

PROPUESTA PARA EL CALCULO DEL FACTOR DE EMISIÓN DEL CARBON COLOMBIANO PARA ESTIMAR LAS EMISIONES FUGITIVAS PROCEDENTES DE LA EXTRACCIÓN DEL CARBÓN EN COLOMBIA

Hasta el momento, para estimar las emisiones de gas metano en Colombia generado por la extracción del carbón, se utiliza la metodología IPCC (2006) nivel 1, que involucra la producción de carbón y un factor de emisión resultante de las investigaciones realizadas en los países que han avanzado significativamente en el tema (Australia, EE.UU., Polonia, Mexico y China).

Inicialmente, las investigaciones se realizaron para dar respuesta a problemas de seguridad minera y actualmente también se utilizan para calcular las emisiones fugitivas de los gases de efecto invernadero en la extracción minera de carbón. Este factor de emisión depende de la profundidad de la explotación en la minería subterránea y del espesor de las capas supra yacentes al manto de carbón para la minería a cielo abierto.

En el presente documento se calculan las emisiones de dos maneras diferentes: **1)** para el nivel 1, a partir de la tabla 1, considerando características de las minas como profundidad y producción por cuenca, y no de forma generalizada, como se hace actualmente en Colombia, en donde se toma el valor de la producción subterránea a nivel nacional y se multiplica por un factor de emisión del IPCC tomando una profundidad según la cual se asume que las minas subterráneas en todo Colombia están por debajo de los 500 metros, situación que no corresponde a la realidad. En Colombia hay pocas minas que alcancen esta profundidad. Igual situación ocurre para la minería a cielo abierto. y **2)** se hace una propuesta de nivel 2 a partir de las mediciones de desorción por cuenca (zona-departamento)

1. CALCULO DE EMISIONES NIVEL 1 A PARTIR DE TABLAS INTERNACIONALES

Para calcular las emisiones del nivel 1 a nivel internacional se han establecido, de acuerdo al IPCC, los valores relacionados en la tabla 1, teniendo en cuenta parametros de profundidad y métodos de extracción.

Tabla 1. Factores de emisión para minería subterránea y a cielo abierto (IPCC, 2006)

FACTOR DE EMISIÓN EXTRACCIÓN DE CARBÓN NIVEL 1 IPCC					
MINERÍA SUBTERRÁNEA			MINERÍA CIELO ABIERTO		
PROFUNDIDAD (m)	m ³ /ton	pies ³ /ton	ESPESOR SOBRE CARGA (m)	m ³ /ton	pies ³ /ton
0 a 200 (bajo)	10	353.15	0 a 25 (bajo)	0.3	10.593
200 a 400 (medio)	18	635.58	25 a 50 (medio)	1.2	42.372
> a 400 (alto)	25	882.75	>50 (alto)	2	70.62

En el cálculo de emisiones fugitivas en Colombia, para seleccionar los factores de emisión de gas metano nivel 1, no se tuvo en cuenta la diferencia de profundidad de las minas de las diferentes cuencas del país y se asumió un valor generalizado de contenidos de metano para profundidades superiores a 400 metros, lo cual según la tabla 1, correspondería al factor de emisión más alto para la minería subterránea (25 m³/ton) de metano.

En los cálculos que se presentan a continuación para el nivel 1, se tiene en cuenta el método de explotación aplicado, la profundidad de las minas en cada cuenca y se utiliza la fórmula convencional, que calcula emisiones a partir de la Producción de Carbón (PC); el factor de emisión (FE) y el factor de corrección (FC=0.67X10⁻⁶ Gg/m³) para convertir metros cúbicos de gas a gigagramos así:

Emisión de Gas Metano (EG)=PC*FE*FC

El cálculo se realiza para el año 2015: se tiene en cuenta el carbón producido en este año por zona carbonífera (departamento); este factor de emisión se diferencié para minería a cielo abierto (1,2 m³/ton), considerando que las capas de rocas suprayacentes a los mantos de carbón tienen un espesor entre 25 y 50 metros y para minería subterránea diferenciando zonas y factores de emisión (10, 18 y 25 m³/ton) dependiendo de la profundidad de las minas (Ver tabla 2).

Las explotaciones de mayor producción en Cundinamarca alcanzan profundidades entre los 400 y 500 metros; por esta razón se les asigna un factor de emisión de 25 m³/ton, mientras que en las de Boyacá, Norte de Santander y Antioquia la profundidad esta entre los 200 y 400 metros, por esto se le asigna un factor de emisión de 18 m³/ton; en las demás cuencas la profundidad no supera los 200 metros por lo que se asignó un valor de 10 m³/ton. Para los departamentos donde prevalece la minería a cielo abierto se tomó un factor de emisión de 1,2 m³/ton.

Tabla 2. Cálculo de emisiones de Metano Nivel 1 considerando profundidad de las minas en cada cuenca.

CUENCA	PRODUCCIÓN DE CARBÓN AÑO 2015 (ton)	FACTOR DE CONVERSIÓN DE (Gg/m3)	FACTOR DE EMISIÓN CH ₄ (m3/ton)	EMISIÓN TOTAL NIVEL 1 (Gg) CH ₄
CESAR	45,422,176.50	0.00000067	1.2	36.52
GAUJIRA	33,703,409.00	0.00000067	1.2	27.10
CUNDINAMARCA	2,253,133.51	0.00000067	25	37.74
BOYACA	1,979,913.33	0.00000067	18	23.88
NORTE DE SANTANDER	1,874,573.38	0.00000067	18	22.61
SANTANDER	146,234.03	0.00000067	1.2	0.12
ANTIOQUIA	122,295.39	0.00000067	18	1.47
VALLE	30,709.57	0.00000067	10	0.21
CAUCA	6,672.60	0.00000067	10	0.04
CASANARE	4,874.84	0.00000067	10	0.03
CORDOBA	3,521.67	0.00000067	1.2	0.00
TOTAL	85,547,513.82			149.72
TOTAL TONCO₂e				3,144,129.97

Si este cálculo se hiciera de la misma forma en que se hizo el último cálculo de emisiones del país, el resultado sería como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Cálculo de emisiones de Metano Nivel 1 como hasta la fecha se ha realizado en Colombia.

CALCULO DE EMISIONES IPCC NIVEL 1 AÑO 2015				
TIPO DE MINERÍA	PRODUCCIÓN	FACTOR CONVE	FACTOR EMISIÓN	EMISIÓN Gg
Cielo Abierto	79,252,700.00	0.00000067	1.2	63.72
Subterránea	6,294,820.00	0.00000067	25	105.44
TOTAL Gg DE CH₄ EMITIDOS				169.16
TOTAL TONELADAS CO₂e				3,552,305.52

La diferencia entre los dos cálculos es de 19.47 gigagramos de metano, que equivalen a 408,870 Ton CO₂e; en el primer cálculo se hace una mejor aproximación a la realidad de las explotaciones de carbón, ya que se considera la diferencia de profundidades de las minas en las diferentes cuencas del país, mientras que en el segundo cálculo se asume que todas las minas subterráneas tienen una profundidad mayor a 400 metros.

Otra diferencia entre los cálculos es la partición en las emisiones por tipo de minería: en el primer cálculo, la minería a cielo abierto participa con 49.25% de las emisiones, y la minería subterránea participa con 50.75%. En el segundo cálculo, la minería a cielo abierto participa con 37.67% y la subterránea con 62.33%.

2. PROPUESTA DE CÁLCULO DE EMISIONES DE NIVEL 2 A PARTIR DE LAS MEDICIONES DE DESORCIÓN (CANISTERS) SOBRE MUESTRAS DE CORAZONES POR CUENCA (DEPARTAMENTO)

Esta propuesta presenta una estimación de las emisiones partiendo de información de perforaciones realizadas en algunas cuencas del país, mediante el análisis de las curvas profundidad & contenido de gas metano, de pruebas de desorción que se realizaron en estudios de exploración de CBM.

2.1 CUENCAS

Por razones geográficas, en Colombia se pueden diferenciar 12 zonas carboníferas, que en la mayoría de los casos coinciden con los límites de los departamentos así (figura 1):

1. Zona carbonifera La Guajira
2. Zona carbonifera Cesar
3. Zona carbonifera Córdoba-norte de Antioquia
4. Zona carbonifera Antioquia-antiguo Caldas
5. Zona carbonifera Valle del Cauca-Cauca
6. Zona carbonifera Huila-Tolima (actividad de explotación de carbón desconocida)
7. Zona carbonifera Cundinamarca
8. Zona carbonifera Boyacá
9. Zona carbonifera Santander
10. Zona carbonifera Norte de Santander
11. El borde llanero (actividad de explotación de carbón inexistente)
12. La Llanura Amazónica (actividad de explotación de carbón inexistente)

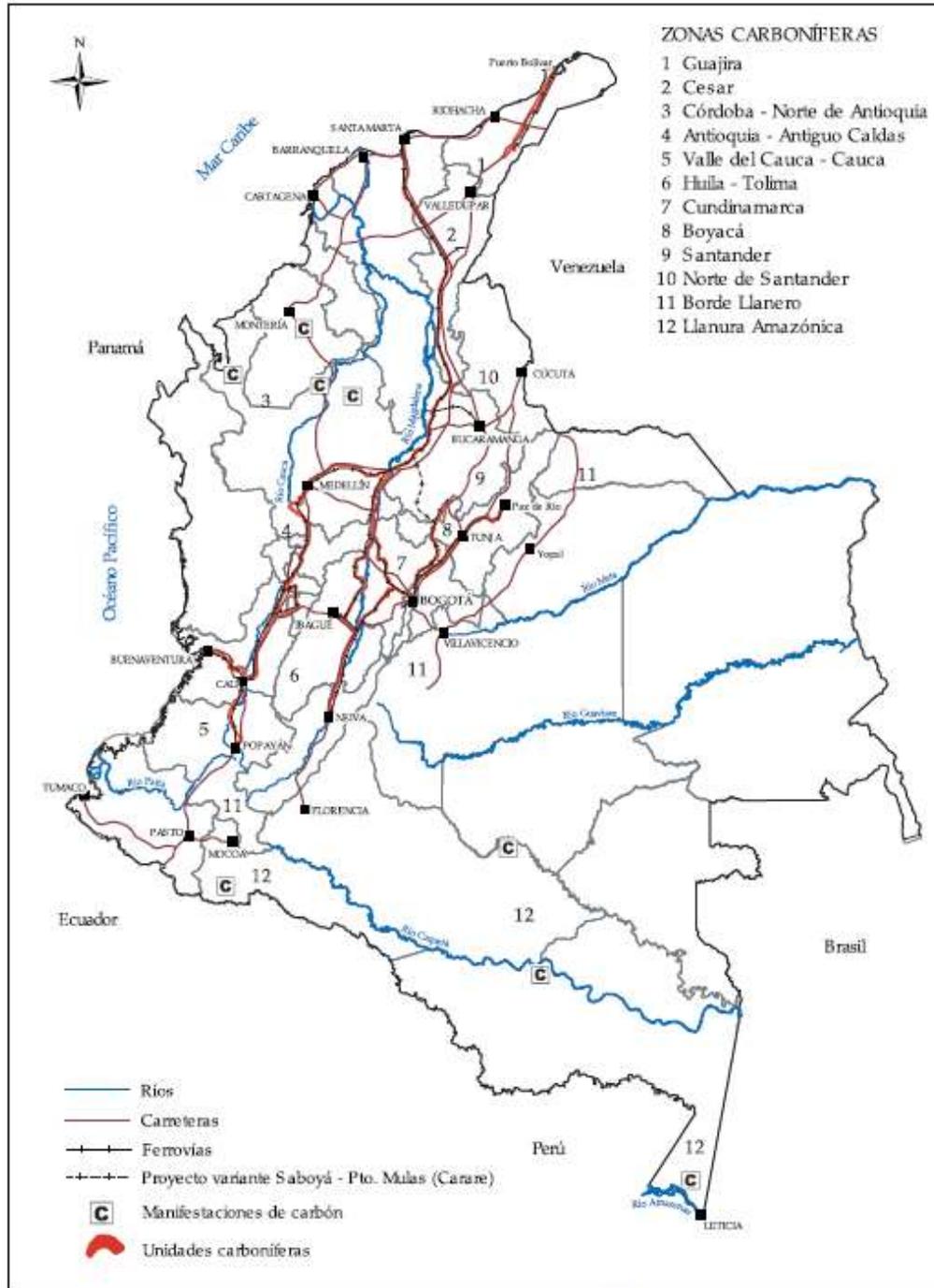


Figura 1. Distribución del carbón en Colombia. Fuente: INGEOMINAS, 2004

2.2 PRODUCCIÓN DE CARBÓN

La producción de carbón por zona o departamento es obtenida de la página oficial de la UPME para el año 2015 (Tabla 2).

2.3 CONTENIDO DE GAS MEDIDO

Las cantidades de gas metano medidas en algunas cuencas del país hacen pensar que el factor de emisión nivel uno, utilizado en los cálculos de emisión de gas metano para las explotaciones mineras de carbón en Colombia no se ajustan a la realidad y están por encima de las mediciones realizadas, como puede apreciarse en la Tabla 4, en donde se muestra que a 200 metros de profundidad, el mayor contenido de gas metano encontrado en las cuencas que extraen carbón de manera subterránea, es el altiplano cundiboyacense con 80 pies³/ton, que equivale a 2.27 m³/ton, el IPCC determina que para estas profundidades el factor de emisión es de 10 m³/ton.

Entre 200 y 400 metros de profundidad la mayor cantidad de gas metano medido está en la misma cuenca y corresponde a 150 pies³/ton, que equivale a 4.25 m³/ton; el IPCC para estas profundidades propone un factor de emisión de 18 m³/ton y para profundidades mayores a 400 metros la mayor cantidad de gas metano medido es la cuenca cundiboyacense y corresponde a 300 pies³/ton, que equivale a 8.5 m³/ton, el IPCC para estas profundidades tiene establecido un factor de emisión de 25m³/ton.

Tabla 4. Contenido de gas metano en pies³/ton VS. Profundidad en metros en varias zonas de Colombia.

PROFUNDIDAD (m)	CONTENIDO DE GAS METANO (cfs/ton)								FACTOR DE EMISIÓN IPCC NIVEL 1 MINERÍA SUBTERRÁNEA
	ALTIPLANO CUNDIBOYACENS		ANTIOQUIA ANTIGUO CALDAS		CESAR RANCHERÍA		GUAJIRA		
	pies ³ /ton	m ³ /ton	pies ³ /ton	m ³ /ton	pies ³ /ton	m ³ /ton	pies ³ /ton	m ³ /ton	
5 a 25	0,5 - 5	0.014 a 0.14			5 a 10	0.14 a 0.28			10 m ³ /ton
25 a 50			15 a 25	0.42 a 0.71			10 a 80	0.28 a 2.26	
50 a 100	5 a 30	0.14 a 0.85			10 a 15	0.28 a 0.42	80 a 200	2.26 a 5.66	
100 a 200	60 a 80	1.7 a 2.26	15 a 30	0.42 a 0.85	30 a 150	0.85 a 4.25	200 a 300	5.66 a 8.49	18 m ³ /ton
200 a 300	10 a 100	0.28 a 2.83	20 a 90	0.57 a 2.55					
300 a 400	10 a 150	0.28 a 4.25							25 m ³ /ton
400 a 500	50 a 150	1.42 a 4.25	20 a 90	0.57 a 2.55	50 a 175	1.42 a 4.95			
500 a 600	50 a 300	1.42 a 8.49	20 a 90	0.57 a 2.55					
600 a 700	100 a 300	2.83 a 8.49			70 a 200	1.98 a 5.66			

Fuente: Mariño et al. (2010)

El contenido de gas registrado en la anterior tabla se toma de la información secundaria publicada y consta de datos que han sido medidos con equipos de desorción canisters siguiendo las indicaciones de la oficina de Minas del EEUU (USBM).

Los mayores contenidos de gas metano se han encontrado en el Altiplano cundiboyacense, entre 600 y 700 metros (las minas todavía no llegan a esta profundidad) donde se encontraron contenidos máximos de 8,5 m³/ton. Este mismo factor de emisión se encontró en la Guajira a profundidades de 300 metros. Estas cantidades muestran que en Colombia los mantos de carbón bituminoso, por algún motivo no contienen la misma cantidad de gas metano que contienen carbones de calidad similar en otros países (Australia, EE.UU., China, Polonia, Méjico). A nivel

mundial, la producción de metano registra sus máximos en la etapa de formación de carbón bituminoso, más precisamente en la separación entre el rango bituminoso medio en volátiles (bmv) y el bajo en volátiles (bbv).

En Colombia, los carbones a los que se les ha hecho mediciones de contenido de gas metano se caracterizan por ser carbones con rangos que oscilan entre Bituminosos Alto en volátiles a Bituminosos medio volátiles, con reflectancia de la vitrinita (R_o) que está entre 0.6 y 1.5% y espesores acumulados de carbón que van de 10.0 m. a 19.8 m. Con estas características, al igual que ocurre en otros países, se esperaría que los contenidos de gas metano asociado a estos carbones fueran mayores a los registrados en Colombia.

Los bajos contenidos de gas metano asociado al carbón en Colombia se explican porque las cuencas carboníferas son más jóvenes, poco profundas, fuertemente influenciadas por la orogenia de la región, que ha generado deformaciones, cambios fuertes de presión y temperatura y tectónica complicada, con grandes discontinuidades (fallas) que causaron que el gas metano asociado a estos mantos de carbón se hubiera disipado. No es que el gas no se haya generado en dichos carbones sino que se perdió posteriormente al punto que los carbones quedaron subsaturados entre el 30 y 50% de su saturación inicial; los datos anteriores se obtuvieron a partir de isotermas de adsorción (Mariño et al., 2015).

A continuación se presenta la forma como se determinaron los contenidos promedios del Gas Metano medidos en perforaciones que atravesaron capas de Carbón en cada Departamento.

METODOLOGIA PARA REALIZAR EL CÁLCULO

Para estimar el factor de emisión por cuenca se parte de perforaciones corazonadas realizadas en Cundinamarca, Boyacá, Antioquia, Guajira y Cesar, en proyectos de exploración de CBM (adelantados por Ecopetrol, ANH, UPTC, EAFIT, SGC) de donde se obtuvieron muestras de diferentes mantos atravesados por las perforaciones a medida que se profundizaba. A las muestras se les mide la cantidad de gas que contienen mediante equipos de desorción canisters, siguiendo las metodologías de la oficina de minas de EE.UU (USBM).

Con estos datos de profundidad & contenido de gas (se elaboró la curva de promedio simple de contenido de gas metano) metano, se realizó un diagrama de dispersión para encontrar la tendencia lineal que abarque los puntos en cada una de las cuencas y permita observar la dispersión alrededor de la línea.

En las cuencas que no tienen perforaciones para medir la cantidad de gas metano (Norte de Santander, Santander, Cauca, Valle del Cauca y Casanare), se toman los valores de contenido de gas de cuencas cercanas y similares en sus características geológicas y calidades de los carbones.

CUNDINAMARCA

La zona de Cundinamarca comprende todo el departamento de Cundinamarca, pero la mayor parte de la exploración de CBM se ha centrado en el flanco occidental del sinclinal de Checua-Lenguazaque. Allí la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) y la universidad EAFIT (EAFIT) en el 2011 perforaron los pozos Cucunubá 1 y Cucunubá 2. En el mismo año, el Servicio Geológico Colombiano (SGC) y la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) adelantaron un proyecto de investigación y se perforaron los pozos Cucunubá 3 y Sutatausa 1 que sirvieron de base para la curva de emisiones (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.3).

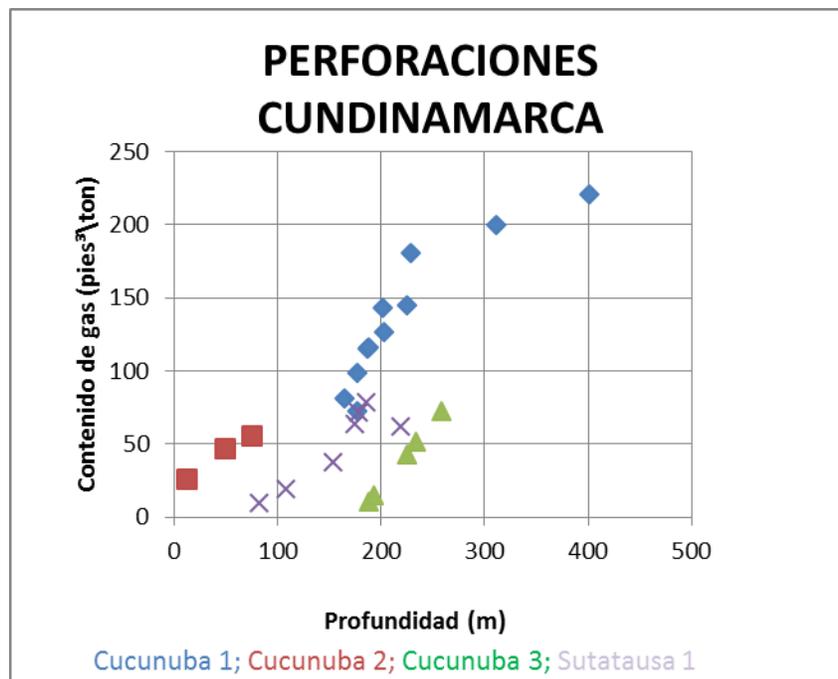


Figura 2. Contenidos de metano vs. Profundidad en cuatro pozos en Cundinamarca

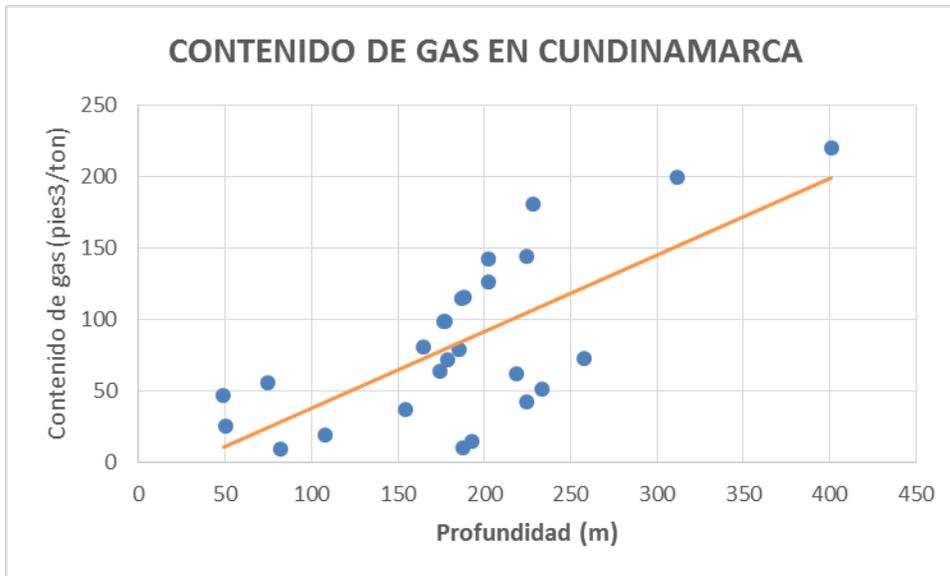


Figura 3. Línea de tendencia del incremento de contenido de gas con profundidad en Cundinamarca.

A través de esta gráfica se ilustra la línea que representa el promedio de contenido de gas a diferentes profundidades (figura 3) y muestra que entre 0 y 200 m de profundidad el contenido de gas está entre 25 y 90 pies³/ton, que equivale de 0,7 a 2,54 m³/ton, Entre 200 y 400 m. de profundidad, el contenido de gas está entre 90 y 200 pies³/ton, que equivale de 2,54 a 5,66 m³/ton.

La mayoría de la producción de carbón en Cundinamarca proviene de minas que tienen una profundidad cercana o mayor a 400 metros; por esta razón y según la figura 3, el valor a aplicar para la cuenca es de 200 pies³/ton, que equivale a 5,66 m³/ton.

BOYACA

La zona de Boyacá comprende todo el departamento de Boyacá y la exploración de CBM se ha desarrollado desde Raquirá a Socotá y de Sogamoso hasta Chinavita. En el departamento se perforaron los pozos Ráquirá 1, Samacá 1, Socotá 1, Socotá 2, Chinavita 1 y Úmbita 1 que sirvieron de base para la curva de emisiones presentada en la figura 5,.

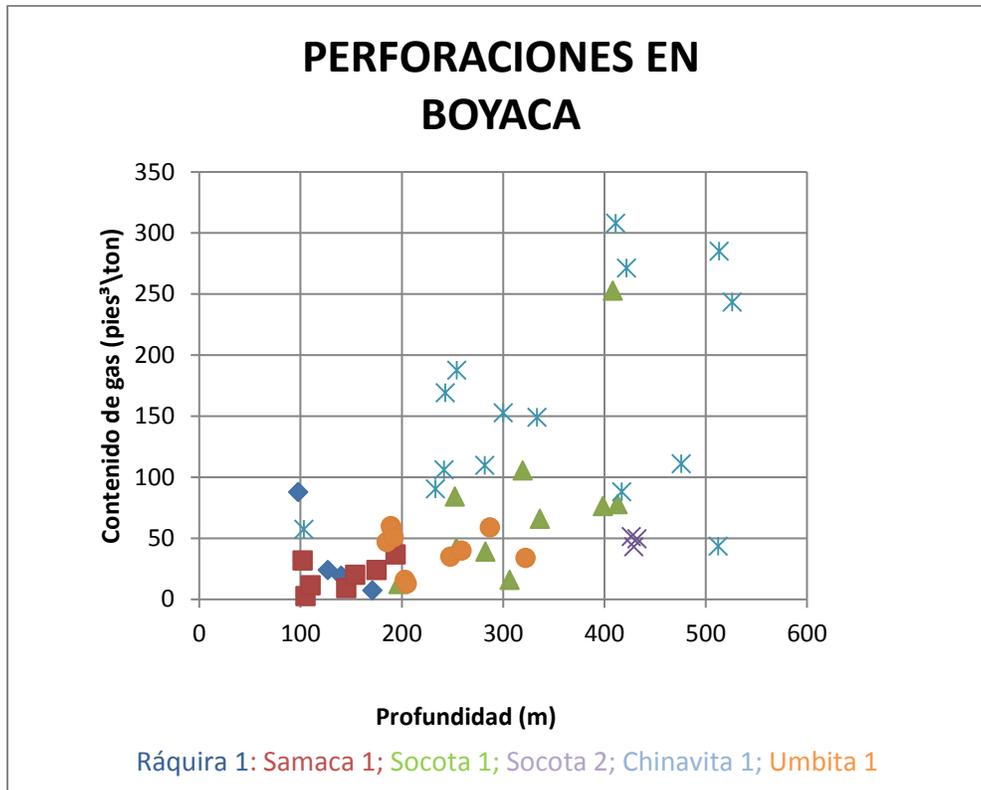


Figura 4. Contenidos de metano vs. Profundidad en seis pozos en Boyacá

La figura 5 muestra la línea de tendencia de contenido de gas metano a diferentes profundidades.

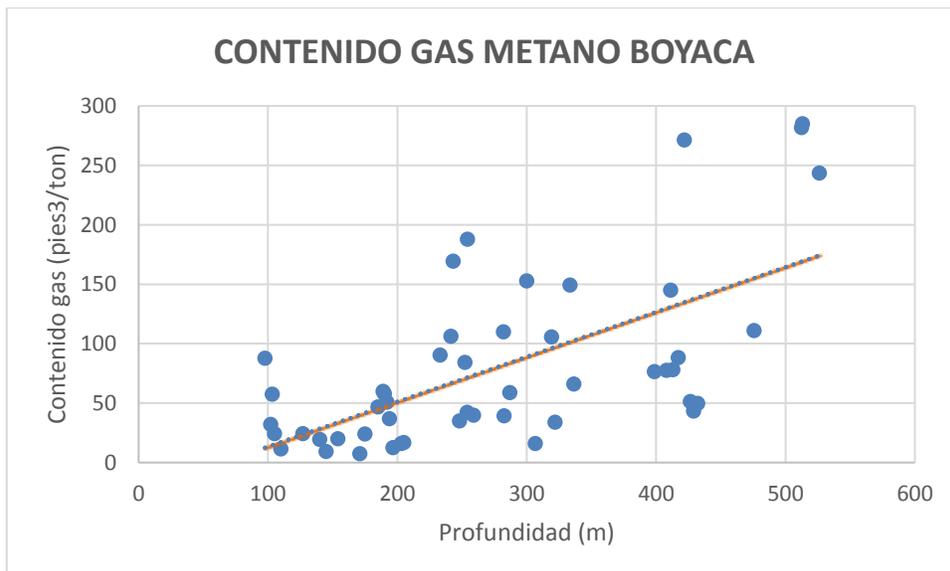


Figura 5. Línea de tendencia del incremento del incremento de contenido de gas con profundidad en Boyacá.

De la Figura 5 se determinó que entre 0 y 200 m de profundidad el contenido de gas está entre 10 y 50 pies³/ton, que equivale de 0,28 a 1,41 m³/ton. Entre 200 y 400 m

de profundidad el contenido de gas está entre 50 y 130 pies³/ton que equivale a 1,41 a 3,68 m³/ton.

La mayoría de la minería en Boyacá está por debajo de los 200 metros; se toma el valor que corresponde a la mayor profundidad 350 m y así el valor a aplicar para la cuenca es de 110 pies³/ton, que equivale a 3,11 m³/ton (Figura 5)

GUAJIRA

La información de la zona de la Guajira se centra en los alrededores del Cerrejón Central. Allí se analizaron cinco pozos: Pozo 3, Pozo 4, Pozo 7, Pozo 8 y Pozo 9, que sirvieron de base para la curva de emisiones (Figura 7).

De la línea que muestra los contenidos promedios de gas metano a diferentes profundidades, figura 7 se determinó que entre 0 y 200 m. de profundidad el contenido de gas está entre 40 y 50 pies³/ton, que equivale de 1,13 a 1,41 m³/ton, Entre 200 y 350 m. de profundidad el contenido de gas está entre 50 y 60 pies³/ton, que equivale de 1,41 a 1,7 m³/ton.



Figura 6. Contenidos de metano vs. Profundidad en cinco pozos en Guajira (Cerrejón)

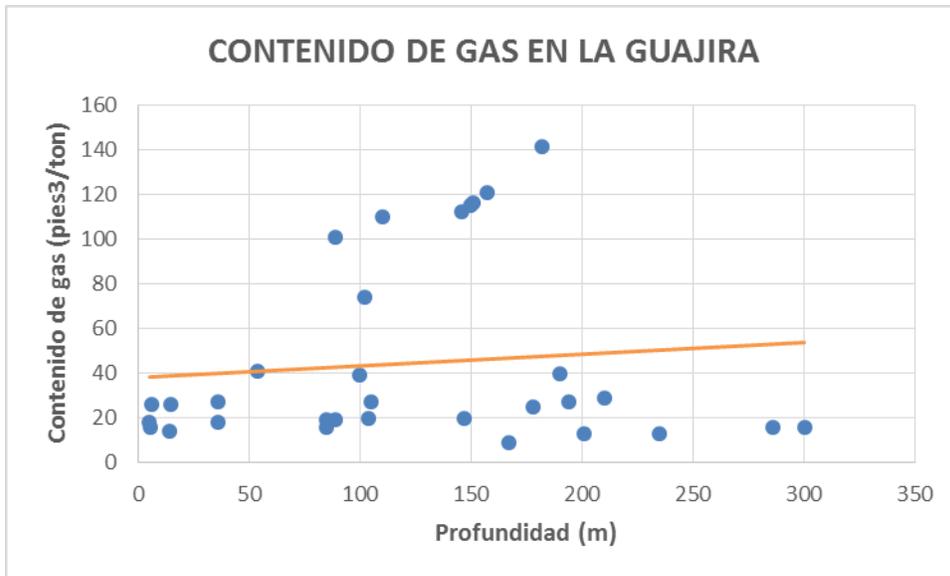


Figura 7. Línea de tendencia del incremento de contenido de gas con profundidad en la Guajira

La profundidad promedio de los pits en la Guajira es cercana a 150 metros, el valor de contenido de gas metano a aplicar para la cuenca es de 45 pies³/ton, que equivale a 1,28 m³/ton (figura 7).

CESAR

La información de la zona del Cesar fue proporcionada por Ecopetrol-Instituto Colombiano del Petróleo (ICP) como parte de un estudio titulado "Exploración de gas asociado al carbón en las cuencas carboníferas de Colombia, Fase I, 2009". El estudio se centró en el sector de La Loma, en las áreas de exploración de las compañías Prodeco (CP) y Vale (CV). Allí se analizaron cuatro pozos: CP-02, CV-04, CV-05 y CP-09; estos pozos sirvieron de base para la curva de emisiones (Figura 9).

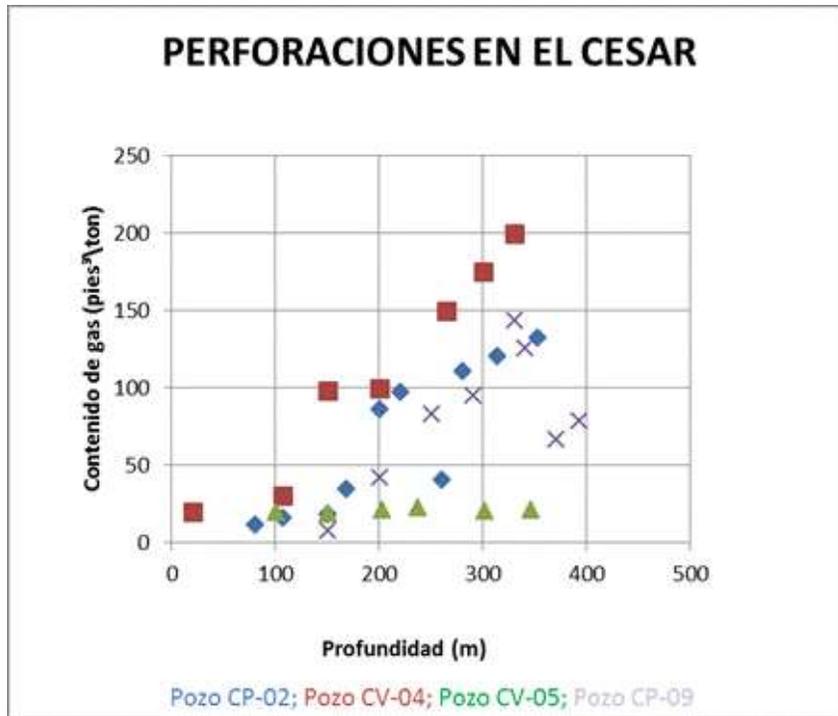


Figura 8. Contenidos de metano vs. Profundidad en cuatro pozos en Cesar (La Loma).

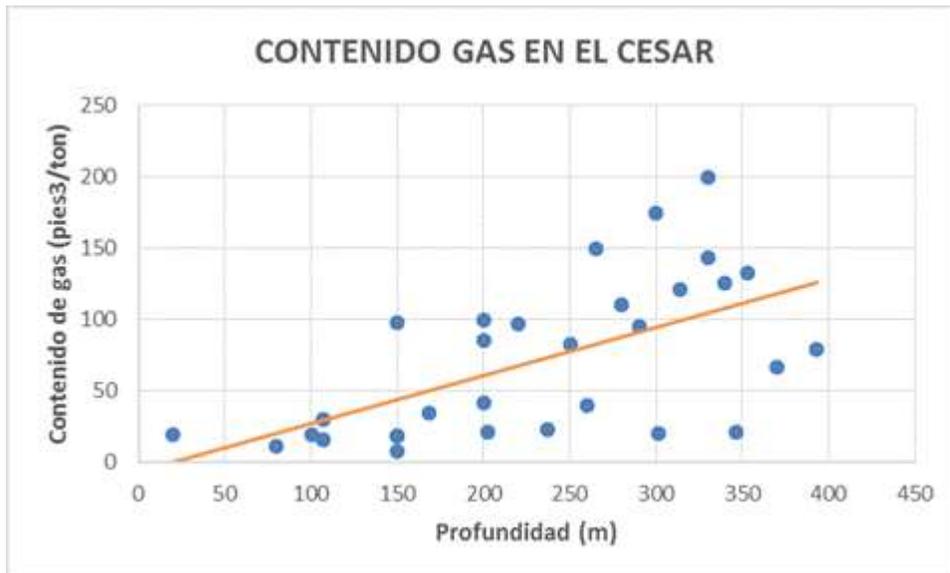


Figura 9 Línea de tendencia del incremento de contenido de gas con profundidad en el Cesar

De la línea que muestra los contenidos promedios de gas metano a diferentes profundidades, figura 9, se determinó que entre 0 y 200 m. de profundidad el contenido de gas está entre 10 y 60 pies³/ton, que equivale de 0,28 a 1,7 m³/ton. Entre 200 y 400 m de profundidad el contenido de gas está entre 60 a 125 pies³/ton, que equivale de 1,7 a 3,54 m³/ton.

Asumiendo que la mayoría de la minería en el Cesar alcanza una profundidad de 150 m., el valor a aplicar para la cuenca es de 45 pies³/ton que equivale a 1,28 m³/ton de profundidad.

ANTIOQUIA

La información de la zona de Antioquia se centra en la cuenca de Amagá. En ese departamento, la ANH-EAFIT (2011) perforó los pozos Venecia, Rincón Santo, Torre Blanca y La Loma 1; estos pozos sirvieron de base para la curva de emisiones (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.1).

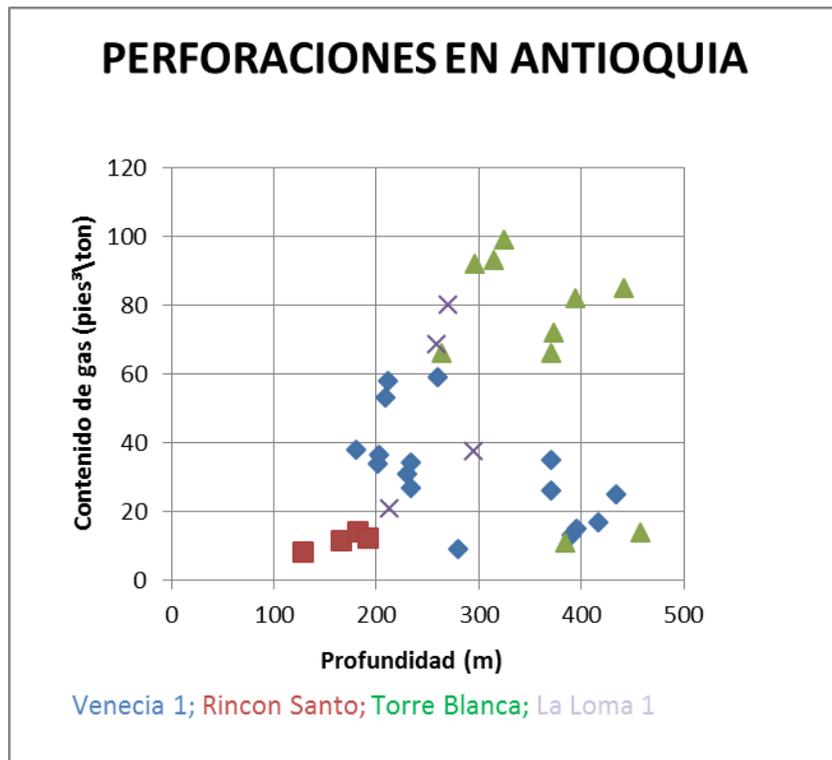


Figura 10. Contenidos de metano vs. Profundidad en cuatro pozos de la zona de Antioquia.

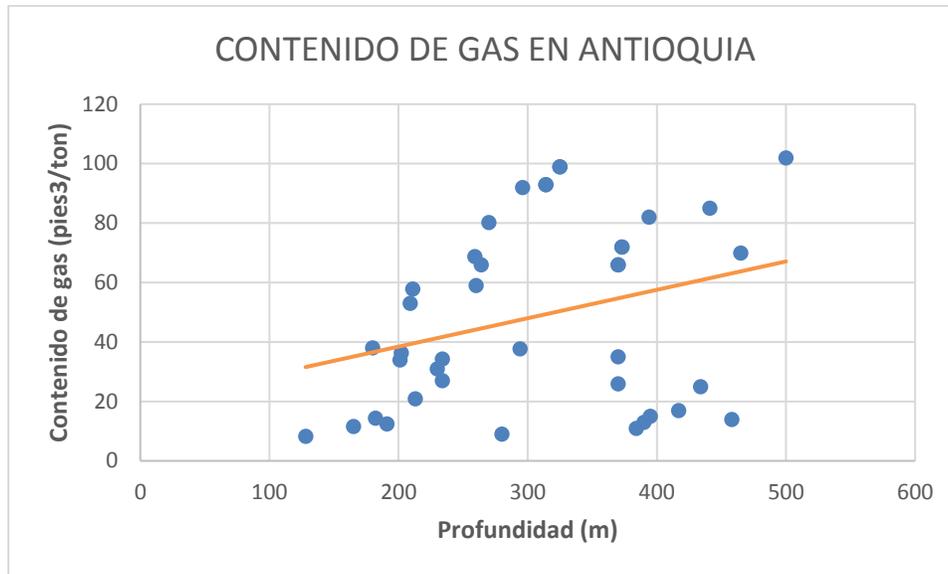


Figura 11. La línea de tendencia del incremento de contenido de gas con profundidad.

De la línea que muestra los contenidos promedios de gas metano a diferentes profundidades, figura 11 se determinó que entre 0 y 200 m. de profundidad el contenido está entre 35 y 40 pies³/ton, que equivale a 0,99 a 1,13 m³/ton. Las minas en Antioquia están entre 200 y 300 m. de profundidad, por lo que el contenido de gas metano promedio es de 45 pies³/ton, que equivale a 1,27 m³/ton.

OTROS DEPARTAMENTOS

Para los demás Departamentos para los que no se cuenta con datos publicados de desorción, se toman los valores de los departamentos cercanos y que tienen características geológicas y de calidad del carbón similares, así (Ver Tabla 2):

Norte de Santander y Santander =

Boyacá

Valle, Cauca, Córdoba y Casanare =

Antioquia.

Con los contenidos de gas metano determinados en las figuras anteriores se determinan las emisiones de nivel 2, las cuales se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Cálculo de emisiones de Metano Nivel 2.

CUENCA	PRODUCCION DE CARBON POR AÑO 2015	FACTOR DE EMISION POR CUENCA					FACTOR DE CONVERSION (IPCC, 2006)	EMISION TOTAL NIVEL 2
		CONTENIDO PROMEDIO DE GAS MEDIDO (CG)		Factor de emisión supuesto para los estratos circundantes	GAS RESIDUAL (gas que se emite posterior a la extracción)	Total Gas Emitido en la explotación de carbon		
		ft3/ton	m3/ton	Contenido de gas * 1,6	30% del gas medido	D+E-F		
		ton	ft3/ton	m3/ton	m3/ton	m3/ton		
CESAR	45.422.176,50	45	1,27	-	0,38	0,89	0,00000067	27,15
GUAJIRA	33.703.409,00	45	1,27	-	0,38	0,89	0,00000067	20,14
CUNDINAMARCA	2.253.133,51	200	5,66	9,06	1,70	13,03	0,00000067	19,67
BOYACA	1.979.913,33	110	3,12	4,98	0,93	7,17	0,00000067	9,50
SANTANDER NORTE	1.874.573,38	110	3,12	4,98	0,93	7,17	0,00000067	9,00
SANTANDER	146.234,03	20	0,57		0,17	0,40	0,00000067	0,04
ANTIOQUIA	122.295,39	45	1,27	2,04	0,38	2,93	0,00000067	0,24
VALLE	30.709,57	45	1,27	2,04	0,38	2,93	0,00000067	0,06
CAUCA	6.672,60	45	1,27	2,04	0,38	2,93	0,00000067	0,01
CASANARE	4.874,84	30	0,85	1,36	0,25	1,95	0,00000067	0,01
CORDOBA	3.521,67	30	0,85	-	0,25	0,59	0,00000067	0,00
TOTAL	85.547.513,82							85,82

Comparando los resultados de la tabla 3, forma tradicional de estimar las emisiones de gas metano por la extracción de carbón en Colombia, con factores de emisión IPCC nivel 1, con los de la tabla 5, propuesta de estimación de emisiones de gas metano con factores de emisión propios de nivel 2, a partir de contenidos de gas metano medidos en perforaciones realizadas en diferentes cuencas carboníferas de Colombia se tiene que:

- Las emisiones estimadas con el factor de emisión nivel 2 son 49.27% menores a las estimadas con el factor de emisión de nivel 1.
- Las emisiones estimadas con el factor de emisión nivel 2 para el año 2015 ascienden a 85.82 Gg, que equivalen a 1.802.220 Ton CO_{2e}; con el factor de emisión nivel 1, las emisiones ascenderían 169,16 Gg de metano, que equivalen a 3.353.305.52 TonCO_{2e}.
- Con el factor de emisión nivel 2, las emisiones por la extracción subterránea de carbón en Colombia son de 38,49 Gg de gas metano, lo que corresponde al 44,85%, mientras que las de minería a cielo abierto son de 47,03 Gg de gas metano, que corresponden al 55,15%

2.4 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE EMISION (FE)

El Factor de Emisión se obtuvo de la suma del contenido promedio de gas metano a diferentes profundidades, más un factor de emisión supuesto para los estratos circundantes, menos el valor del gas residual.

Factor de emisión supuesto para estratos circundantes: teniendo en cuenta que las rocas circundantes a los mantos de carbón también emiten metano afectando un área de 50 m por debajo y 150 m por encima, se adiciona un 160% de gas medido en los mantos como emisión de las rocas circundantes a los mantos (para minería subterránea) y de cero para minería a cielo abierto.

Gas residual: Es el gas que permanece en el carbón a menos que la muestra se pulverice, ya que se encuentra en la matriz del carbón. Los estudios mencionados anteriormente presentan un promedio del gas residual del 30%. Este gas residual no es tenido en cuenta para el cálculo de las emisiones causadas por la explotación del carbón; se considera que debe ser tenido en cuenta en las emisiones calculadas por el consumidor final.

2.5. RESULTADO DEL CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE METANO NIVEL 2

Utilizando la fórmula sugerida por IPCC:

$$EG=PC*FE*FC$$

En la tabla 5 se puede observar que el valor total calculado para la emisión en el nivel 2 (85.82 Gg de metano), es menor que el de nivel 1 (169.16 Gg. de metano - Tabla 3) en un 49,27%.

Los resultados muestran que debido a que los contenidos de gas metano asociado al carbón en las Cuencas Colombianas no son tan altos, comparados con los países

productores de carbón sobre los cuales se han realizado la mayoría de estudios técnicos e investigaciones sobre el gas metano asociado a los mantos de carbón, las emisiones de la extracción de carbón en Colombia resultan menores a las calculadas con factores de emisión internacionales (IPPC 2006).

Los resultados también muestran que los departamentos con minería subterránea (Cundinamarca, Boyacá, Norte de Santander, Antioquia, Valle del Cauca, Cauca y Casanare) que para el año 2015 produjeron el 7,34%, del total de la producción nacional de carbón, las emisiones equivalen al 44,85% de las estimadas utilizando los factores de emisión de nivel 1.

Como la emisión de gases en las minas es dinámica y se incrementa a medida que las labores mineras se profundizan, los índices se pueden ir actualizando al incorporar nueva información de nuevas perforaciones, de las cuales también se deberá obtener información de los contenidos de gas en las rocas circundantes para de esta forma aumentar la precisión de la estimación al eliminar el supuesto del contenido de gas metano para estratos circundantes.