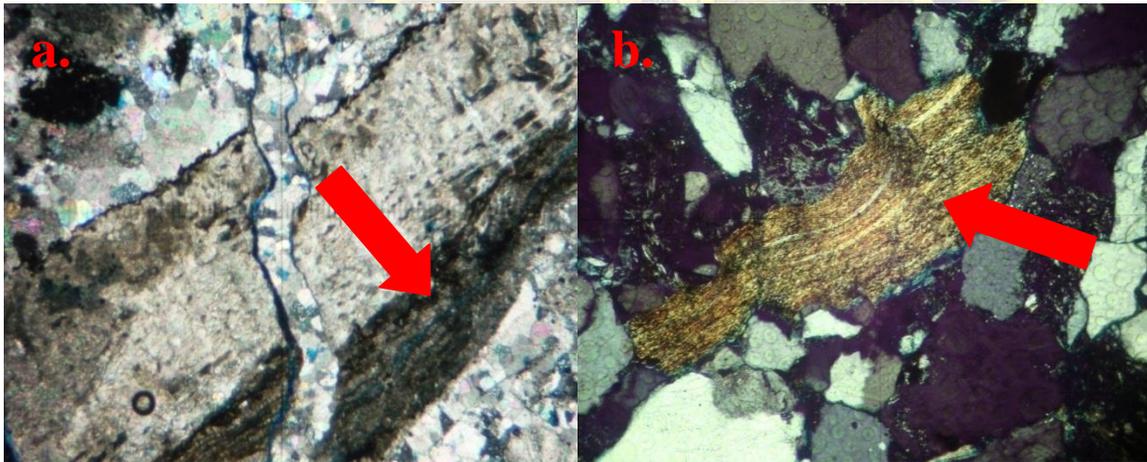


FIGURA 4. a. Bioesparrudita no Seleccionada, nótese micritización microbial, Pozo 12, Formación Arroyo Seco, muestra P12-489.96-P022 40X-NX. **b.** Arcosa Lítica Madura, obsérvese deformación mecánica de mica, Pozo 7, Formación Chengue, muestra P7-133-P012 100X-NX.

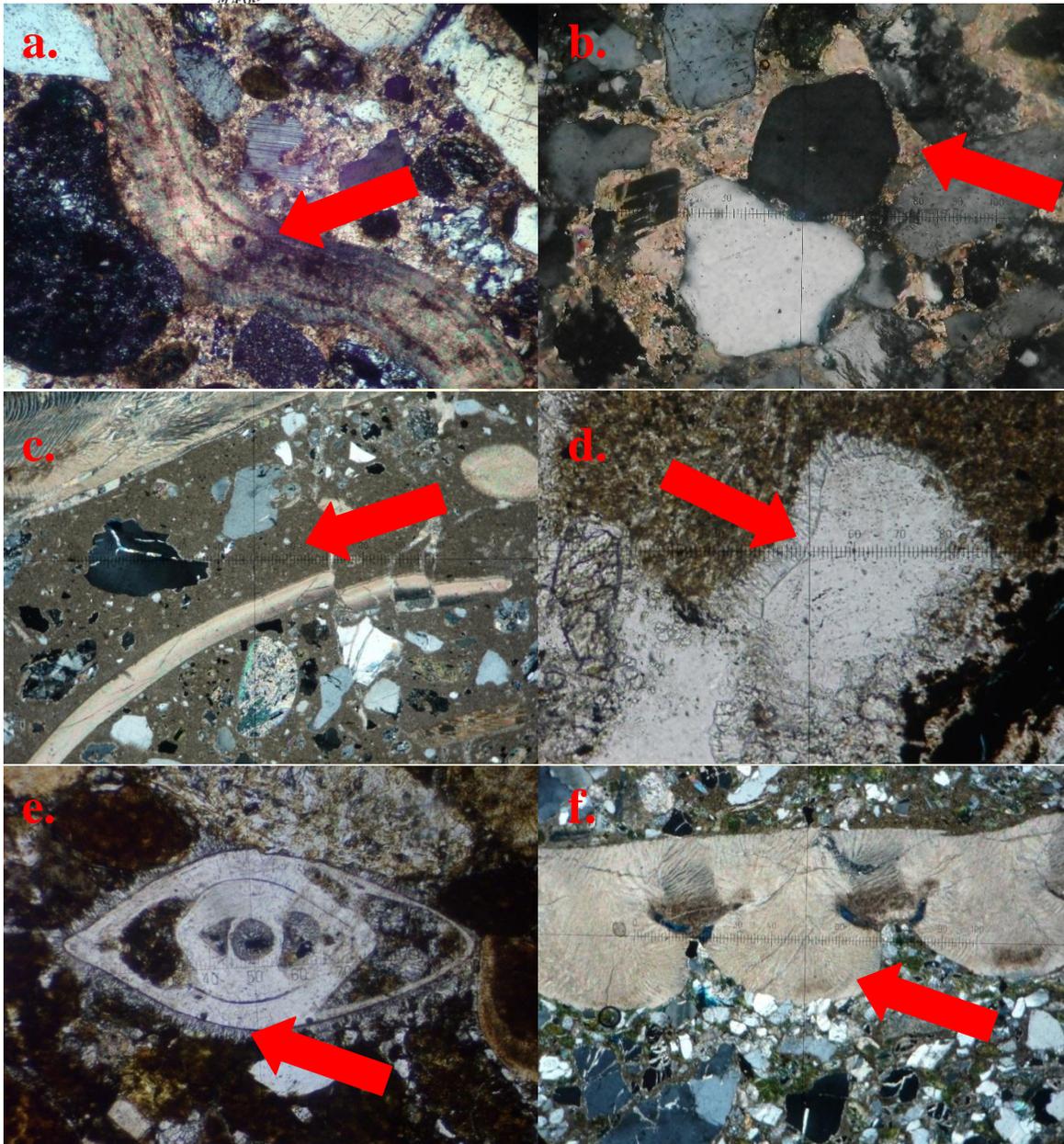


FIGURA 5. a. Biomicrita Arenosa, Nótese deformación de bioclasto(Bivalvo), Pozo 4A, Formación Ciénaga de Oro, muestra P4A-46.4-P033 100X-NX. b. Biomicrudita Arenosa, Nótese cemento carbonatado de poros, Pozo 4A, Formación Ciénaga de Oro, muestra P4A-152.25-P005 100X-NX. c. Bioesparudita Mal Lavada, obsérvese cemento basal carbonatado, Pozo 15, Formación Ciénaga de Oro, muestra P15-67.67-P007 40X-NX. d. Arcosa Submadura, se observa cemento isópaco hojoso en clasto de cuarzo, Pozo 12, Formación Arroyo Seco, muestra P12-187.2-P009 200X-LP. e. Arenita Glauconítica Calcárea, Bioclasto (Foraminífero) con cemento isópaco hojoso intra e inter esqueletal, Pozo 3, Formación Toluviejo, muestra P3-315.9-P023 100X-LP. f. Bioesparudita Mal lavada, cementación Botrioidal, Pozo 15, Formación Ciénaga de Oro, Muestra P15-10.38-P002 40X-NX.

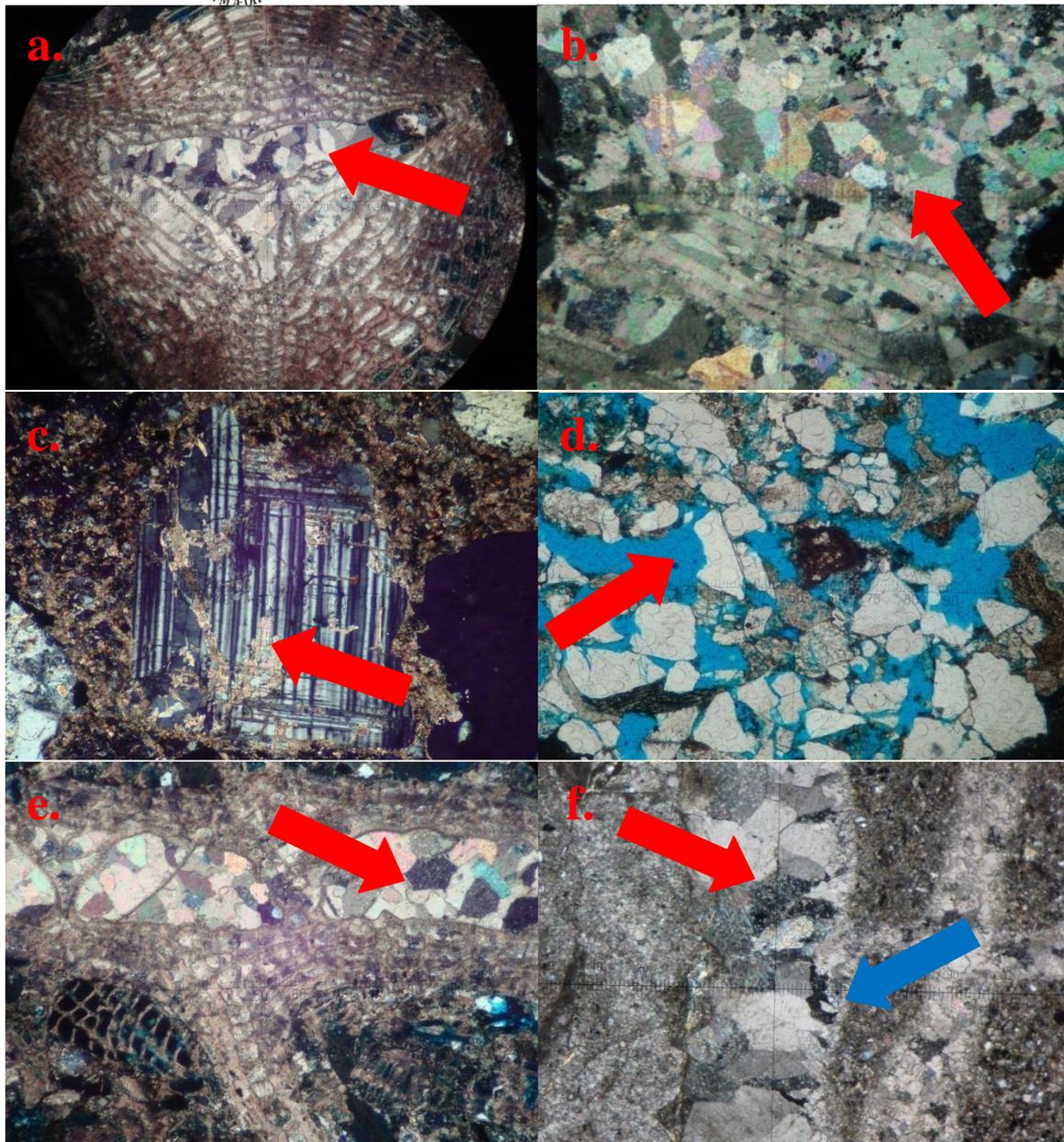


FIGURA 6. a. Biomicrudita, se observa cemento intragranular “Blocky” en bioclasto (Foraminífero) Pozo 8(2), Formación Tolviejo, muestra P8(2)-291-P007 50X-NX. b. Bioesparrudita no Seleccionada, Cemento basal en “Blocky”, Pozo 12, Formación Arroyo Seco, muestra P12-489.96-P022 40X-NX c. Litoarenita Feldespática, corrosión de feldespato, Pozo 4A, Formación Cienaga de Oro, muestra P4A-31.96-P002 50X-NX. d. Arcosa Lítica Inmadura, disolución de cementos basales y metasomatismos, Pozo 7, Formación Chengue, muestra P4A-113.8-P010 50X-LP. e. Biomicrudita, Foraminífero con cemento intragranular en mosaico, Pozo 8(2), Formación Tolviejo, muestra P8(2)-291-P007 50X-NX. f. Micrita Arenosa, cemento con textura mosaico en fractura, (→) además isópaco hojoso en los bordes (→), Pozo 3, Formación Tolviejo, muestra P3-150.1-P011 40X-NX.

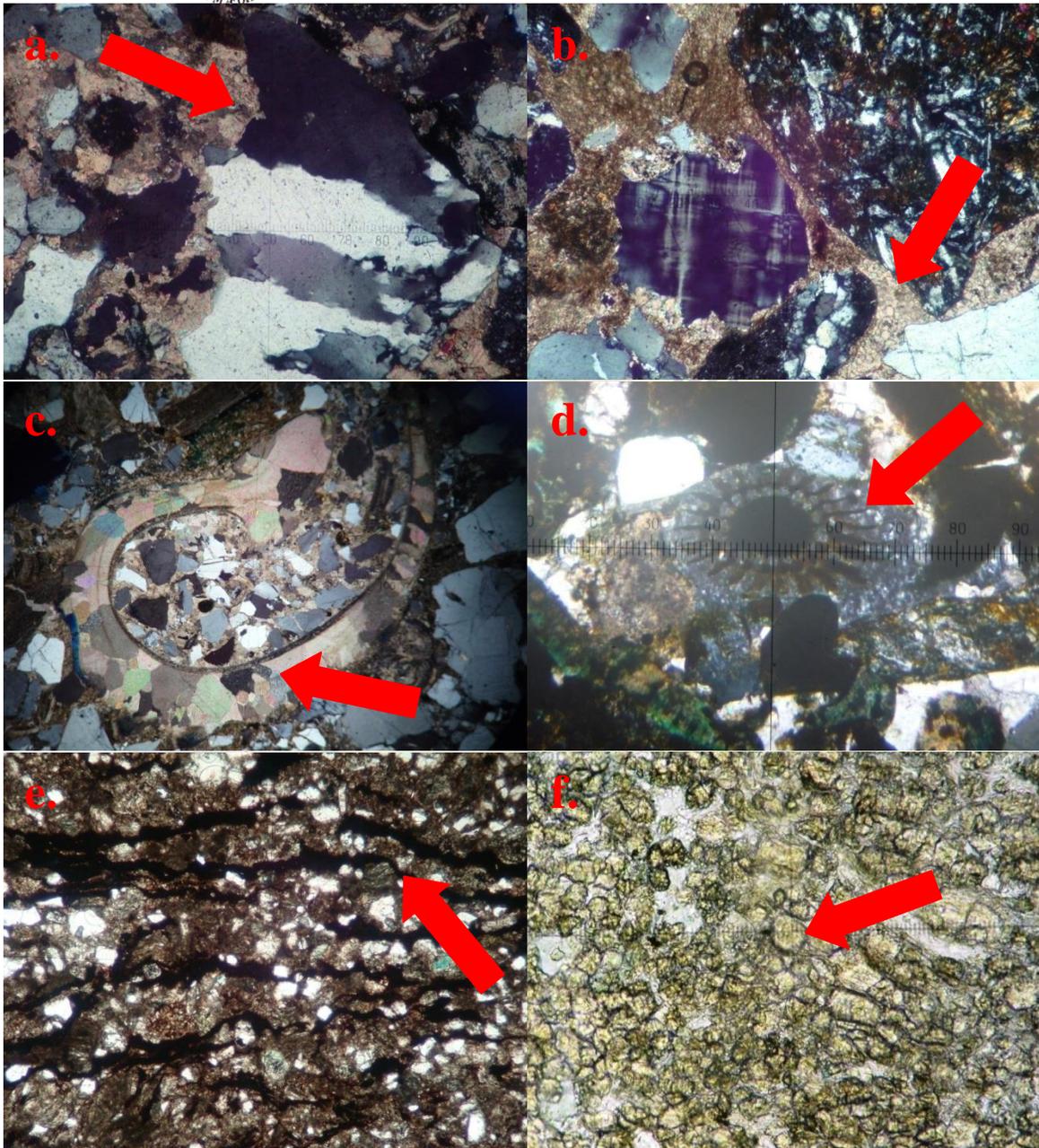


FIGURA 7. a. Subarcosa Submadura, metasomatismo de cuarzo policristalino por carbonato, Pozo 11, Formación Arroyo Seco, muestra P11-26.22-P002 50X-NX. b. Arcosa Lítica Calcárea, Neomorfismo agradante en cemento de poros, Pozo 7, Formación Chengue, muestra P7-171-P016 100X-NX c. Micrita Arenosa, neomorfismo agradante en bioclasto, Pozo 3, Formación Tolviejo, muestra P3-150.1-P011 40X-NX. d. Biosparrudita no Seleccionada, Sobrecrecimiento sintaxial en Equinodermo, nótese continuidad óptica, Pozo 6(3), Formación Arroyo Seco, muestra P(6)3-8.83-P002 100X-LP/NX e. Micrita Fosilífera Arenosa, estilolitos, Pozo 7, Formación Chengue, muestra P7-49.3-P003 50X-LP. f. Arcosa Calcárea, Dolomitización, Pozo 12, Formación Arroyo Seco, muestra P12-104.57-P005 200X-LP.

