

# **Valoración del potencial exploratorio de CBM en la cuenca Carbonífera Amagá**

**Noviembre, 2011**

**Coordinador General**, Prof. Geovany Bedoya, Msc.

**Coordinador Científico**, Prof. Fabio Cediél, Dr. Carlos Cáceres

## **Personal Científico:**

María Isabel Marín, PhD. termocronología y geología Regional

Germán Reyes, Msc Geología Regional

Sierra, Gloria Maria, Msc – Estratigrafía y análisis de cuencas.

Jorge Mariño, PhD. Análisis de Gas asociado al carbón.

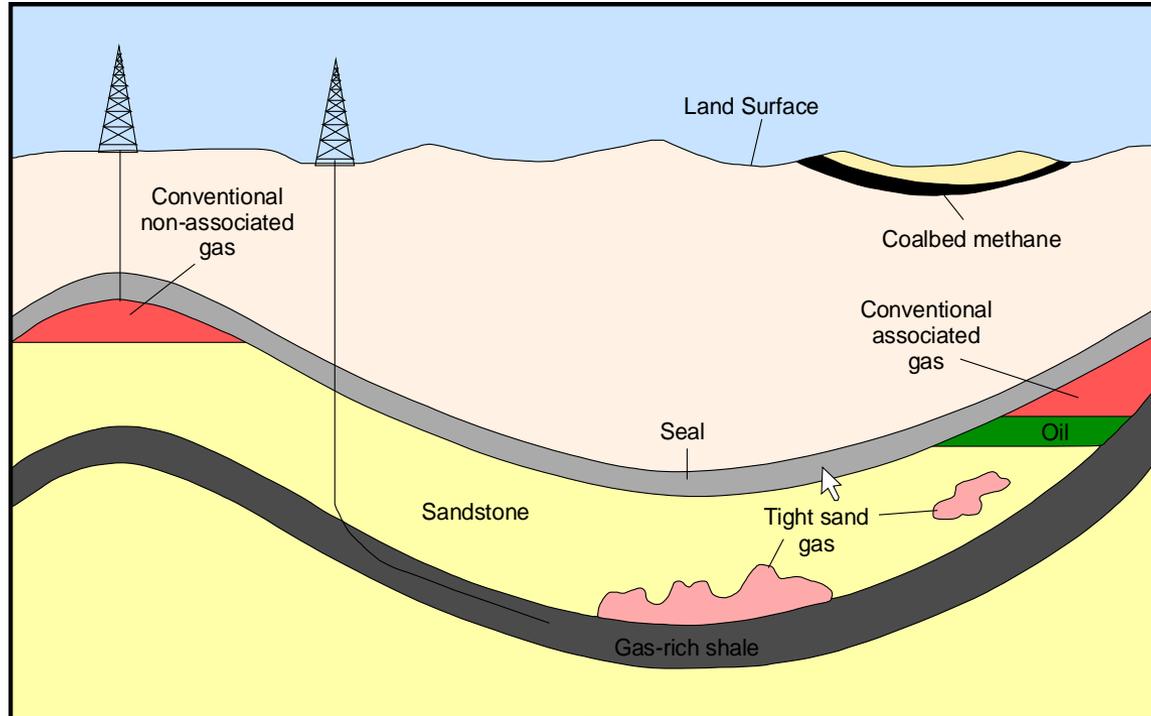
Geólogo de pozo: Salomón Murillo

Geólogo del carbón: Miguel Jaramillo

Estudiantes de maestría: Lucila Mojica, Carlos Acuña, Guillermo Urango

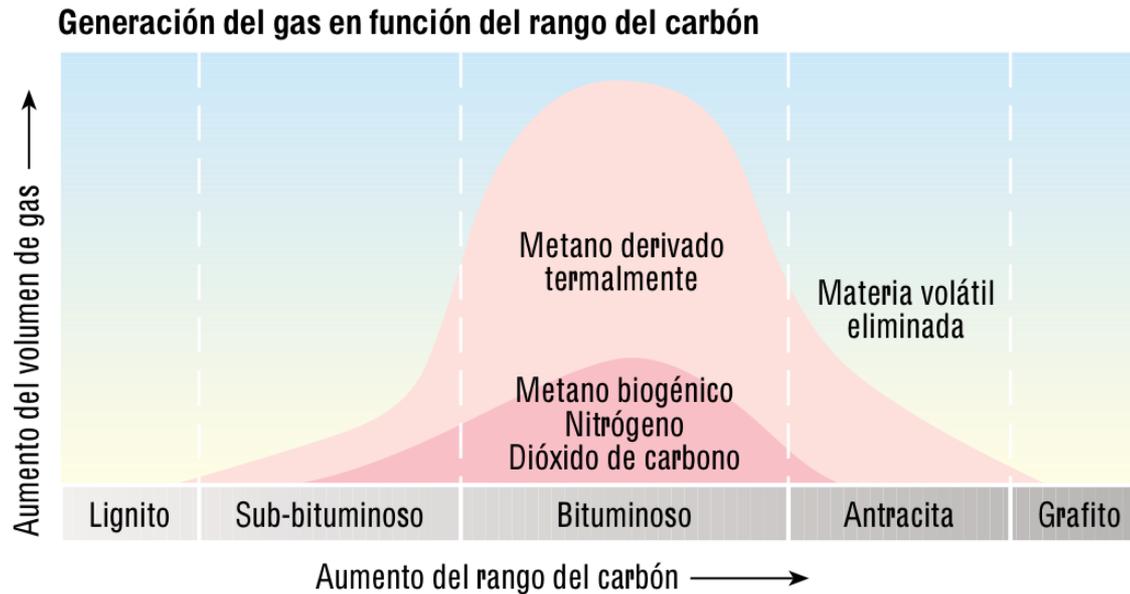
Auxiliares de investigación: Oscar Arrubla, Juan Esteban Quijano

Identificar el potencial exploratorio para CBM en las cuencas Amagá utilizando información secundaria disponible e información primaria a obtener mediante muestreo especial en quince (5) pozos exploratorios diseñados con tal fin.



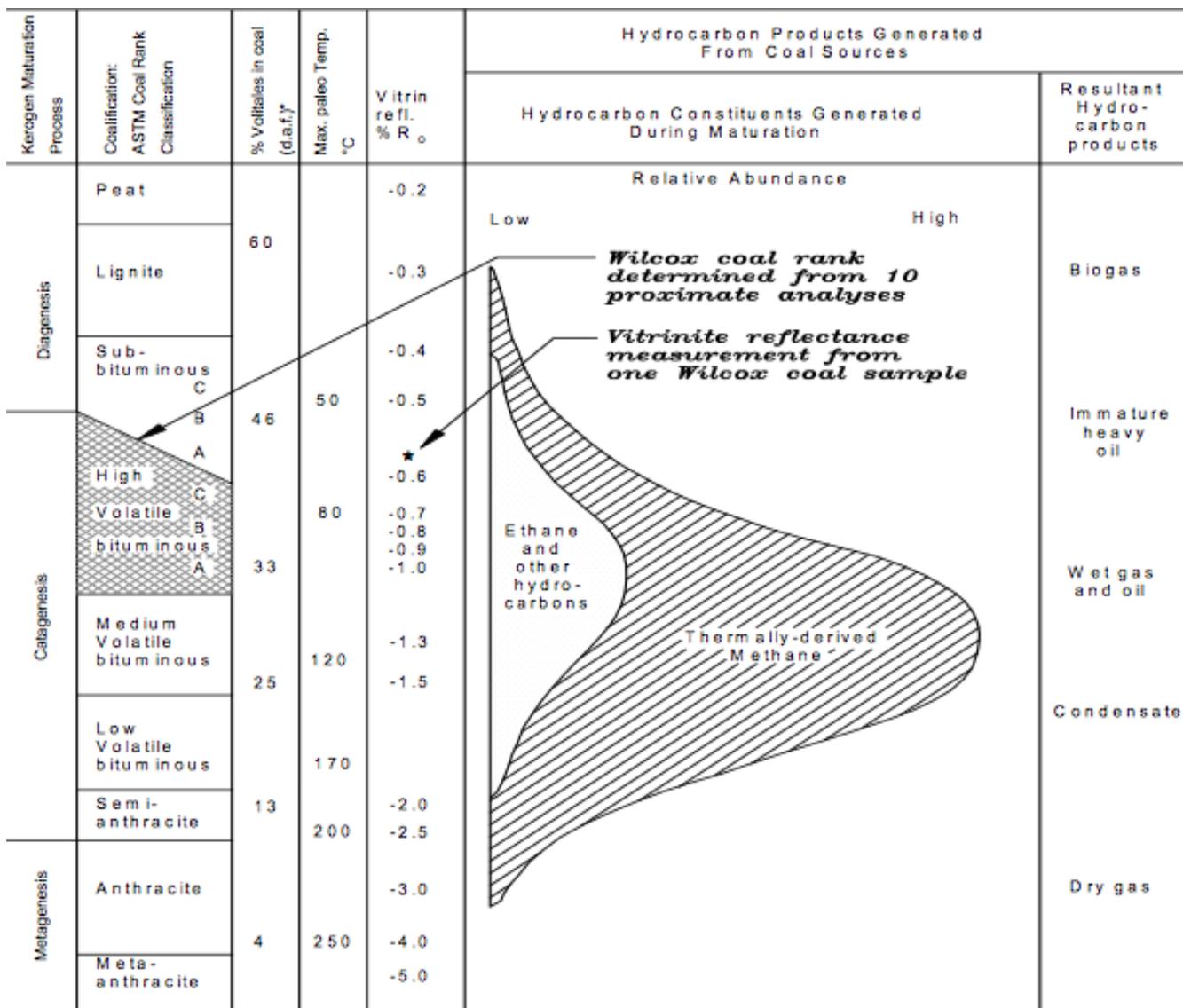
**Geología esquemática de los *plays* de gas natural**

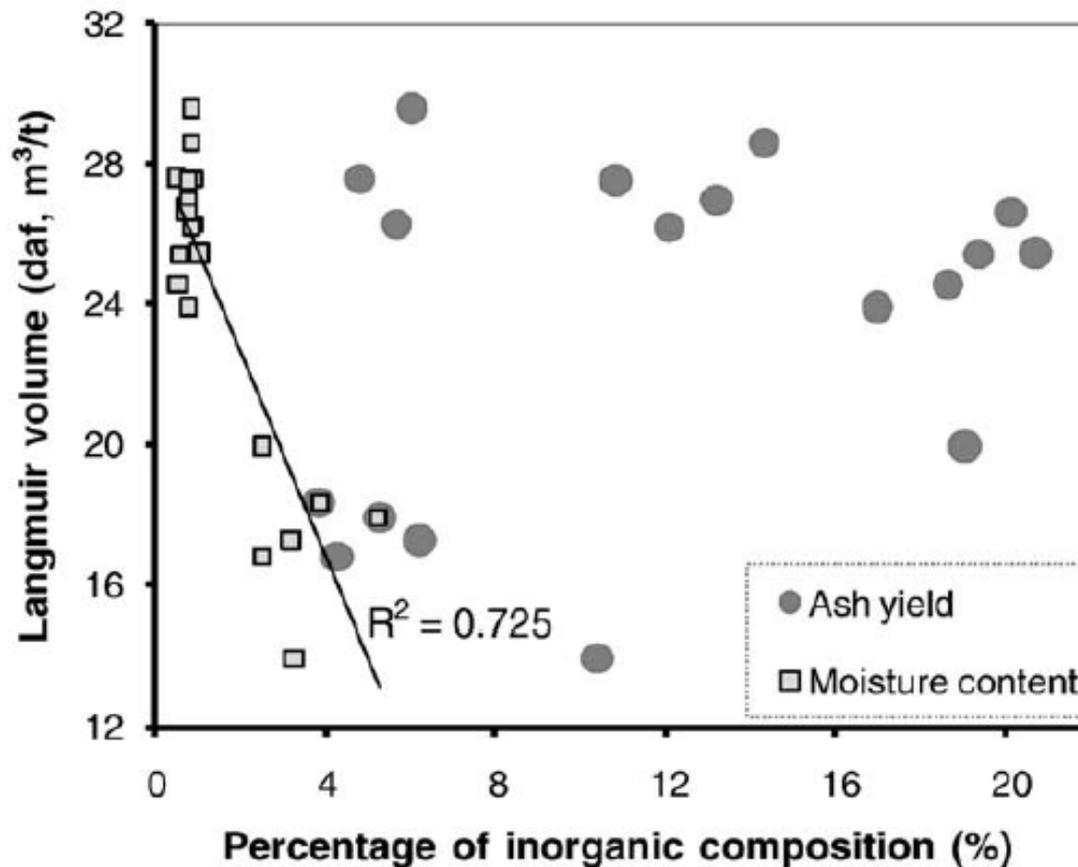
# Gas Asociada al Carbón (CBM)



Generación de gas en carbón. Al aumentar la temperatura y la presión, cambia el rango del carbón junto con la capacidad de generar y almacenar metano. Con el tiempo, se produce la deshidratación y la devolatilización provocando la contracción de la matriz del carbón y la formación de diaclasas endógenas (Tomado de Oildfield, 2004)

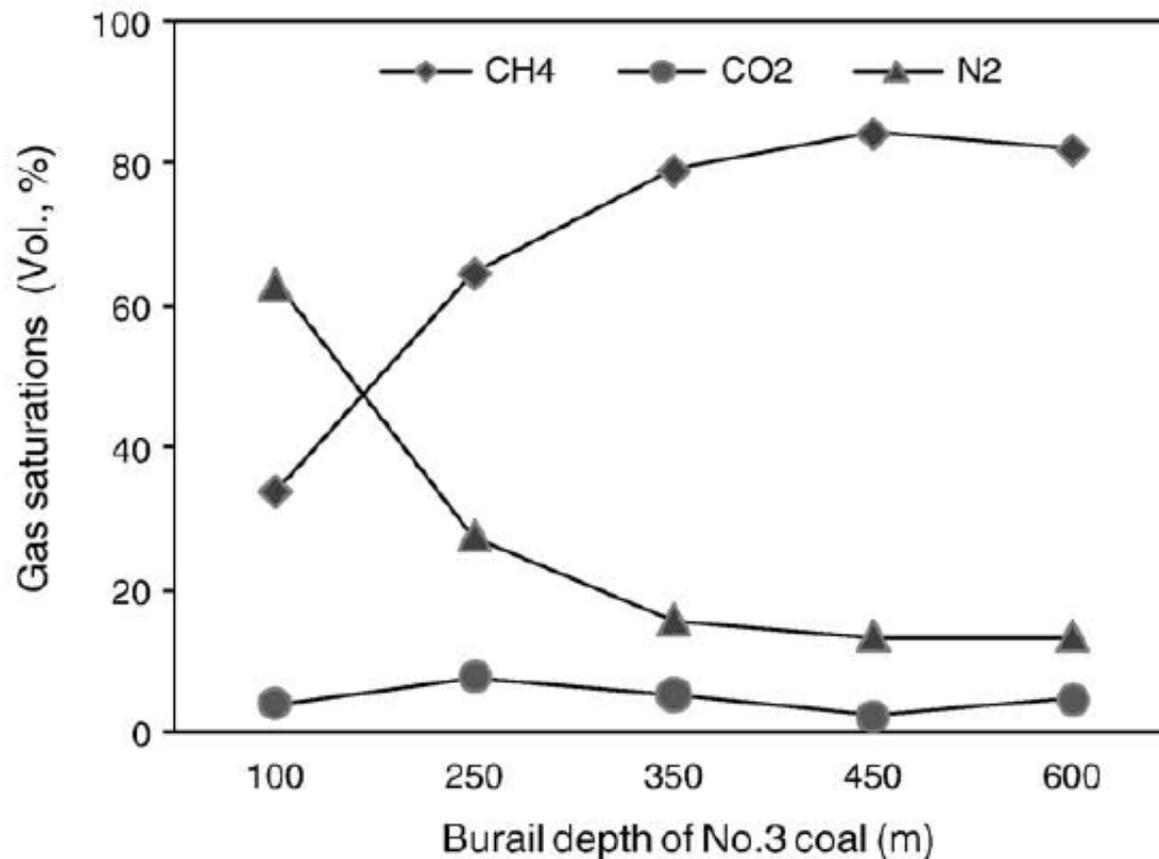
# Características del carbón y su contenido de CBM





Capacidad de adsorción relacionada con el componente inorgánico en forma negativa (Crosdale et al., 1998; Hildenbrand et al., 2006; Levine, 1993)

La preservación de CBM a profundidades mayores es mayor que en las profundidades mas someras (p.e. Hildenbrand et al., 2006, Yao et al., 2009)



## RESULTADOS ENCONTRADOS EN COLOMBIA

Antiplano Cundiboyacense		Antiplano Antioqueño	
Profundidad (Metros)	Contenido (pies <sup>3</sup> /ton)	Profundidad (Metros)	Contenido (pies <sup>3</sup> /ton)
5 - 25	0.5 - 2	25 - 75	15 - 25
400 - 500	10 - 30	200 - 400	20 - 50
500 - 600	50 - 150		
Costa Caribe Colombiana			
Profundidad (Metros)	Contenido (pies <sup>3</sup> /ton)		
30 - 50	25		
100	50		
300	100		
500	150 a 300		

Figura 4 Contenidos de Gas asociado al carbón en las principales cuencas de Colombia.

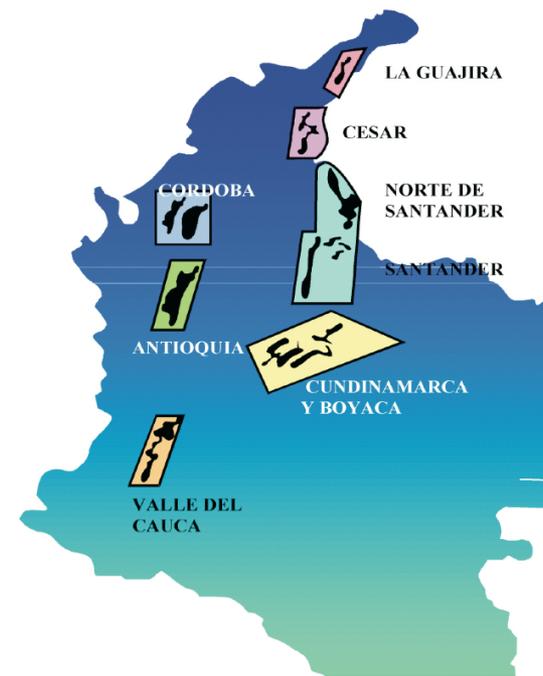


Figura 5 Cuencas carboníferas en Colombia, (Ingeominas 2005.)

Mariño y Mojica , 2011. CCG 2011

El contenido de gas en los mantos de carbón varía fuertemente con la **profundidad y rango del carbón.**

Los carbones explotables y los carbones superficiales pueden variar desde **pocos pies cúbicos hasta valores de 200 a 300 pies<sup>3</sup>/ton.**

A profundidades mayores y mayores rangos del carbón, los contenido de gas pueden ascender a rangos de **500 a 700 pies<sup>3</sup>/ton** , lo cual va a depender mayoritariamente de la historia de enterramiento y el la evaluación tectónica de cada área.

En aquellos lugares donde las profundidades y la historia de enterramiento es positiva para la producción de CBM, el **volumen total y el espesor promedio de los mantos de cada cuenca se convierten en los factores predominantes.**

**Tabla 1. Análisis de los factores geológicos para la recuperación de CBM**

	<b>Generación de gas<sup>1</sup></b>	<b>Retención de gas<sup>2</sup></b>	<b>Migración de fluidos<sup>3</sup></b>	<b>Valoración</b>
Historia tectónica y de enterramiento	++++	++	+	+++++++
Caracterización carbones	++++	++++	+	+++++++
Condiciones geológicas recientes		++++	++++	+++++++

Fuente: Alberta Geological Survey (1990, Information Series No. 109)

<sup>1</sup>Suficientes cantidades de gas fueron generados en el pasado geológico durante la maduración de la material orgánica

<sup>2</sup>Suficientes cantidades de gases han sido retenidos en el manto de carbón como un reservorio.

<sup>3</sup> Por medio de la reducción de la presión de fluidos, el gas puede migrar hacia el reservorio a una rata económicamente aceptable.

# Valoración de variables cualitativas para la zonificación preliminar

## CONSOLIDACION GIS: MAPAS TEMATICOS Y GEODATABASE

Historia tectónica y de enterramiento: <b>HT</b>	Caracterización carbones: <b>CC</b>	Condiciones geológicas recientes: <b>GR</b>
<p><b>Grado tectonismo:</b> Mapa estructural</p> <p><b>Grado de enterramiento:</b> Mapa isolitos de carbón y profundidad de los carbones</p>	<p><b>Rango del carbón</b> Mapa de rangos del carbón</p> <p><b>Material volátil:</b> Mapa de isovalores %MV</p> <p><b>% Humedad:</b> Mapa de isovalores de %H</p> <p><b>Reflectancia a la Vitrinita</b> Mapa de isovalores de %Ro</p>	<p><b>Flujo de aguas subterráneas:</b> Mapa hidrogeológico, nivel de la tabla de agua</p> <p><b>Presión, Temperatura, porosidad:</b> Mapa de grados de actividad minera actual</p>

## ZONIFICACION EN TERMINOS DE PROSPECTIBILIDAD: valoración de expertos: **HT+CC+GR**

**Alta, Media, Baja**

## PROGRAMA DE PERFORACION

# PROGRAMA DE PERFORACIONES Y MUESTREO DE GAS IN-SITU

PROGNOSIS	PERFORACIONES	CURVAS DE DESORCION
<p><b>Geología de detalle</b> Mapa geológico-estructural, 1:25.000</p> <p><b>Estratigrafía</b> Columna prognosis 1:200</p>	<p><b>Pozos corazonados NQ, HQ</b> Profundidades hasta 500 m</p> <p><b>Toma de registros</b> Gama ray, densidad</p> <p><b>Muestreo multipropósito</b>  <b>Carbones in situ:</b> próximos, %Ro, Macerales, curvas de desorción  <b>Areniscas:</b> petrografía, minerales densos, separación Circones y Apatitos.  <b>Limos:</b> polen</p>	<p>Toma muestras in-situ Canisters</p> <p>Contenido de gas por estimación directa (scf/ton)</p>

Programa @Risk

<b>Area =</b>	acres
<b>Espesor Neto =</b>	feet
<b>Gc =</b>	scf/Ton
<b>Densidad =</b>	gm/cc

Contenido de gas in place

## VALORACION ESTADISTICA METODO DE MONTECARLO

Cálculo de recursos P5%, P50%, P95%, Pmean (MMCF)

# Zonificación Preliminar

75°50'0"W

810.000

75°40'0"W

820.000

LOCALIZACIÓN

830.000

76°W

74°W



1.160.000

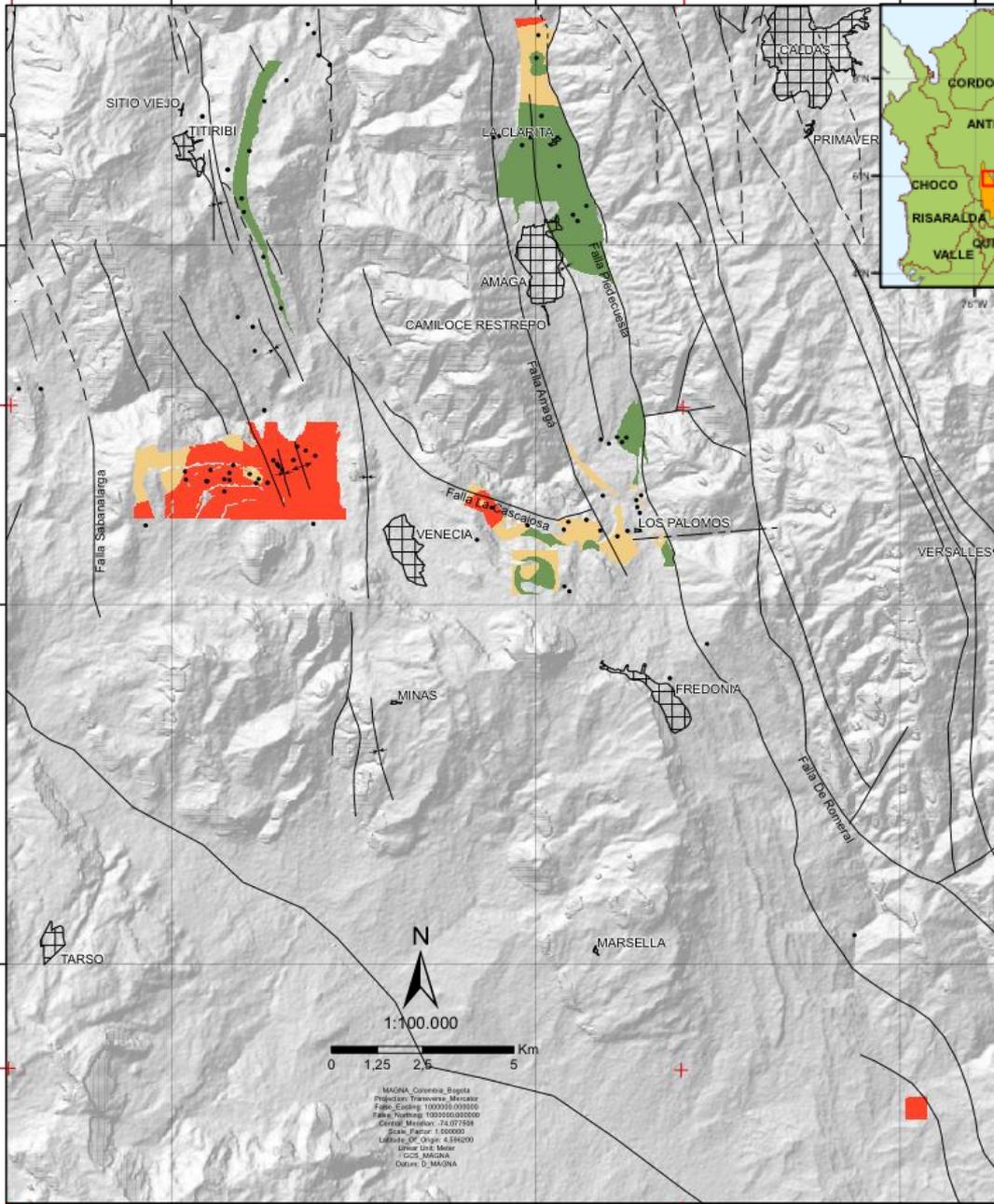
6°0'0"N

1.150.000

1.140.000

5°50'0"N

75°50'0"W



## Valoración

- Alto
- Medio
- Bajo




Valoración del potencial de gas metano asociado al carbón en la cuenca Amagá y en las áreas carboníferas de Boyacá y Cundinamarca

**CBM CUENCA AMAGA**

**MAPA ZONIFICACION CBM**

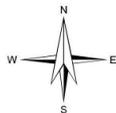
Fuentes: Planchas 130, 146, 166, 186, 205 INGEOMINAS. Carbocol., 1990, Ingeominas., 2004

Convenio 14 de 2010 ANH - EAFIT  
Medellín, Diciembre 2011

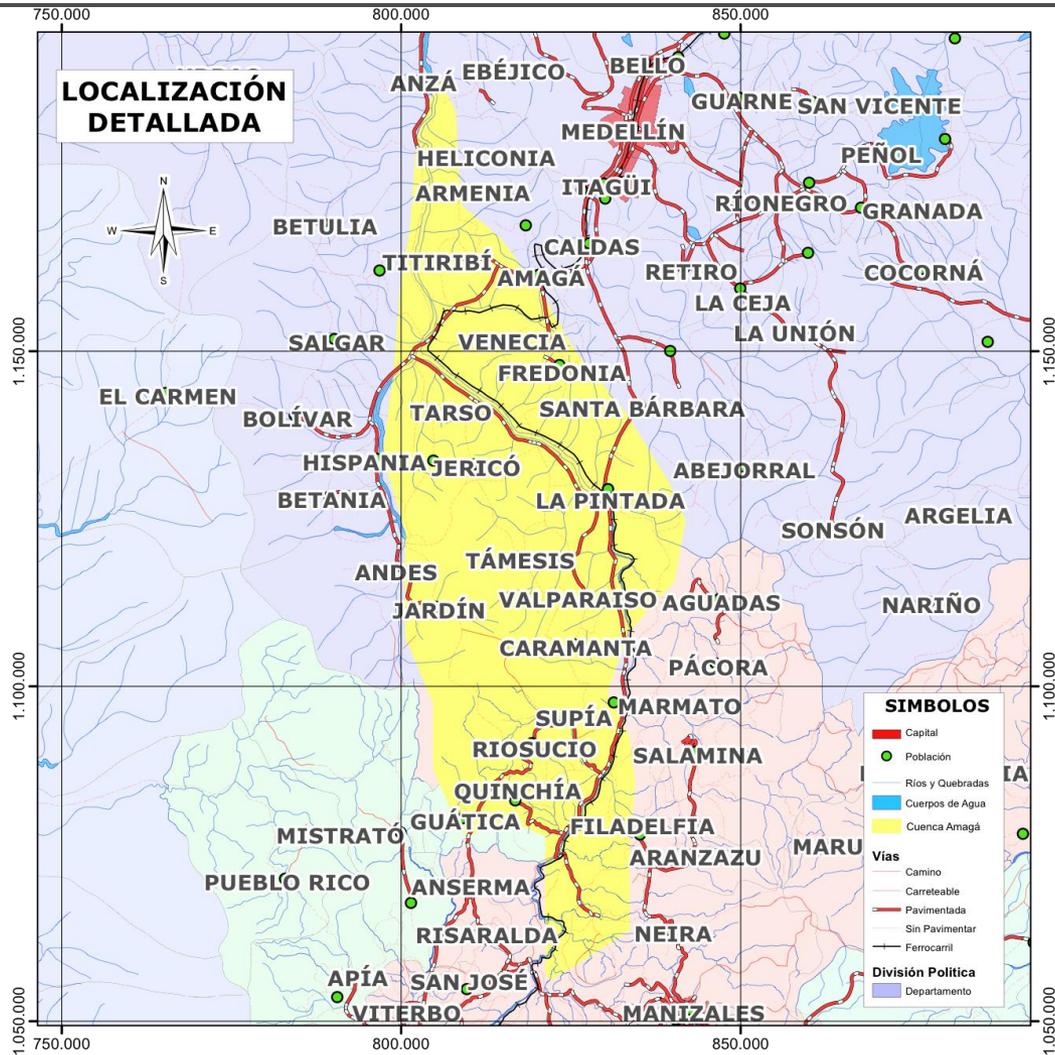
# VALORACION CUENCA CARBONIFERA AMAGA

# LOCALIZACIÓN ÁREA PROYECTO

## LOCALIZACIÓN GENERAL



## LOCALIZACIÓN DETALLADA



SIMBOLOS	
	Capital
	Población
	Ríos y Quebradas
	Cuerpos de Agua
	Cuenca Amagá
<b>Vías</b>	
	Camino
	Carretable
	Pavimentada
	Sin Pavimentar
	Ferrocarril
<b>División Política</b>	
	Departamento

# Etapas del proyecto

- Recopilación de la información geológica- minera
- Elaboración de mapas geológicos a escala 1:50000 y 1:100000
- Bases de datos sobre calidad del carbón, se determina un valor preliminar de contenido de GAC, a partir del rango del carbón. (Métodos Indirectos).
- Zonificación preliminar de la cuenca en términos de CBM
- Localización de pozos y prognosis
- Perforación (hasta 500 metros)
- Análisis de gas in-situ
- Muestreo multi-propósito
- Análisis de registros y logeo
- Análisis y modelación estadística para la valoración final del Play
- Zonificación final de la cuenca e implementación del SIG

Para la valoración se hizo un proceso de recopilación de información tanto primaria como secundaria.

## ***Columnas estratigráficas:***

≈ 108, frentes de minas subterráneas, afloramientos en superficie

## ***Perforaciones:***

20 pozos (≈ 200 m), mantos ≈ 14 , espesor de 0.40m – 1.50 m.

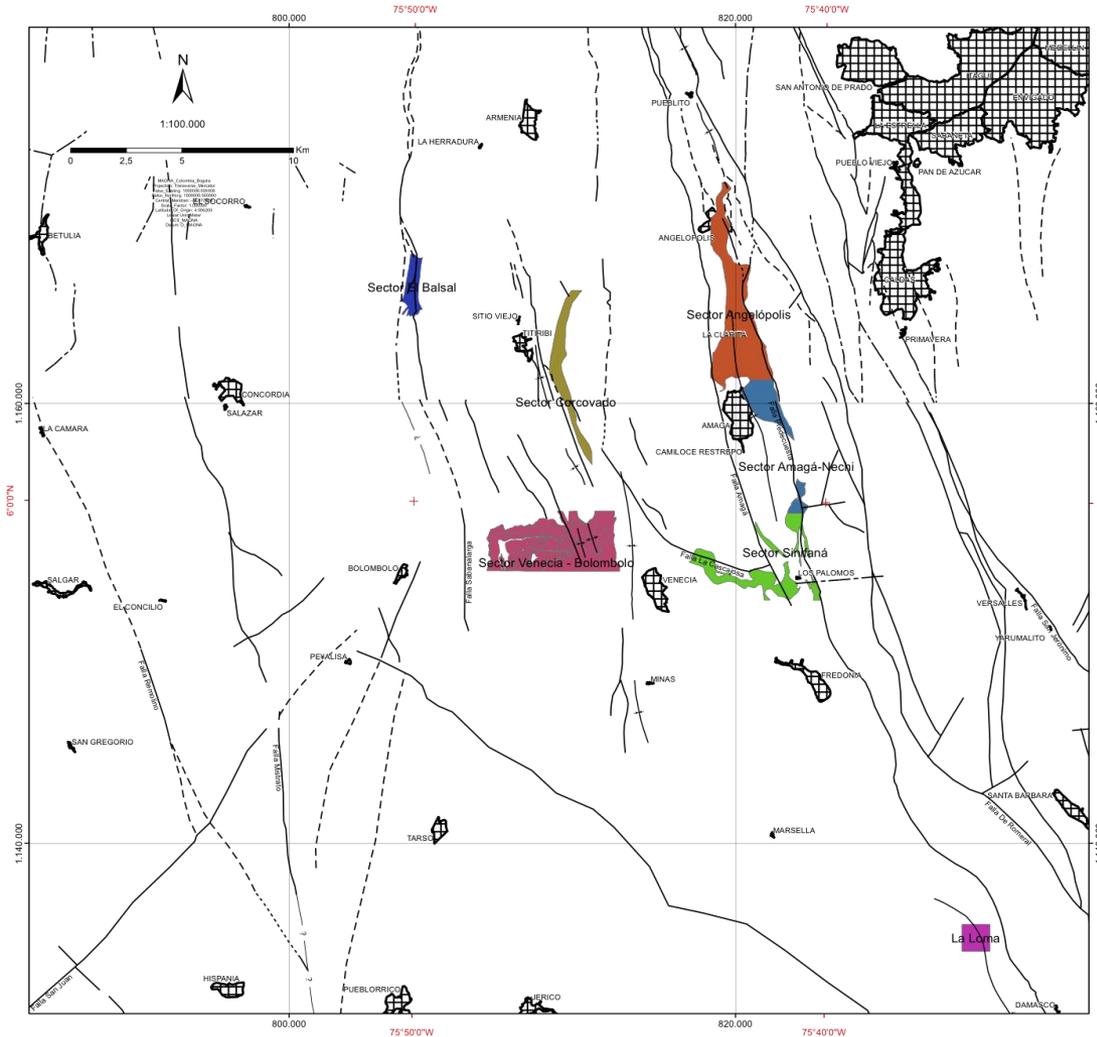
## ***Cortes geológicos ≈ 143***

## ***Caracterización físico-química de los carbones.***

- (1) Ambiente tectónico y de enterramiento,
- (2) Calidades del carbón
- (3) Condiciones geológicas actuales, incluyendo profundidad, presión, temperatura (influencia de la actividad minera actual) e hidrogeología,, como factores determinantes para:

- (a) Generación del gas;**
- (b) Retención del gas;**
- (c) Migración de los fluidos**

# MAPA DE ZONAS CARBONIFERAS



## Áreas Carboníferas Cuanca Amagá

- La Loma
- Rincon Santo
- Sector Amagá-Nechí
- Sector Angelópolis
- Sector Corcovado
- Sector El Balsal
- Sector Sinifaná

Valoración del potencial de gas metano asociado al carbón en la cuenca Amagá y en las áreas carboníferas de Boyacá y Cundinamarca

**CBM CUENCA AMAGA**

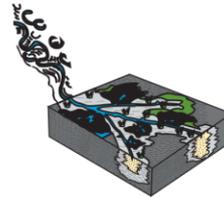
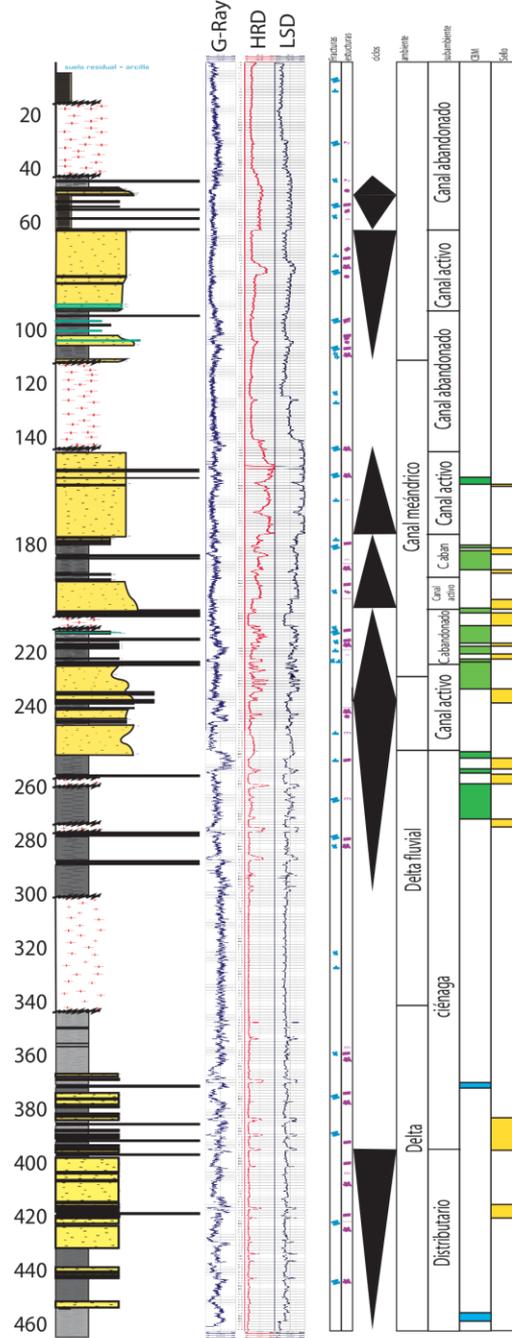
**MAPA**  
**ÁREAS CARBONÍFERAS**  
**CUENCA AMAGA**

Fuentes: Grosse 1926; Ingeominas Planchas 130, 146, 166, 186, 205

Convenio 14 de 2010 ANH - EAFIT  
Medellín, Diciembre 2011

1 Km  
0

# Análisis de los ambientes sedimentarios Formación Amagá

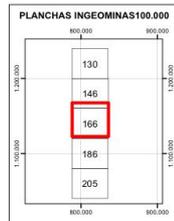
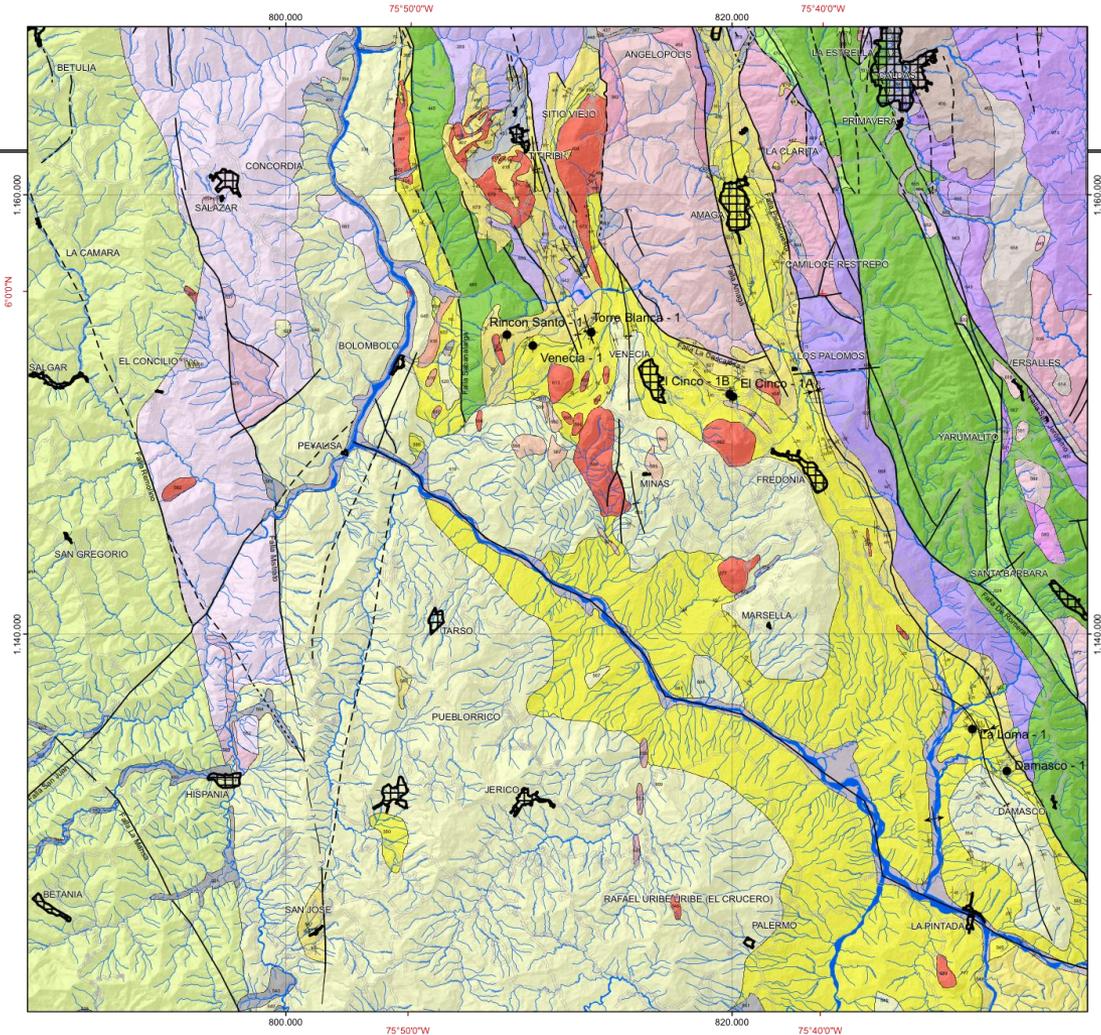


-  CBM
-  Sello
-  Arenisca
-  Limolita
-  Arenisca Conglomeratica
-  Limolita carbonosa
-  Silo
-  Brecha
-  Carbon
-  Arcillolita

Bustamante et al., CCG 2011

Pozo Venecia-1

# MAPA GEOLOGICO Y ESTRUCTURAL

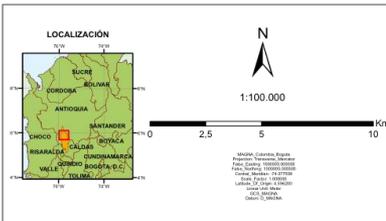


**Convenciones**

- Falla
- Falla invertida
- Falla subparalela
- Falla cubierta
- Falla de rumbo
- Endinaz
- Anticinal
- Lineamiento
- Inclinación
- Bucaramento
- Área Urbana

**Litología**

Qa	Trng	Kuqg	Alp
Qd	Teda	Krb	Jus
Qa	Teda	Rg	Jaf
Qd	Teda	Kvln	TRa
Qrav	Tac	Kuzf	Proh
Qd	Tos	Kgh	Phg
Qd	Tai	Kms	Pav
Qa	Td	Kup	Pal
Tad	Tadh	Kua	Pes
Tad	Kidgh	Kaa	Pes
Tcf	Kthfa	Kaa	Pesd
Tpc	Kthfa	Kn	Pai
Tps	Kthfa	Kb	Pang
Tpc	Kdt	Kach	Pag
Tpa	Kga	Kac	Pel
Tnc	Kgab	Kuh	PE/Tum
Tpb	Kda	Kvc	PE/eh
Tps	Kga	Kca	PE/eh
Tadp	Kata	Kicu	



**ANH** **UNIVERSIDAD EAFIT**

Valoración del potencial de gas metano asociado al carbón en la cuenca Amagá y en las áreas carboníferas de Boyacá y Cundinamarca

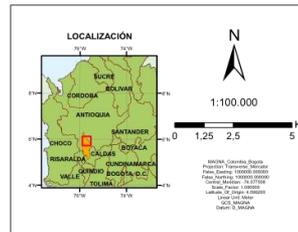
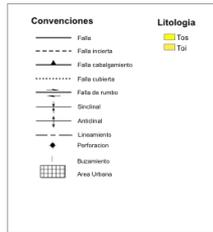
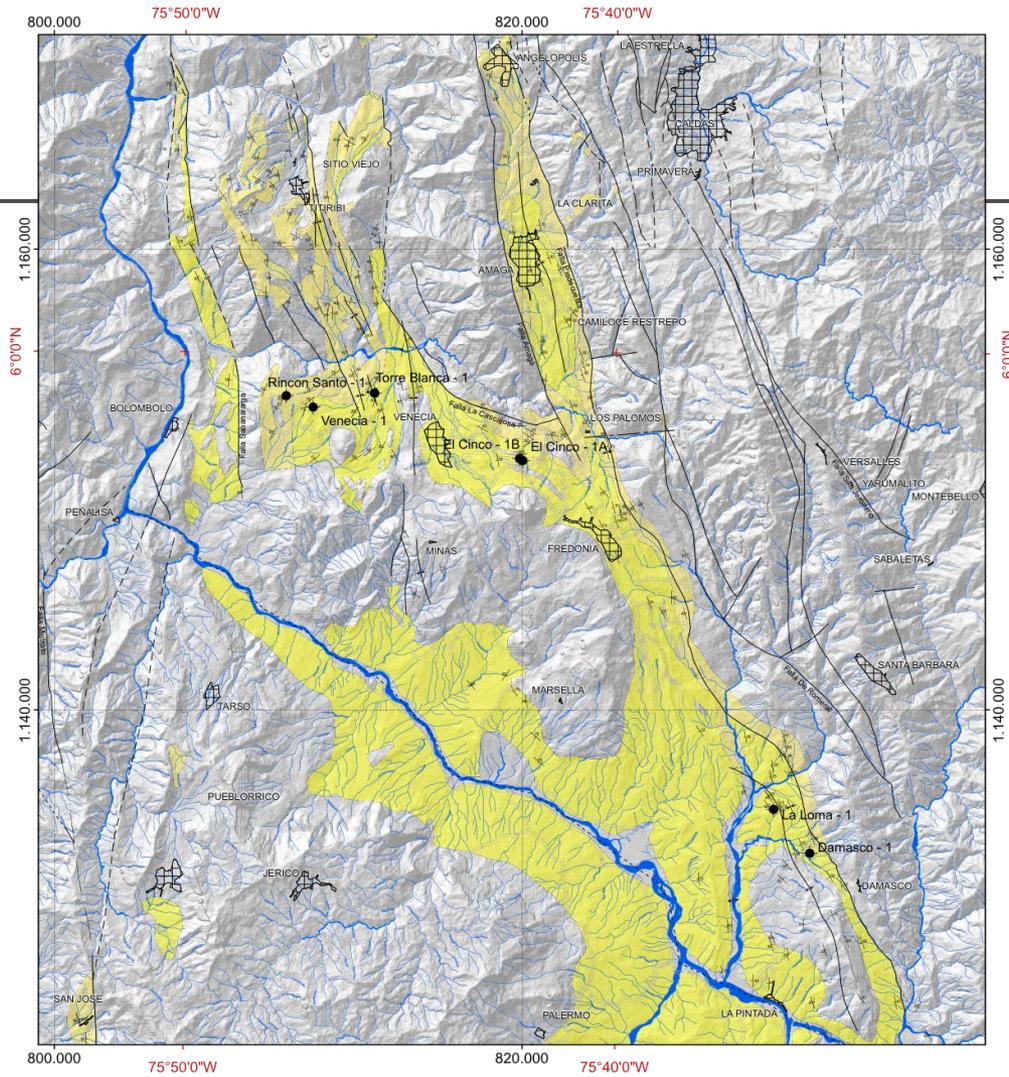
**CBM CUENCA AMAGÁ**

**MAPA GEOLOGICO CUENCA AMAGÁ ZONA CENTRAL**

Fuentes: Glose 1906, Ingeominas Planchas 130, 146, 166, 186, 205

Convenio 14 de 2010 ANH - EAFIT Medellín, Diciembre 2011

# MAPA GEOLOGICO Y ESTRUCTURAL



Valoración del potencial de gas metano asociado al carbón en la cuenca Amaga y en las áreas carboníferas de Boyacá y Cundinamarca

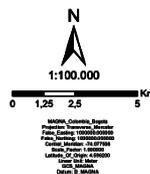
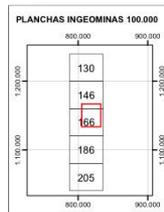
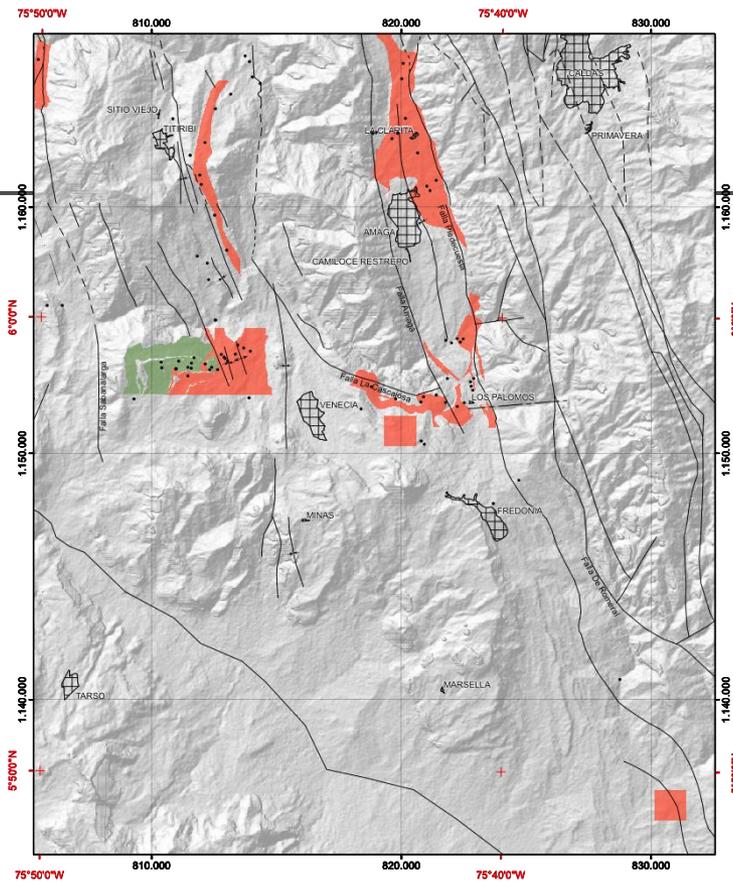
**CBM CUENCA AMAGA**

**MAPA ESTRUCTURAL CUENCA AMAGA**

Fuentes: Grosse 1926; Ingeominas Planchas 130, 146, 166, 186, 205

Convenio 14 de 2010 ANH - EAFIT  
Medellín, Diciembre 2011

# Superposición Mapas temáticos



Valoración del potencial de gas metano asociado al carbón en la cuenca Amagá y en las áreas carboníferas de Boyacá y Cundinamarca

**CBM CUENCA AMAGÁ**

**MAPA VALORACIÓN RANGO DEL CARBÓN**

Fuentes: Planchas 130, 146, 166, 186, 205 INGEOMINAS, Carbocel, 1990, Ingeominas, 2004

Convenio 14 de 2010 ANH - EAFIT  
Medellín, Diciembre 2011

# (1) Venecia- Bolombolo: Rincón Santo - Bolombolo

- Zona poco explotada
- Rangos de carbón bituminosos altos en volátiles, la presencia de intrusivos han producido anomalías térmicas que pueden generar cambios en el rango del carbón a profundidades menores.
- Sistemas de sinclinales que harían propicio el almacenamiento de gas.
- Se interpreta según el comportamiento de los procesos deposicionales en el registro estratigráfico, que hacia la zona sur (región de Pueblo Rico, Támesis y Jardín), la cuenca se puede ir profundizando.
- Mejoramiento de las condiciones de retención de gas asociadas a mayores profundidades, adicionalmente se tendría, la cobertera del miembro superior de la Formación Amagá y los sedimentos volcano-sedimentarios de la Formación Combia.

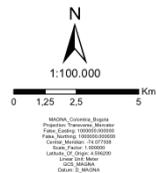
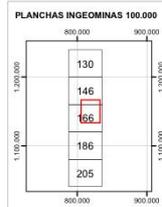
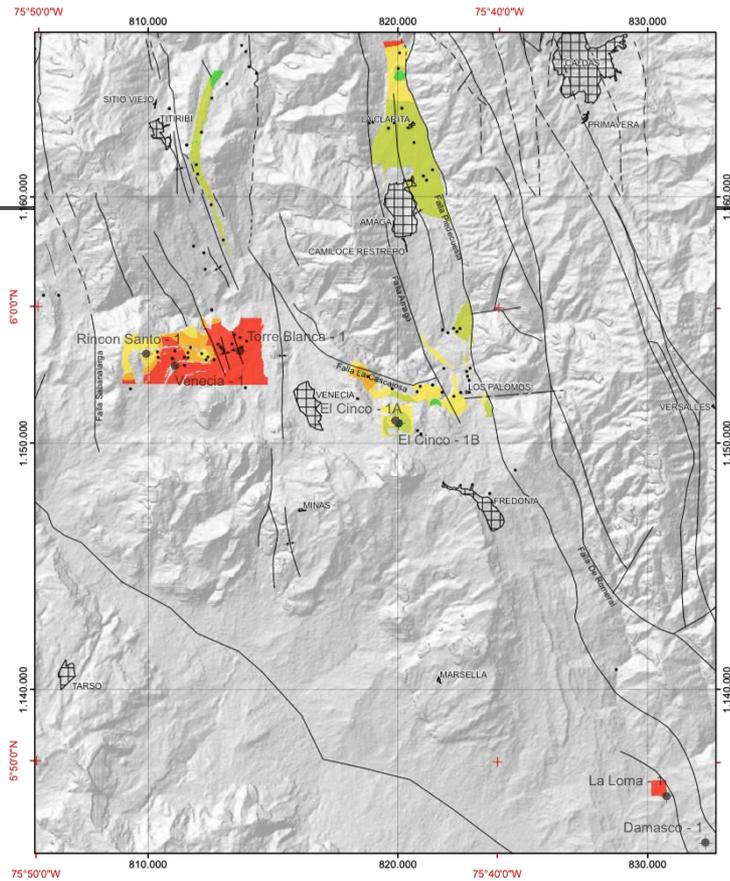
## (2) Angelópolis – Amagá- Nechí -Sinifaná

- Zona de valores menores de %Ro, con poco contenido de Azufre y altos valores de material volátil y altos contenidos de Ceniza.
- Altamente intervenida por la explotación mineral ilegal, generando escapes de gas en muchos frentes.
- Las minas legales, han reportado grandes cantidades de gas, que en ocasiones han ocasionado incendios al interior de la mina.
- Escarpes de fallas, el abatimiento de nivel freático que pueden estar generando escapes de gas que nos pueden ser cuantificados.

### (3) Zona de Titiribí: El Balsal, Corcovado

- Incremento en los contenidos de Azufre y altos valores de %Ro.
- Zona con profundidades menores a los 200 metros, altamente afectada por las intrusiones asociadas al volcanismo Combia, generando valores anómalos de %Ro asociados a semi-antracitas y antracitas.
- Altamente intervenida por explotaciones ilegales de carbón y de oro.
- Los altos contenidos de gas reportados por las empresas mineras, indican un continuo escape del mismo a través de los frentes explotados.

# PROGRAMA EXPLORATORIO



Valoración del potencial de gas metano asociado al carbón en la cuenca Amagá y en las áreas carboníferas de Boyacá y Cundinamarca

**CBM CUENCA AMAGA**

**MAPA ZONIFICACION CBM**

Fuentes: Planchas 130, 146, 166, 186, 205 INGEOMINAS, Carbocel, 1990, Ingeominas, 2004

Convenio 14 de 2010 ANH - EAFIT  
 Medellín, Diciembre 2011

POZO/profundidad	ESTE / NORTE	
Venecia-1 (467,5 m)	811067	1153153
El Cinco-1 <sup>a</sup> (278 m)	820029	1150821
El Cinco-1B (340 m)	819902	1150923
Rincón Santo-1 (247,5 m)	809915	1153645
Torreblanca-1 (529 m)	813691	1153752
La Loma-1 (327 m)	830762	1135694
Damasco-1 (85,4 m)	832309	1133795

Coordenadas origen Bogotá

# PERFORACION POZO RINCON SANTO-1



# Métodos directos: Pruebas de Desorción



(Procedimiento de muestreo, Foto del proyecto)

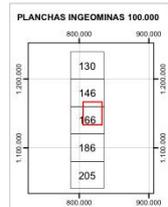
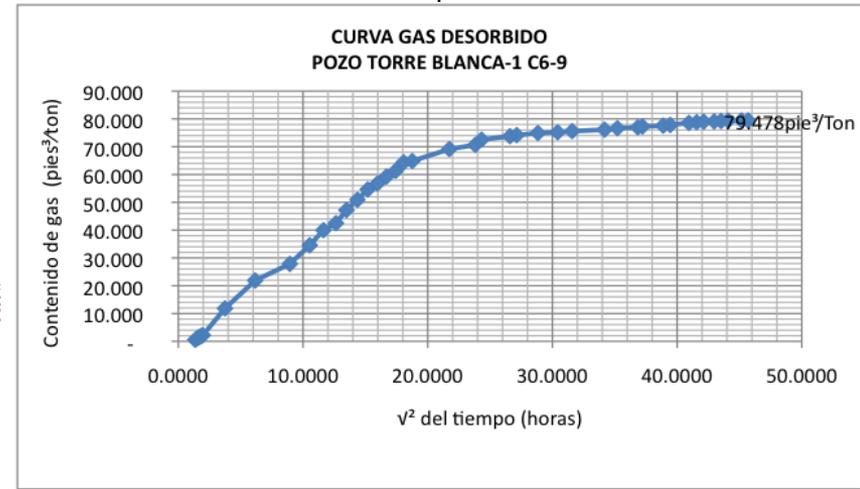
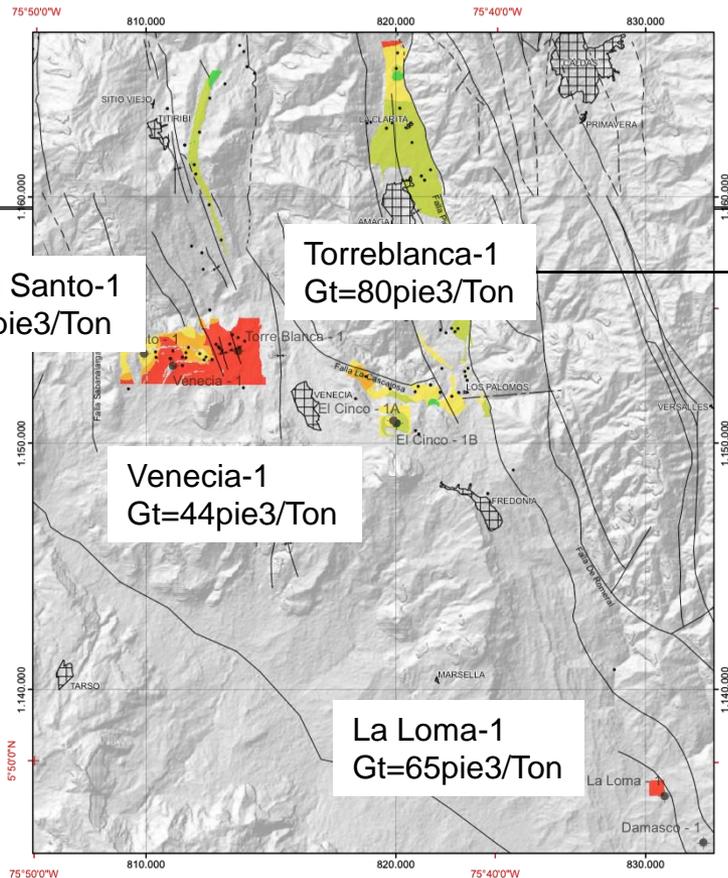
# PROGRAMA EXPLORATORIO

Rincón Santo-1  
Gt=12pie<sup>3</sup>/Ton

Torreblanca-1  
Gt=80pie<sup>3</sup>/Ton

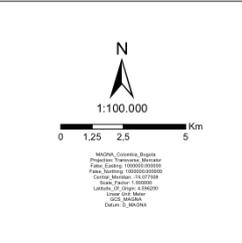
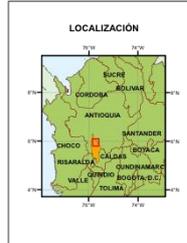
Venecia-1  
Gt=44pie<sup>3</sup>/Ton

La Loma-1  
Gt=65pie<sup>3</sup>/Ton



Convenções		Valoración	
---	Falla	■	2, Alto
- - -	Falla incierta	■	1, Medio
▲	Falla cabalgamiento	■	0, Bajo
⋯	Falla cubierta		
⊃	Falla de rumbo		
⊃	Sinclinal		
⊃	Anticlinal		
---	Lineamiento		
⊃	Columna		
•	Perforaciones		
⊃	Area Urbana		

Gt: gas total



Valoración del potencial de gas metano asociado al carbón en la cuenca Amagá y en las áreas carboníferas de Boyacá y Cundinamarca

**CBM CUENCA AMAGA**

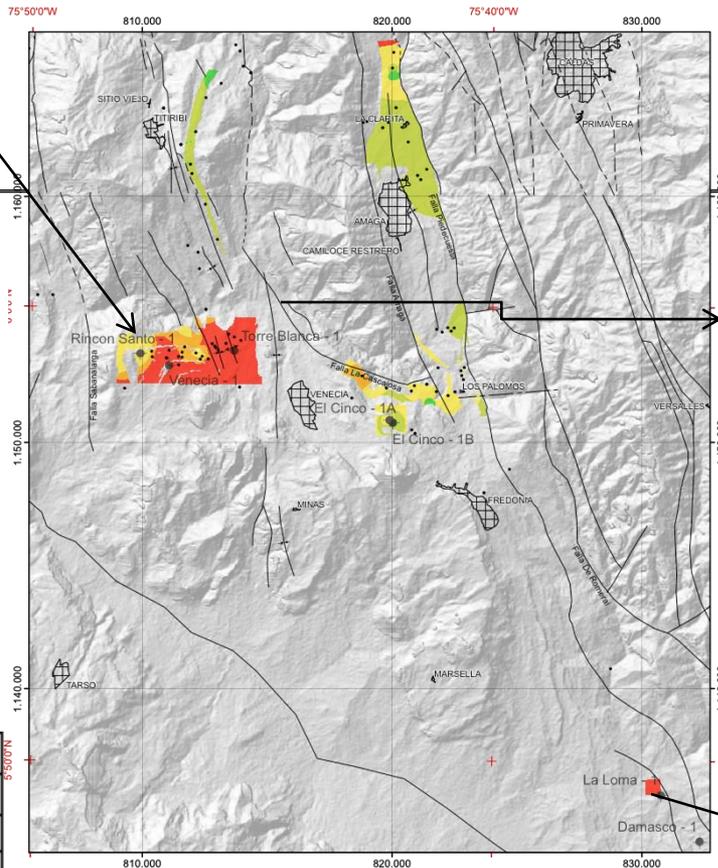
**MAPA ZONIFICACION CBM**

Fuentes: Planchas 130, 146, 166, 186, 205 INGEOMINAS, Carbocel, 1990; Ingeominas, 2004

Convenio 14 de 2010 ANH - EAFIT  
Medellín, Diciembre 2011

RECURSOS BLOQUE 1		
PERCENTIL	UNIDADES	RECURSOS
P5%	MMCF	84.9
P50%	MMCF	282.25
Pmean	MMCF	334.81
P95%	MMCF	778.47

**BLOQUE 1**  
 Rincón santo-1 (Gt=12pie3/Ton)  
 Venecia -1 (Gt=44pie3/Ton)



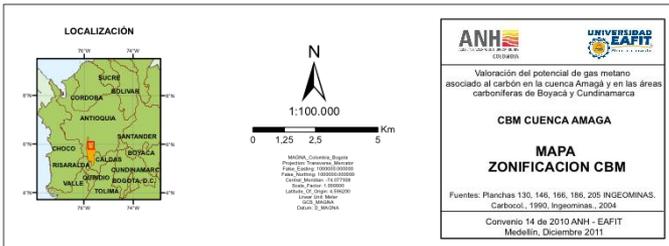
RECURSOS BLOQUE 2		
PERCENTIL	UNIDADES	RECURSOS
P5%	MMCF	108.1
P50%	MMCF	414.33
Pmean	MMCF	471.98
P95%	MMCF	1022.65

**BLOQUE 2**  
 Torreblanca-1 (Gt=80pie3/Ton)

RECURSOS GLOBALES		
PERCENTIL	UNIDADES	RECURSOS
P5%	MMCF	186.30
P50%	MMCF	805.99
Pmean	MMCF	1178.51
P95%	MMCF	3585.17

RECURSOS BLOQUE 3		
PERCENTIL	UNIDADES	RECURSOS
P5%	MMCF	110.21
P50%	MMCF	426.56
Pmean	MMCF	533.85
P95%	MMCF	1348.41

**BLOQUE 3**  
 La Loma-1 (Gt=65pie3/Ton)



VALORACION ESTADISTICA

P5% Representa el valor mas probable pero el menos optimista.

- La zonificación de la cuenca carbonífera Amagá presenta dos zonas con alta prospectividad, las cuales fueron coherentes con los contenidos de gas obtenidos mediante los análisis de desorción, donde el contenido de CBM está entre unos pocos (zona de media prospectividad) hasta valores de 100 pies<sup>3</sup>/ton en las de alta prospectividad.
- En la cuenca carbonífera de Amagá no hay una relación directa entre el contenido de gas y el % Ro, la razón es que en muchos casos los carbones podrían estar siendo afectados por los cuerpos ígneos y/o por fallas de cabalgamiento.

- La valoración inicial obtenida hasta el momento, es que incluso en las áreas consideradas como altamente prospectivas, los contenidos de gas total son relativamente bajos (80pie<sup>3</sup>/Ton).
- La valoración de las reservas igualmente indican que los recursos no son atractivos para una explotación comercial, ya que las áreas existentes son demasiado pequeñas para ser explotadas.

- Teniendo en cuenta la valoración estadística de CBM en la cuenca Amagá, se recomienda enfocar los siguientes esfuerzos en refinar los datos de contenidos de gas y principalmente de espesores acumulados. Esto posiblemente ayudará a disminuir el grado de incertidumbre de los resultados, teniendo en cuenta que refinar los datos no quiere decir disminuir la razón P95%/P5%, sino tener la certeza de que ese valor es el correcto.

**Muchas gracias !**

**[www.anh.gov.co](http://www.anh.gov.co)**

**[mmarince@eafit.edu.co](mailto:mmarince@eafit.edu.co)**