

# FOTOARQUITECTURA FACIAL USANDO IMÁGENES LANDSAT TM 5 Y FOTOGRAFÍAS AÉREAS CONVENCIONALES: EJEMPLO EN EL BORDE ORIENTAL DE LA CORDILLERA ORIENTAL DE COLOMBIA

López, E.<sup>1</sup>

## RESUMEN

La fotoarquitectura facial, es un método que permite combinar conceptos de la arquitectura facial en cuencas sedimentarias clásticas y la interpretación de fotografías aéreas. Esta combinación permite establecer correlaciones locales, con significado cronoestratigráfico relativo. El método conduce a la jerarquización de geometrías, relaciones y aspectos de la roca, a fin de reconstruir la geometría tridimensional de las superficies limitantes, e interpretar los procesos de distribución de sedimentos. La aplicación del método fotoestratigráfico requiere del empleo de imágenes obtenidas por sensores remotos (Landsat TM, radar, fotografías aéreas y mosaicos de fotos de afloramiento), produciendo mapas en los que es posible observar variaciones laterales y verticales de unidades, además de sus diferentes límites (discordante, neto, gradual). El control de campo de los resultados de estas interpretaciones y su comparación con información geofísica (Ej. líneas de sísmica de reflexión), permiten producir mapas y esquemas estratigráficos más reales.

**Palabras clave:** Fotoarquitectura facial, cuenca sedimentaria clástica, jerarquizar geometrías.

## USING OF LANDSAT TM 5 IMAGES AND CONVENTIONAL AIR PHOTOGRAPHY'S IN FACIAL ARCHITECTURE: EXAMPLE IN THE WESTERN BORDER OF THE EASTERN CORDILLERA OF COLOMBIA

## ABSTRACT

The facial photoarchitecture is a method that combine facies architecture and air photo interpretation concepts, applied to clastic sedimentary basins. This method define local photostratigraphic correlations with cronostratigraphic sense, based on the definition of shape hierarchies, relationship and rock aspects, necessaries for three dimensional reconstruction of geometries and sedimentary process occurs during the basin fill. Remote sensing information (Landsat TM, air photos, radar) as used for facial photoarchitecture methodology. Maps with vertical - lateral variations of stratigraphical units and type of boundaries (unconformities, gradual or net), result of the photostratigraphic analysis. The field control of maps result of photostratigraphic analysis, and correlation with geophysical information (seismic reflection programs) produce more realistic maps and stratigraphic schemes.

**Key words:** Facial photoarchitecture, clastic sedimentary basins, shape hierarchies.

---

<sup>1</sup> Instituto Colombiano de Geología y Minería INGEOMINAS. Diagonal 53 N° 34 - 53, Bogotá, Colombia.

## INTRODUCCIÓN

La estratigrafía basa gran parte de su quehacer en la definición de límites espaciales y temporales, presentes entre los diferentes cuerpos de roca. La definición de límites espaciales en rocas sedimentarias es necesariamente la definición de una superficie tridimensional (superficie limitante), que puede variar en tamaño desde milimétrico hasta kilométrico (Físicamente escalable), dependiendo del detalle en el que se quiera conocer la distribución de sedimentos en una cuenca (procesos de distribución).

El estudio de cuencas sedimentarias, especialmente siliciclasticas, ha orientado gran parte de su trabajo a la identificación de límites principalmente para la definición de paquetes litológicos, que puedan correlacionarse con expresiones geofísicas en el subsuelo (unidades sísmicas) o perforaciones. Durante las décadas de los años 70 y 80, se desarrollo en las empresas exploradoras de hidrocarburos, una línea de trabajo para la identificación de superficies limitantes, denominada “análisis sísmico secuencial” (Mitchum y Vail, 1977; Vail, 1987). El “análisis sísmico secuencial” requiere de la definición de superficies de discontinuidad, mediante la interpretación de patrones sistemáticos de terminación de horizontes sísmicos (on lap, down lap, top lap, truncation).

El empleo de las técnicas de “análisis sísmico secuencial” en la interpretación de imágenes obtenidas por sensores remotos, fue desarrollada a principios de los años 90 por Sgavetti (1992 y 1993), metodología que recibió el nombre de “Fotoestratigrafía”. En principio, esta metodología permite separar unidades rocosas con propiedades de forma y atributos de estratos similares, mediante el trazo sistemático de horizontes fotogeológicos (Fotohorizontes) y la identificación de diferencias en su textura y geometría (Fotofacies).

Sin embargo, durante la década de los años 80, se consolidó una metodología diferente al “análisis sísmico secuencial”. Esta metodología se conoce como “Arquitectura facial” y está basada en el análisis sistemático de micro hasta macro formas en unidades sedimentarias clásticas (Miall, 1988; Miall and Tyler, 1991). Esta metodología ofrece la posibilidad de separar unidades deposicionales (ensamblajes de litofacies y estructuras), según el rango de sus propiedades físicas (desde láminas hasta ambientes deposicionales completos). Las unidades deposicionales ocurren en magnitudes de tiempo particulares y se pueden separar físicamente de otras estableciendo una jerarquía entre las superficies limitantes internas.

Este método es especialmente útil en secuencias sedimentarias de origen fluvial, permitiendo describir cuerpos sedimentarios de rangos de dimensiones variables. Por esta razón, se integraron elementos de la Fotoestratigrafía y la Arquitectura facial en cuencas sedimentarias clásticas, para estudiar regiones con unidades sedimentarias acumuladas en ambientes continentales. En este tipo de ambientes, la discriminación entre eventos tectónicos locales y eustáticos globales es incierta, dejando sin significado las superficies limitantes de los cuerpos sedimentarios. Estas superficies limitantes presentan jerarquías bien definidas en la Arquitectura facial, por lo que incluir estos elementos permite dar un valor estratigráfico relativo a las superficies limitantes de cuerpos sedimentarios acumulados en ambientes continentales.

## CONCEPTOS DE ARQUITECTURA FACIAL

Los conceptos y definiciones que a continuación se presentan, son una síntesis combinada de las ideas y definiciones de arquitectura facial en sedimentos clásticos en cuencas sedimentarias, desarrolladas por Miall (1988), Sgavetti (1992) y Sgavetti (1993).

**Escala arquitectural:** El concepto de escala arquitectural considera que los depósitos consisten de ensamblajes de litofacies y estructuras, los cuales presentan un rango de escalas físicas (desde láminas hasta sistemas deposicionales completos). De esta forma, es posible formalizar los diferentes elementos jerarquizándolos según su escala.

**Elemento arquitectural:** El concepto de elemento arquitectural, considera que un litosoma está caracterizado por una geometría, composición facial y escala, y representan un proceso particular o suite de procesos ocurridos en un sistema deposicional.

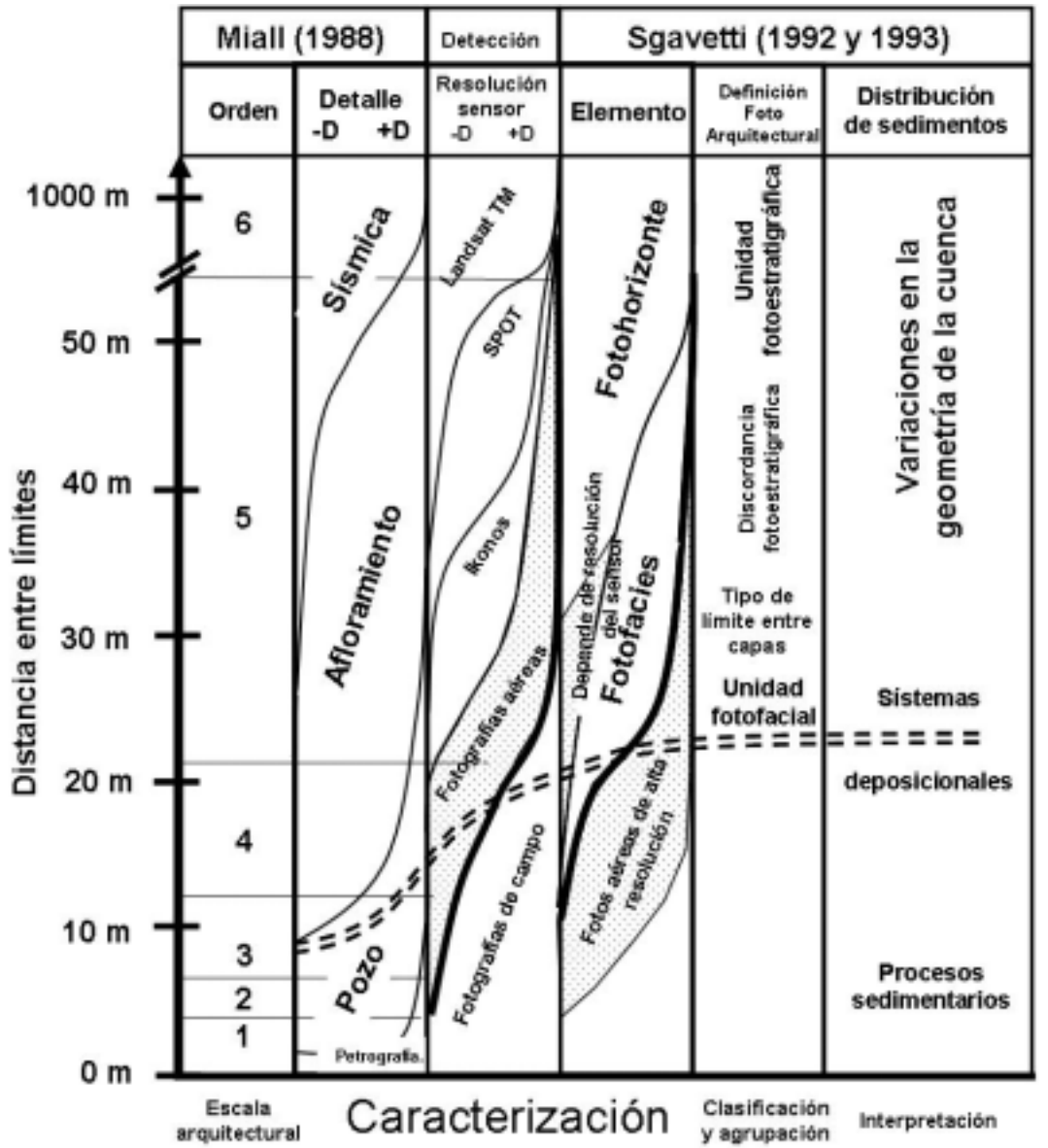
**La escala arquitectural y las superficies limitantes:** La relación planteada entre escala arquitectural y superficies limitantes, permite definir 6 órdenes de superficies, que dependen para su jerarquización, de su continuidad lateral según Miall (1988). Como se discutió al principio, la arquitectura facial y la fotoestratigrafía, tienen como esencia en sus interpretaciones, la definición sistemática de superficies limitantes, necesitando la fotoestratigrafía tomar de la arquitectura facial, conceptos como escala y elemento arquitectural para jerarquizar sus interpretaciones especialmente en ambientes sedimentarios continentales.

**Superficies limitantes y fotoestratigrafía:** La fotoestratigrafía y la arquitectura facial comparten como elemento común, la definición de superficies limitantes. Combinar ambas metodologías permite asignar una jerarquía a los elementos interpretados fotoestratigráficamente, enmarcándolos dentro de los procesos de distribución de sedimentos en la cuenca. Para lograrlo, se requiere entender que las imágenes obtenidas por sensores remotos (desde satelital hasta fotografías aéreas), tienen diferentes grados de resolución espacial, que sumados al contraste entre capas adyacentes, deslizamientos, desarrollo de suelos y cobertura vegetal, restringen la definición vertical y lateral de los estratos o

paquetes de estratos a delimitar. Estos aspectos son definidos como “resolución fotoestratigráfica”. La relación de la distancia entre superficies y la resolución fotoestratigráfica, permiten definir el “espesor mínimo de estratos”, que pueden definirse empleando determinado sensor (TABLA 1).

Si la delimitación de superficies y litosomas se realiza con fotografías de campo, es posible seguir superficies limitantes desde primer hasta quinto orden, siendo necesario a medida que aumenta el orden, ensamblar mosaicos de fotos. Las fotografías aéreas de alta resolución, dan espacio a la definición de cuerpos

**TABLA 1.** Espesores mínimos entre superficies de primer al sexto orden y su detección ante diferentes sensores remotos. (D) indica el grado de detección.

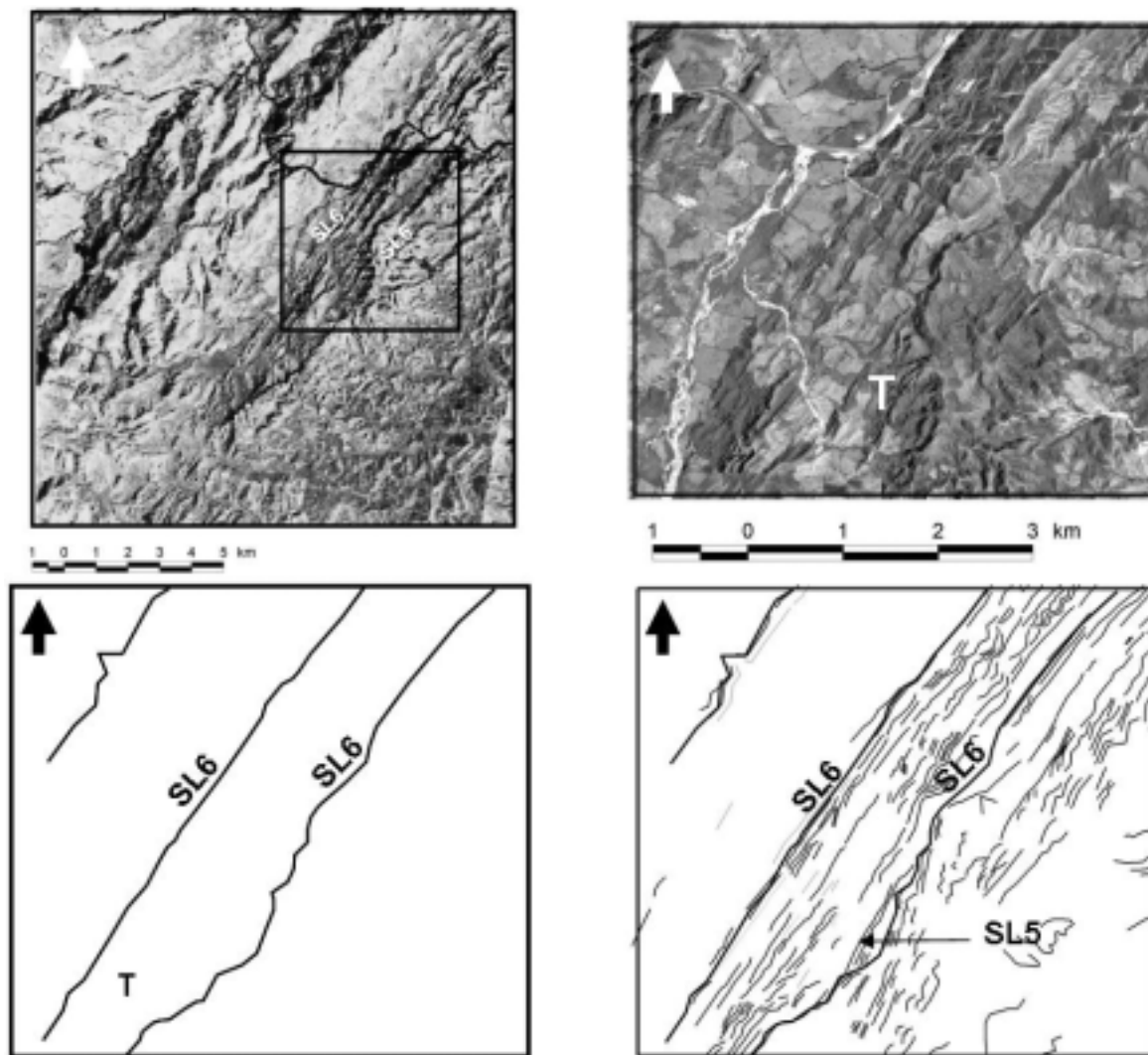


limitados por superficies algunas veces desde tercer orden hasta sexto orden, requiriéndose de mosaicos regionales ortorectificados en el orden mayor.

Las fotografías aéreas convencionales a escalas entre 1:40.000 hasta 1:60.000, permiten el trazo de superficies limitantes de cuarto a sexto orden, mientras los sensores SPOT (Pixel de 15 m) y Landsat TM (Pixel de 30 m), pueden ser empleados en el trazo de límites de quinto orden en algunos casos y sexto orden primordialmente. En resumen, la resolución espacial de las imágenes, condiciona el rango del orden de las superficies limitantes de la roca posibles de identificar (Fotohorizontes). Internamente, el significado de la expresión fotográfica de estratos y

paquetes de estratos con tonalidad, textura y geometría similar (Fotofacies), cambia según la resolución espacial del sensor.

El flanco Occidental del Sinclinal de Nazareth (FIGURA 1), permite mostrar mediante imágenes de Landsat TM 5, con pixel de 30 m, RGB 4-5-7, fotohorizontes con longitudes superiores a los 10 km (superficies limitantes de sexto orden), limitando zonas de textura diferente (Fotofacies). Las fotofacies identificadas mediante el empleo de imágenes Landsat TM 5, al ser analizadas mediante fotografías aéreas de escala 1:50.000, muestran en su interior, un conjunto de fotohorizontes, que corresponden a superficies limitantes de quinto orden. Los límites de quinto orden



**FIGURA 1.** Imagen Landsat TM 5 bandas 4-5-7, en escala de grises con resolución de pixel de 30m (Izquierda) en la que es posible distinguir tres superficies limitantes de sexto orden (SL6) y zonas con textura diferente (T). La imagen de la derecha corresponde a una fotografía aérea (área correspondiente al recuadro mostrado en la imagen de la izquierda), donde se logran detallar superficies limitantes de quinto orden (SL5) y texturas (T) que pueden interpretarse como superficies limitantes de orden menor.

además limitan zonas de textura diferente entre sí, (nuevo orden de fotofacies).

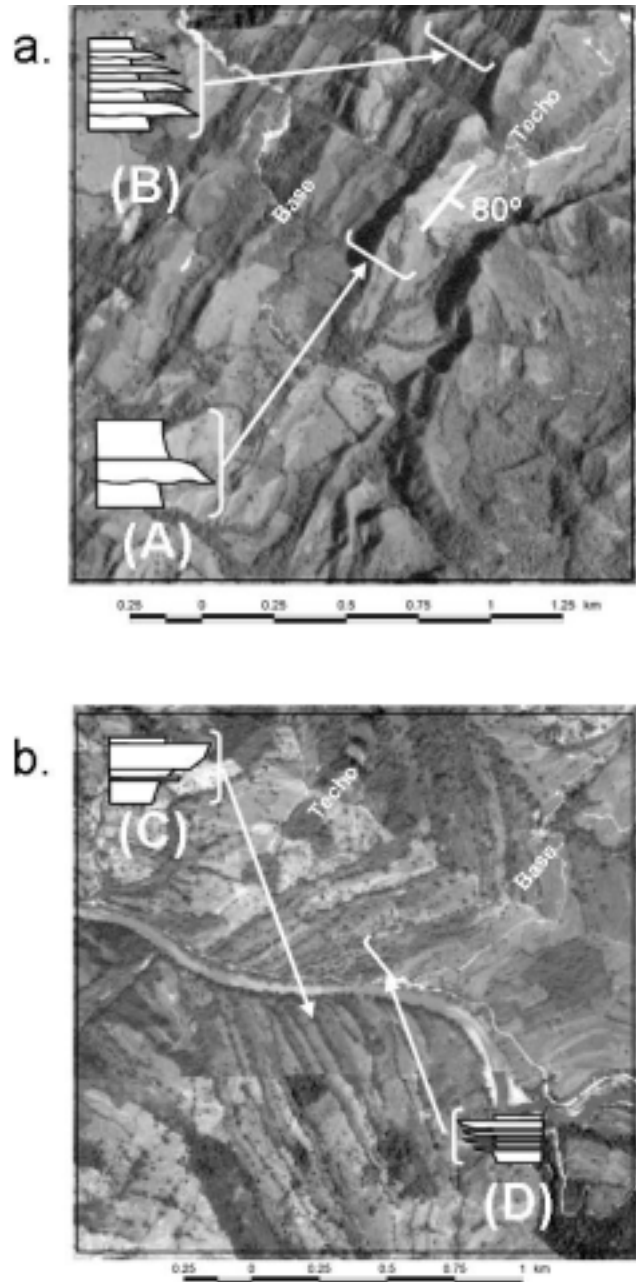
El seguimiento de superficies limitantes de quinto orden de manera sistemática, permite identificar discordancias (discordancias fotoestratigráficas), que por su extensión regional equivalen a superficies limitantes de sexto orden, las cuales definen paquetes de roca (unidades fotoestratigráficas), con superficies limitantes de menor orden y fotofacies que la componen. Superficies limitantes de quinto orden, fotoestratigráficamente pueden clasificarse en: superficies con contraste fotofacial positivo, superficies con contraste fotofacial negativo y cambios fotofaciales graduales positivos y negativos (FIGURAS 2a y b).

La variación en la expresión de la superficie de contraste fotofacial, puede darse por cambios laterales y verticales en la litología y por cambio en el buzamiento de los estratos. Un ejemplo se observa en la FIGURA 3 en donde los fotohorizontes equivalentes a superficies limitantes de quinto orden, presentan predominantemente superficies de contraste fotofacial positivo, con longitudes superiores a los 2 km, levemente irregulares, buzamientos verticales y variación desde muy fuerte a leve contraste a lo largo de los fotohorizontes. Los fotohorizontes se truncan por sectores contra una superficie limitante de sexto orden, arriba de la cual se notan nuevamente superficies limitantes de quinto orden, de contraste fotofacial positivo, menos contraste y buzamientos menores de 60°.

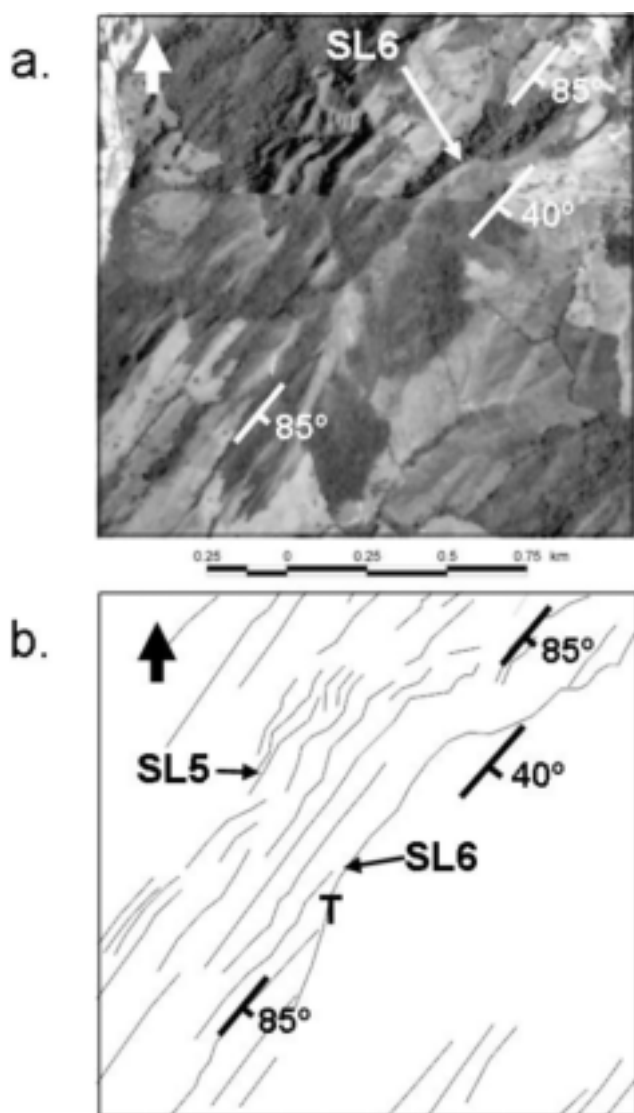
La jerarquización de las geometrías de cuerpos de roca como base para la definición de los procesos de distribución de sedimentos en una cuenca sedimentaria, permite determinar la escala del proceso que se está interpretando. En la medida que puedan seguirse ordenes menores de superficies limitantes, la interpretación permite entender procesos sedimentarios cada vez más locales, mientras la caracterización de superficies limitantes de ordenes superiores (4, 5 y 6), orientan a la definición de sistemas deposicionales y de variaciones en la geometría de la cuenca por cambios en la subsidencia o aporte de sedimentos.

El empleo de imágenes obtenidas desde satélites o por métodos aerotransportados, definiendo la jerarquía de los elementos fotoestratigráficos, permite interpretar la distribución de sedimentos, en el rango de sistemas deposicionales y variaciones en la geometría de la cuenca. La identificación de los procesos sedimentarios y sistemas deposicionales de pequeña magnitud, requieren de su

identificación mediante levantamientos estratigráficos de campo, con los cuales es posible soportar la interpretación de los sistemas deposicionales propuestos y sus cambios en relación a las variaciones detectadas en la cuenca.



**FIGURA 2.** (a) Perfiles erosionales y expresiones en fotografía aérea de: (A) Superficie de contraste fotofacial positivo y (B) Superficie de contraste fotofacial gradual positivo. Buzamiento de los estratos hacia el sur oriente. (b). Perfiles erosionales de (C) Superficie de contraste fotofacial negativo y (D) Superficie de contraste fotofacial gradual negativo. Buzamiento de los estratos hacia el noroccidente.



**FIGURA 3.** Fotomosaico (arriba), controlado en campo, mostrando cambios de expresión del contraste fotofacial de superficies (SL 5) arriba y abajo de una discordancia (SL 6). Los buzamientos de las capas bajo la SL 6 superan los 60° hacia el oriente, mientras los buzamientos arriba de esta superficie no superan los 50°. Nótese la variación lateral del contraste fotofacial de las superficies limitantes SL 5 hacia el suroccidente, zona hacia la cual, se observa en campo la desaparición de las capas gruesas de conglomerados y predominan capas de arenas y limos de poco espesor. Interpretación fotoestratigráfica (abajo), de la superficie limitante SL6, definida por la truncación (T) de superficies limitantes de quinto orden (SL5).

### ESTABLECIMIENTO DE CORRELACIONES FOTOESTRATIGRÁFICAS

El procedimiento para la construcción de correlaciones fotoestratigráficas es el planteado por Sgavetti (1992), con la adición de elementos de la arquitectura facial al momento de definir jerarquías de elementos. De esta forma, se

requiere inicialmente que se realice un seguimiento sistemático de fotohorizontes. De manera conjunta, debe realizarse un análisis geométrico de los fotohorizontes, incluyendo sus características fotofaciales, contraste fotofacial (positivo o negativo), continuidad lateral, textura fotofacial (superficies limitantes con fuerte contraste morfológico, gradación vertical y lateral del contraste, textura de la zona limitada por las superficies) y patrones de terminación de fotohorizontes (posibles discordancias).

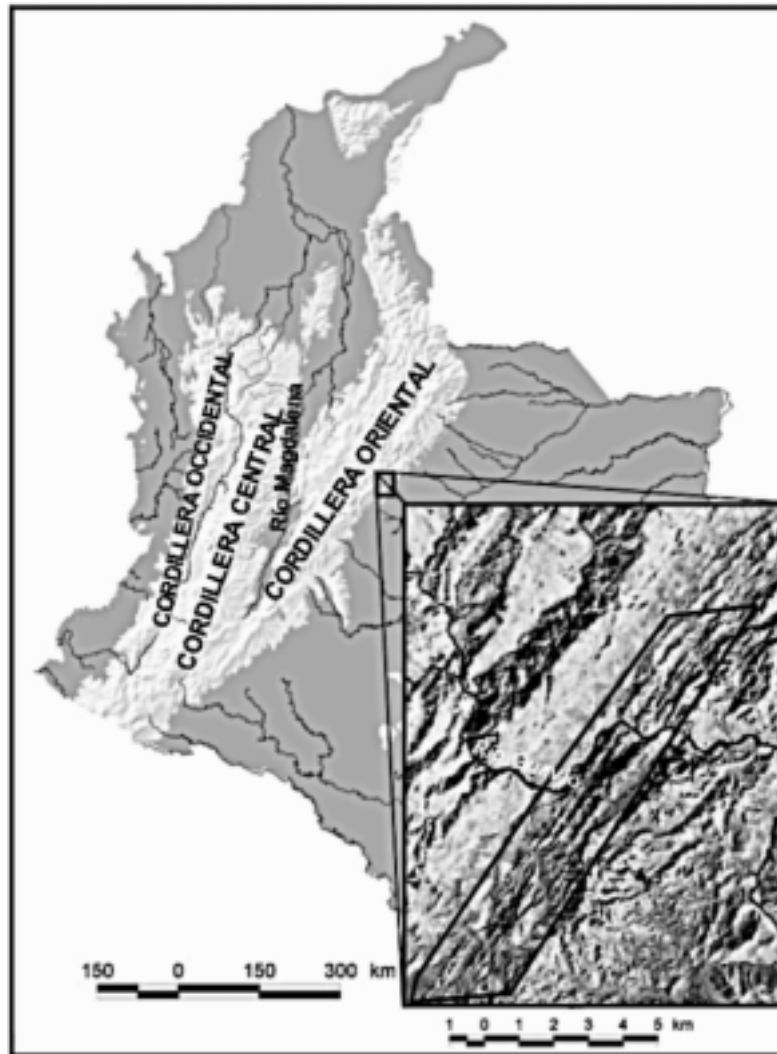
Finalmente, se identifica la resolución fotoestratigráfica, con el fin de organizar los fotohorizontes y unidades fotoestratigráficas en un orden jerárquico informal, el cual, a medida que se identifica el orden de la superficie limitante al que correspondan los diferentes fotohorizontes y discordancias, permitirá soportar interpretaciones sobre los sistemas deposicionales y variaciones en la geometría de la cuenca.

### FOTOARQUITECTURA FACIAL EN EL FLANCO OCCIDENTAL DEL SINCLINAL DE NAZARETH

El flanco Occidental del Sinclinal de Nazareth, se localiza en el borde oriental de la Cordillera Oriental de Colombia (FIGURA 4). La zona se interpretó empleando fotografías aéreas escala 1:50.000. En general, la zona presenta estratos paralelos entre sí, con algunas tendencias convergentes(C), en el sur occidente y noreste (FIGURA 5). Varias superficies limitantes se truncan definiendo superficies limitantes de orden mayor (T), coincidiendo con zonas en donde los buzamientos de los estratos y su espesor varían arriba y abajo de ellas. Estas superficies limitantes se interpretaron como discordancias (D1 y D2), que limitan la unidad fotoestratigráfica (UF-A), compuesta por las unidades fotofaciales F1, F2 y F3 y F4.

La superficie D1 muestra patrones de “onlap” de fotohorizontes (O), con dirección de progradación hacia el suroccidente, marcando el límite inferior de las fotofacies F1 y F4. La fotofacies F1 es predominante en el centro de la zona, conformada por fotohorizontes con separación promedio de 50 m, fuerte contraste en las superficies de contraste fotofacial, las cuales son positivas y leve convergencia hacia el suroccidente, variando hacia el nororiente y suroccidente a la fotofacies F4.

Hacia el tope de la unidad fotoestratigráfica UF-A, se presentan fotofacies F1, F2 y F3 con patrones de truncación de los fotohorizontes hacia el nororiente (T). El ángulo de los estratos por encima de la discordancia es menor (<70°) a los observados bajo ella (>80°). La fotofacies F1 al



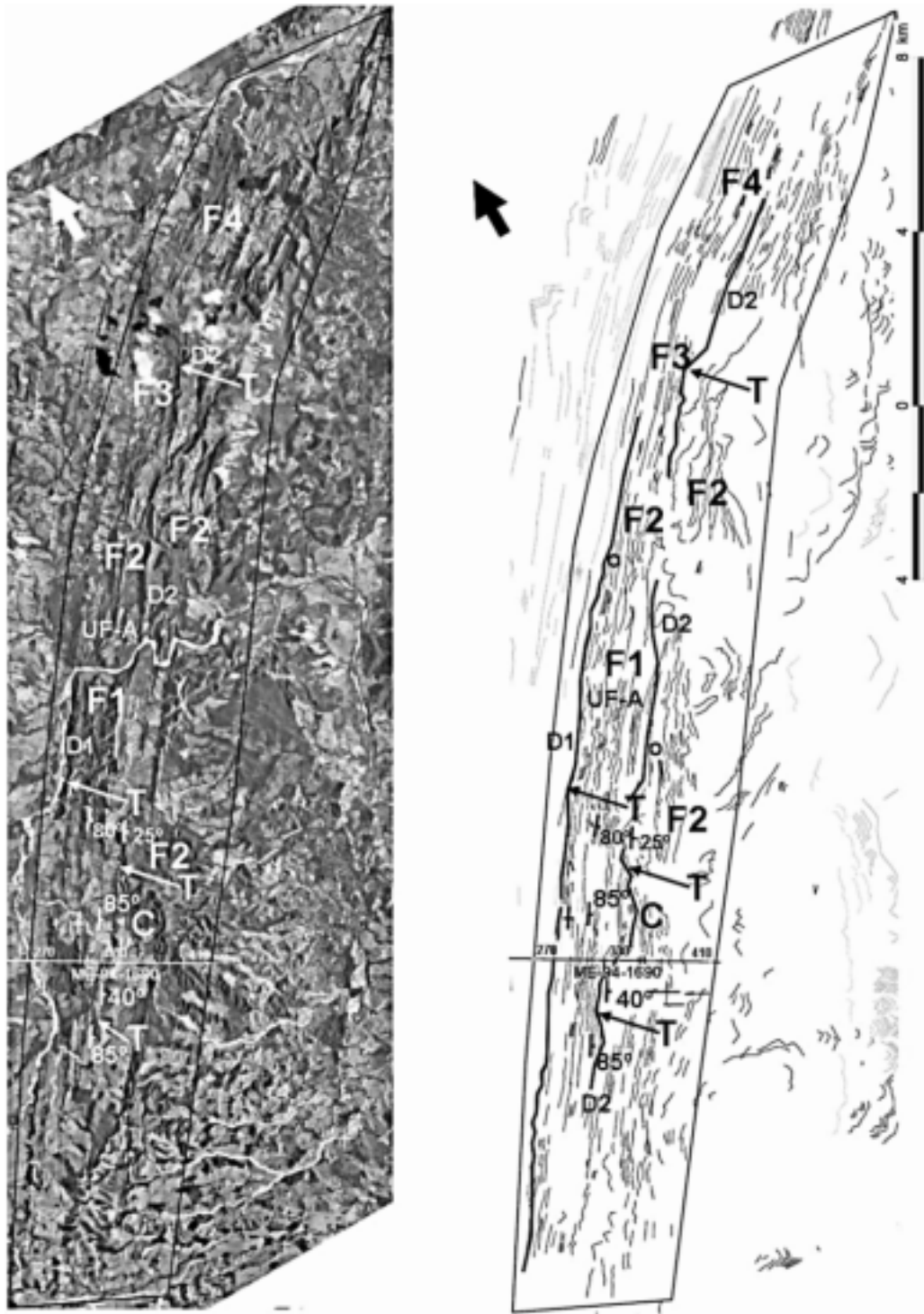
**FIGURA 4.** Localización del área correspondiente al flanco Occidental del Sinclinal de Nazareth en el borde oriental de la Cordillera Oriental de Colombia.

suroccidente varía hacia el nororiente a fotofacies F2 y F3. El contraste fotofacial de todos los fotohorizontes es positivo. Los fotohorizontes seguidos en la unidad fotofacial F1 son superficies de contraste fotofacial positivo, con variación en la expresión del contraste de fuerte a leve a lo largo de los fotohorizontes ondulados.

Estas características se interpretan como el resultado de sistemas deposicionales de alta energía que erodaban parte de los sedimentos preexistentes a medida que se acumulaban, variando lateralmente a ambientes de menos energía. Durante el desarrollo del sistema deposicional, la energía disminuyó y los sedimentos acumulados tendían a ser más finos, hasta que un nuevo aumento en la energía de acumulación ocurría y se repetía el fenómeno. Una interpretación para estas condiciones está asociada a

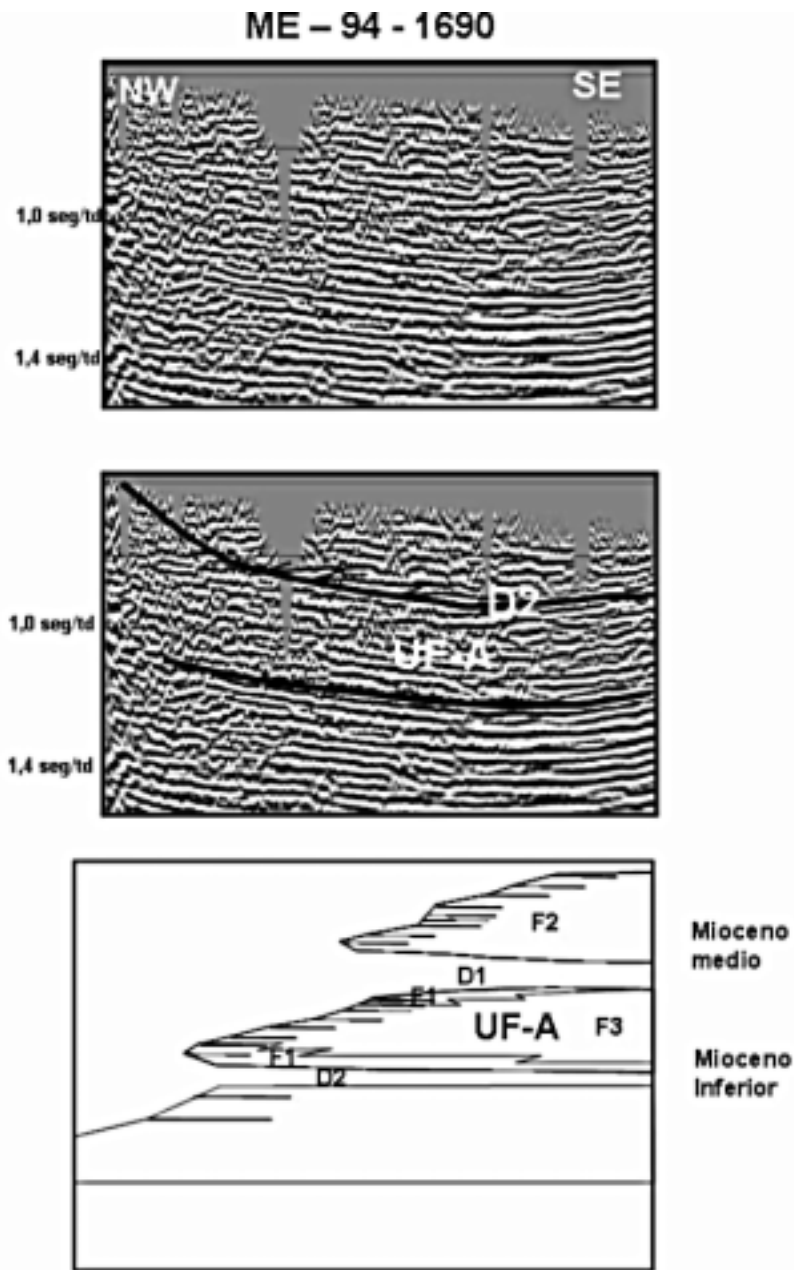
geometrías de cuerpos arenosos desarrollados en sistemas deposicionales de ríos trenzados hasta meandriformes.

Los fotohorizontes interpretados por su longitud y espesor corresponden a superficies limitantes de quinto orden, mientras las discordancias D1 y D2 a superficies limitantes de sexto orden. Trabajos previos que incluyen el flanco Occidental del Sinclinal de Nazareth (Van Der Hammen, 1960; Camacho y otros, 1972; Ulloa y Rodríguez, 1976; Cooper y otros, 1994; Branquet y otros, 2002; López, 2003), reconocen la influencia de la tectónica durante el levantamiento del borde oriental de la Cordillera Oriental, en la sedimentación de las unidades de edad Paleógena y Neógena. Como resultado, se pueden observar cambios de buzamiento superior a los 20°, en capas por encima y por debajo de la discordancia D2 (FIGURA 5).



**FIGURA 5.** Fotomosaico (izquierda) e interpretación fotoestratigráfica (derecha), de estratos del Paleógeno y Neógeno del área de Medina - San Luis de Gaceno, borde oriental de la Cordillera Oriental de Colombia. Los estratos fueron acumulados en una cuenca tectónicamente activa (López, 2003). Se observan patrones convergentes de fotohorizontes (C), truncaciones (T), onlaps (O) que marcan las discordancias (D1 y D2) y las unidades fotofaciales F1, F2, F3 y F4 que conforman la unidad fotoestratigráfica UF-A, con cambios en los buzamientos arriba y abajo de la D2.





**FIGURA 6.** Línea sísmica ME-94-1690 (Ver localización en la FIGURA 5), arriba sin interpretar y abajo la interpretación de patrones de terminación de horizontes sísmicos, limitando con “onlaps” el tope de la unidad UF-A (identificada fotoestratigráficamente) y la discordancia D 2.

Discordancias desarrolladas durante el cambio de forma de una cuenca en zonas de antepaís, son definidas por Zoetemeijer y otros (1993) y Anadon y otros (1986), como discordancias de crecimiento. Líneas sísmicas de reflexión adquiridas por ECOPETROL en la década de los años 90, muestran patrones de truncamiento de reflectores, progresivo hacia el occidente (FIGURA 6), interpretación concordante con la interpretación fotofacial del flanco Occidental del Sinclinal de Nazareth.

## CONCLUSIONES

- 1) Los conceptos de arquitectura facial en sedimentos clásticos en cuencas sedimentarias permiten soportar conceptualmente criterios empleados en la fotoestratigrafía.
- 2) La fotoestratigrafía y la arquitectura facial comparten como elemento común la definición de superficies

limitantes y por ende es posible jerarquizar a los fotohorizontes dentro de los órdenes de superficies limitantes definidos en la arquitectura facial.

- 3) La resolución espacial de las imágenes condiciona el orden de la superficie limitante de los cuerpos de roca (fotohorizonte) y cambia el significado de la fotofacies.
- 4) Las discordancias fotoestratigráficas equivalen a superficies limitantes de sexto orden y los fotohorizontes a superficies limitantes de quinto orden.
- 5) La fotoarquitectura facial permite definir geometrías de cuerpos de roca con la posibilidad de plantear los sistemas deposicionales y cambios en la geometría de la cuenca.
- 6) La integración de datos de superficie y subsuelo permite dar una connotación genética a las unidades fotoestratigráficas identificadas.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo hace parte del proyecto de investigación “Estudio sobre la evolución, composición, estructura y dinámica de la corteza terrestre” desarrollado por INGEOMINAS, financiado con recursos del Fondo Nacional de Regalías.

## REFERENCIAS

Anadon, P., Cabrera, Ll., Colombo, F., Marzo, M., and Riba, O. (1986). Syntectonic intraformational unconformities in alluvial fan deposits, eastern Ebro Basin margins (NE Spain). *Spec. Publ. Ass. Sediment.* Vol. 8, pp. 259 - 271.

Branquet, Y., Cheilletz, A., Cobbold, P., Baby, P., Laumonier, B. Y Giuliani, G. (2002). Andean deformation and rift inversión, eastern edge of Cordillera Oriental (Guateque – Medina area), Colombia. *Jour. of South Am. Earth Sci.*, Vol. 15, pp. 391 – 407.

Camacho, R., Nigrinis, R. Y Ulloa, C. (1972). Investigación geológica del depósito de hierro oolítico del municipio de Sabanalarga, Boyacá. Informe 1618, Ingeominas, Bogotá, 49 p.

Cooper, M., Addison, F., Alvarez, R., Coral, M., Graham, R., Hayward, A., Howe, S., Martinez, J., Naar, J., Peñas, R., Pulham, A.J. And Taborda, A. (1994). Basin development and tectonic history of the Llanos Basin, Eastern Cordillera, and Middle Magdalena Valley, Colombia, *A.A.P.G. Bull.*, Vol. 79, N° 10, pp 1421 – 1443.

López, E. (2003). Evolución estructural del Sinclinal de Nazareth, Anticlinal del Guavio y Sinclinal del Río Amarillo y sus implicaciones en la sedimentación de las unidades Paleógenas y Neógenas involucradas. Universidad Nacional de Colombia, Tesis de maestría, 141 p.

Miall, A., and Tyler, N., 1991. The three dimensional terrigenous clastic sediments and its implications for hydrocarbon discovery and recovery. *SEPM concepts in sedimentology and paleoecology.* Tulsa, OK. Vol. 3, pp. 1-309.

Miall, A. (1988). Facies Architecture in Clastic Sedimentary Basins. In Kleinspehn, K. L. and Paola, C. (eds) *New Perspectives in Basin Analysis.* New York: Springer - Verlag, pp. 67 - 82.

Mitchum R., M. and Vail, P., R. (1977). Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part 7: Seismic stratigraphic interpretation procedure. In Payton, C. (eds) *Seismic stratigraphy, application to hydrocarbon exploration.* Tulsa, OK: AAPG memoir 26, pp. 135 - 143.

Sgavetti, M. (1993). Photostratigraphic Characteristics of Sequence Stratigraphic Features and Patterns: Upper Cretaceous and Eocene Strata of the South - Central Pyrenees, Spain. *A.A.P.G. Memoir* 58, pp. 411 - 448.

Sgavetti, M. (1992). Criteria for Stratigraphic Correlation Using Aerial Photographs: Examples from the South - Central Pyrenees. *A.A.P.G. Bull.* Vol. 76, N° 5, pp 708 - 730.

Ulloa, C., Y Rodríguez, E. (1976). Geología del cuadrángulo K-12, Guateque. *Boletín Geológico, Ingeominas, Bogotá,* Vol. 22, N° 1, pp. 4 - 55.

Vail, P. R. (1987). Seismic stratigraphy interpretation procedure. In *Atlas of Seismic Stratigraphy*, edited by A. W. Bally, Vol. 1. AAPG Studies in Geology, N° 27.

Van Der Hammen, T. (1960). Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano continentales y tectogénesis de los Andes Colombianos. *Boletín Geológico, Ingeominas, Bogotá,* Vol. 6, N° 1-3, pp. 67-128.

Zoetemeijer, R., Cloetingh, S., Sassi, W., And Roure, F. (1993). Modelling piggyback - basin stratigraphy: record of tectonic evolution. *Tectonophysics*, N° 226, pp. 253-269.

---

Trabajo recibido: abril 4 de 2005  
Trabajo aceptado: diciembre 9 de 2005

[www.adpostal.gov.co](http://www.adpostal.gov.co)

**PBX**  
**353 5666**



**Nuestros servicios**

**CORREO NORMAL - CORREO CERTIFICADO**  
**POSTEXPRESS - EMS - CORRA EMPRESARIAL**  
**SACAS M - NOTIEXPRESS - APARTADOS POSTALES**

---

**Subgerencia de Mercadeo: (1) 353 5686**  
**E-mail: [mercadeo@adpostal.gov.co](mailto:mercadeo@adpostal.gov.co)**  
**Sección Mercadeo Bucaramanga: (7) 633 9056**

**Atención al Cliente**  
**(1) 357 8183**  
**Fuera de Bogotá: 01800 0111210 / 0111313**  
**E-mail: [mercadeo@adpostal.gov.co](mailto:mercadeo@adpostal.gov.co)**