

EXPLORACION CARBONIFERA EN EL ESTADO DE SONORA.

Roberto Yza, Jorge Alcantara y Néstor Silva.
C.F.E.

R E S U M E N

A partir de 1982, la C.F.E. inició formalmente la exploración geológica por carbón térmico en el Estado de Sonora estudiando durante un corto período de tiempo los afloramientos triásicos de la Formación Barranca en el sur del Estado (Santa Clara y San Enrique) y posteriormente desarrollando la mayor parte de las actividades exploratorias en el norte de Sonora dentro de la Cuenca Cabullona, siendo ésta última el motivo principal del presente escrito.

La geología de la región esta caracterizada por una evolución compleja e íntimamente ligada a varios eventos tectónicos durante su desarrollo y comprende rocas cuyas edades van del Precámbrico al Reciente. Los mantos de carbón se encuentran alojados en la Formación Cintura perteneciente al Grupo Bisbee, del Cretácico Inferior. (Ransome, 1904) y algunas evidencias carboníferas en la Formación Snake Ridge perteneciente al Grupo Cabullona del Cretácico Superior (Taliaferro, 1933).

Dentro de la cuenca se establecieron 2 áreas de mayor interés carbonífero (San Marcos y El Encino) y cuatro localidades de importancia secundaria (Cerro y Arroyo Magallanes, Loma Blanca y El Malacate).

El área San Marcos se localiza a 25 Km al sureste de la Cd. de Agua Prieta, cubre una superficie de 70 Km², y presenta 38 mantos de carbón, cuyos espesores van de los 0.15 a 1.30 m. existiendo uno de hasta 3.00 m.

El área El Encino comprende una superficie de 20 Km² y se ubica a 50 Km al SE de la Cd. de Agua Prieta. En ella afloran 11 mantos de carbón, con espesores de entre 0.15 y 1.50 m. pudiendo haber repetición de mantos, ya que la zona se encuentra muy plegada.

Las áreas de San Marcos y El Encino se relacionan estructuralmente entre sí, por medio de un pliegue anticlinal recumbente.

Mediante los estudios y análisis practicados a la fecha se realizó la estimación de los "Recursos" carboníferos de la Cuenca Cabullona, (230 millones de toneladas) y se esbozo un programa de perforación para la futura comprobación de estas reservas.

Finalmente se recomienda proseguir con los trabajos de exploración geológica regional y de semidetalle, con el fin de ampliar las zonas de interés carbonífero así como realizar nuevas interpretaciones en relación a las reservas.

INTRODUCCION.

La Residencia de Estudios Carboníferos de Sonora por medio de la Brigada de Exploración de Agua Prieta, realizó la exploración sistemática regional por carbón térmico dentro de la Cuenca de Cabullona, delimitado ésta y estableciendo 2 áreas de mayor interés carbonífero (área San Marcos y El Encino) y 4 localidades de importancia secundaria dentro de la cuenca. (Cerro y Arroyo-Magallanes, Loma Blanca y El Malacate).

Los trabajos estuvieron enfocados primordialmente al estudio del grupo Bisbee del Cretácico Inferior que abarca a las Formaciones: Conglomerado Glance, Morita; Caliza Mural y Cintura (Ransome, 1904); y al estudio de la Formación Snake Ridge que constituye la base del grupo Cabullona del Cretácico Superior (Taliaferro, 1933).

En las páginas subsecuentes se mencionan los aspectos geológicos de la cuenca, así como sus características estratigráficas y comportamiento estructural; finalmente se mencionan las conclusiones a que se ha llegado con todos los estudios y análisis realizados.

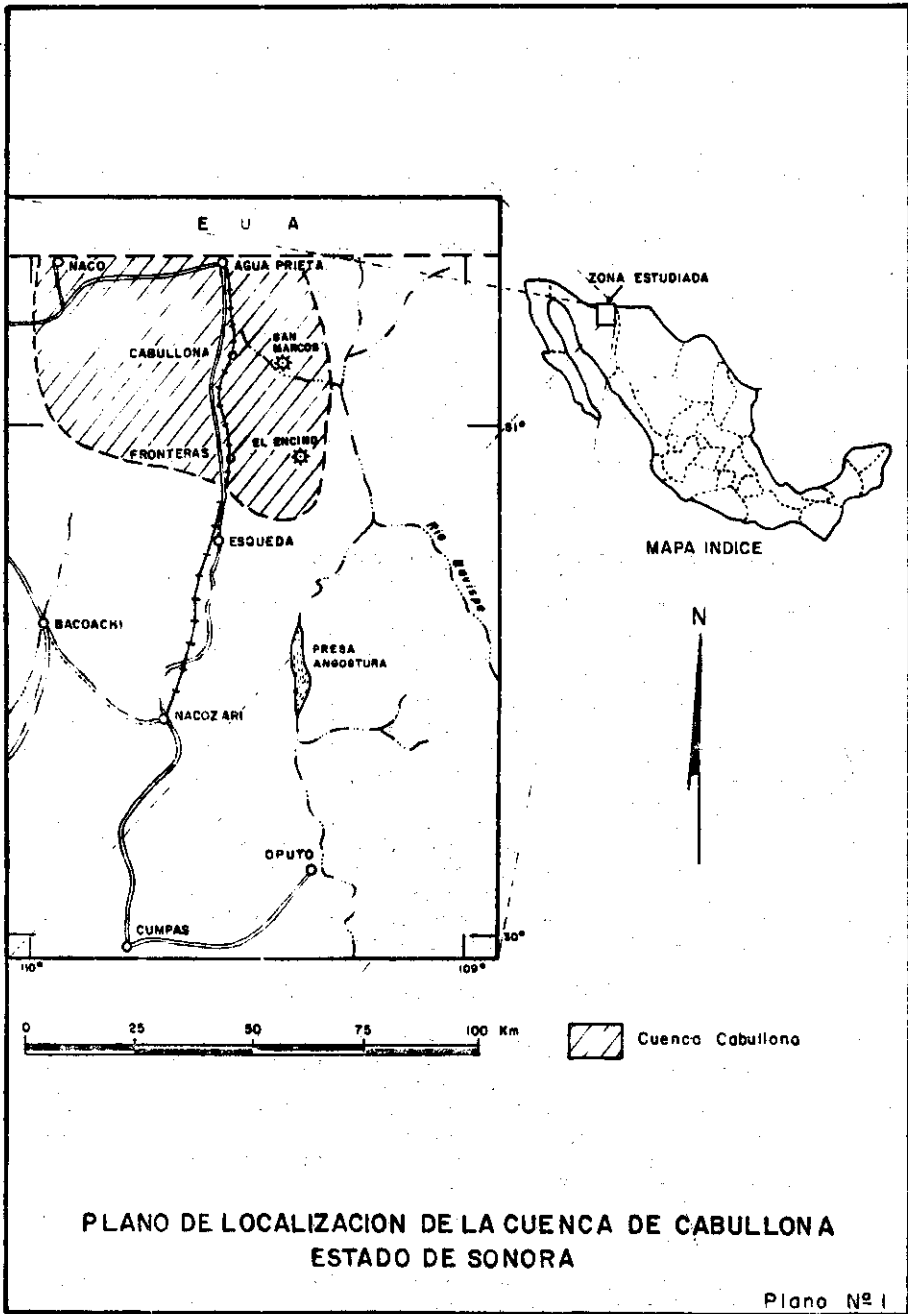
GENERALIDADES.

Localización y Extensión. (Plano No. 1)-La cuenca carbonífera de Cabullona comprende una superficie de 2 850 Km² y se localiza en el extremo NE del Edo. de Sonora, esta limitada al norte por la línea fronteriza con los EEUU y las Cds. de Agua Prieta y Naco Son. y al sur por la población de Fronteras, Sonora. Geográficamente esta situada entre los meridianos 109°20' y 110°00' de longitud al W de Greenwich y los paralelos 31°20' y 30°52' 30" de latitud N.

Acceso.- En forma terrestre el área se encuentra bien comunicada, en la parte norte es cruzada por la carretera federal No. 2 que comunica Cananea-Agua Prieta Son. y Janos Chih. Además la carretera estatal No. 12 cruza el área de norte a sur, comunicando Agua Prieta con Fronteras, Esqueda y Naco Zari. De las carreteras principales parten diversos caminos de terracería que comunican con las diferentes localidades carboníferas.

Método de Trabajo.- Para alcanzar las metas del Plan Carboeléctrico de C.F.E. en esta región del País, se adoptó la metodología de exploración carbonífera siguiente:

- a) Planeación de Objetivos, la cual fue encaminada principalmente a la localización y cuantificación de los depocentros de carbón térmico dentro del área.
- b) Compilación de los trabajos geológicos anteriormente realizados en el área así como sus vecindados en Arizona. (Ransome, F.L. 1904; Taliaferro N.L. 1933; Imlay, W.R. 1939; Fries, C.-Jr 1962 Rangin C. 1977 etc.).



**PLANO DE LOCALIZACION DE LA CUENCA DE CABULLONA
ESTADO DE SONORA**

Plano N° 1

- c) Exploración Regional de la Cuenca de Cabullona, cubriendo una extensión de 2 850 Km² y consignando los datos sobre planos - Detenal escala 1:50,000.
- d) Exploración Semidetallada sobre áreas específicas de interés - (San Marcos y El Encino) cubriendo 150 Km² y consignando - los datos sobre planos escala 1:25,000.
- e) Exploración Detallada en el Area de San Marcos (Localidad - San Marcos) cavando varias zanjas, levantando varias colum - nas litoestratigráficas y consignando los datos sobre un plano escala 1:50,000.
- f) Evaluación: finalmente y mediante todos los estudios y análisis practicados se realizó la estimación de los "Recursos Carboníferos de la Cuenca de Cabullona" (230 millones de toneladas) y se esbozo un programa de perforación para la futura comprobación de estas reservas.

FISIOGRAFIA.

El área esta comprendida en la porción norte de la sub-provincia de Sierras y Valles Paralelos, (Alvarez Jr. 1969), dentro de la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre Occidental. Se trata de un paisaje desolado y desértico en el que predomina: a).-- Un bajo relieve formado por algunas planicies aluviales, situa - das a una altura de aproximadamente 1100-1200 m. (s.n.m.). b).-- Un relieve intermedio constituido por lomeríos y proturberancias de cimas planas con una altura variable entre 1 500 y 1 700 m. - (Sierra Anibácachi y Montes Cánovas) y c).-- Un alto relieve - que sobrepasa los 2 000 m. (Cerro Mesteñas, Cerro Magallanes, - Sierra San José etc.).

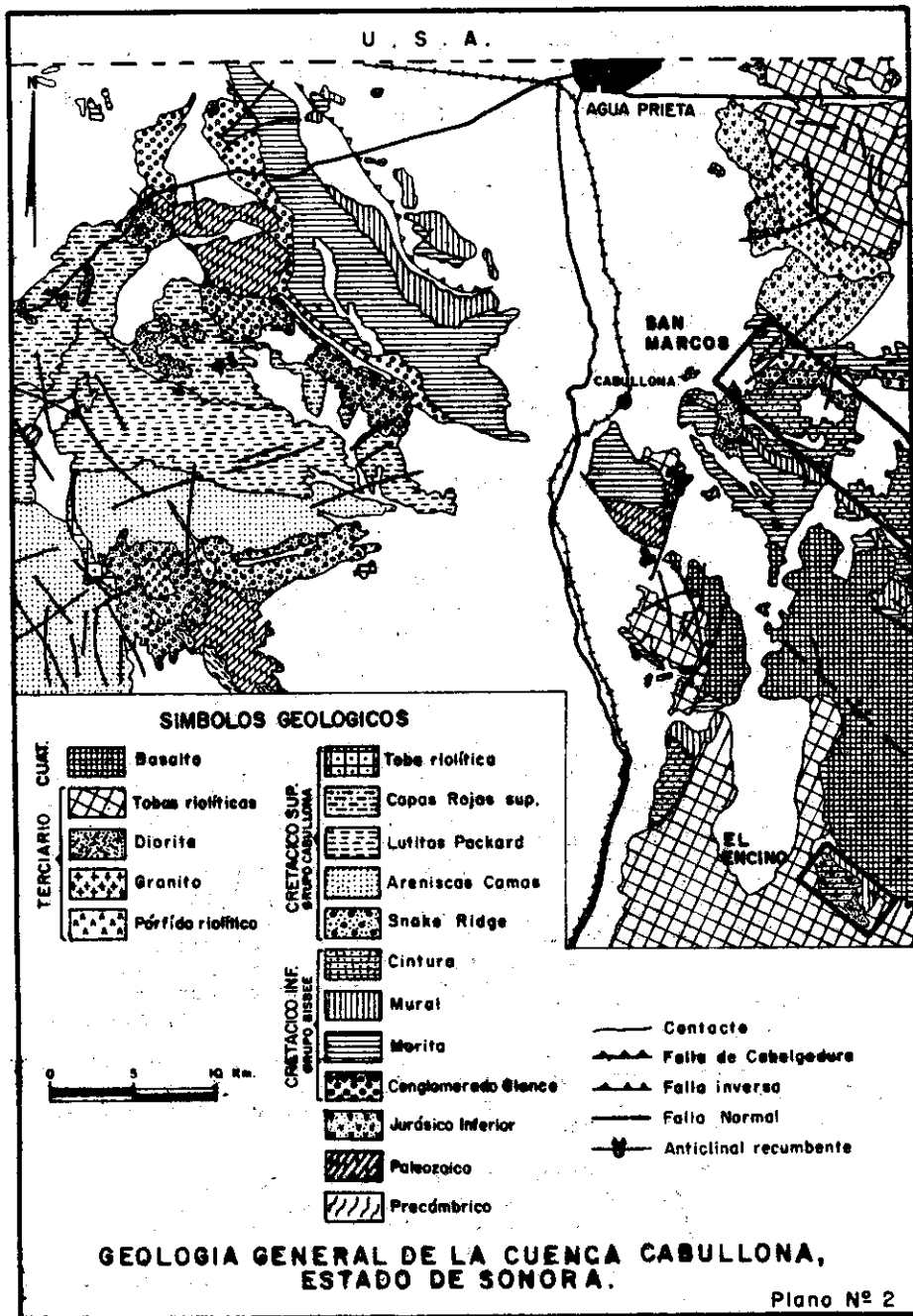
La mayor parte de los cordones montañosos tienen una orientación dominante NW-SE y se encuentran separados entre sí por amplios valles. Las principales características morfológicas de las unidades orográficas, son que estas presentan escarpes en su flanco SW debido a fallamientos y a una erosión diferencial, lo que produce pendientes acantiladas en los flancos.

GEOLOGIA (Plano No. 2).

La geología de esta porción del Estado de Sonora está caracterizada por una evolución compleja e intimamente ligada a varios eventos tectónicos durante su desarrollo, e incluye rocas desde el Precámbrico hasta el Reciente. Rocas metamórficas del Precámbrico Inferior constituyen en basamento del área y estan discordantemente sobreyacidas por series caracterizadas esencialmente por carbonatos y detritos Paleozoicos.

El jurásico inferior, esta representado por una secuencia volcano-sedimentaria.

El Cretácico temprano (Apatiano-Albiano) se caracteriza por depósitos detríticos y carbonatados pararrecifales, los que



constituyen el Grupo Bisbee (Ransome, 1904) el cual incluye a las formaciones: Conglomerado Glance, Morita, Caliza Mural y - Cintura; presentando esta última características, de una sedimentación deltaica progradante, así como los mantos carboníferos de interés en el área.

El Cretácico Superior esta constituido por depósitos de tipo báltico y forman el Grupo Cabullona (Taliaferro, 1933), este grupo esta descansando discordantemente sobre el grupo Bisbee y se compone de cinco formaciones, que de la base a la cima son: Snake Ridge, Areniscas Camas, Lutitas Packard, Capas rojas Sup. y Tobas Riolticas.

El Terciario y Cuaternario en la zona de estudio se manifiesta principalmente por medio de rocas ígneas intrusivas y estruvas y depósitos aluviales.

A continuación se describen las formaciones conforme a su estratigrafía.

ESTRATIGRAFIA (Tabla No. 1).

Formación Esquistos Pinal (Precámbrico Inferior).- En el área se encuentra aflorando al sur de la Sierra Las Mesteñas y en el Arroyo Agua Amarga, se compone de rocas metamórficas de color gris verdoso de aspecto micáceo, con abundante sericita y cuarzo, en algunos lugares se encuentra intrusionada por cuerpos graníticos irregulares. Esta formación representa el basamento y su contacto superior es discordante con las rocas pertenecientes a la Formación Cuarcita Bolsa del Cámbrico Medio.

Granito Las Mesteñas (Precámbrico Medio).- GEOCA, S.A. (1965) dió el nombre de Granito Las Mesteñas a un cuerpo ígneo intrusivo granítico que intrusiona a los Esquistos Pinal y que se encuentra en la parte sur de la Sierra Las Mesteñas y en el flanco oriental del Cerro Cabullona. En este último se le identificó como una roca de color gris rojizo de grano muy grueso, en ocasiones pegmatítico, teniendo como minerales primarios, cuarzo, feldespatos, plagioclasas, y micas totalmente alteradas a clorita. La mayor parte de los feldespatos y plagioclasas han sido transformados a arcillas y sericita. En la Sierra Las Mesteñas es de color gris amarillento, presenta una textura hipidiomorfa y esta formado por cuarzo, feldespato potásico, plagioclasas sódicas y micas.

Formación Cuarcita Bolsa (Paleozoico Inferior).- Esta formación aflora al S y SW de la Sierra Las Mesteñas y en el flanco oriental del Cerro Cabullona.

En la Sierra Las Mesteñas se encuentra como una roca de color café claro a rosado y en ocasiones violáceo, está formado por cuarzo subredondeado de 5 cm y en la base tiene fragmentos de cuarzo de 6-8 cm formando un conglomerado, hacia la cima los granos disminuyen de tamaño, y presenta estratificación cruzada.

TABLA DE CORRELACION ESTRATIGRAFICA

ERA	PERIODO	EPOCA	CABULLONA CFE 1983	REGION DE OJINAGA	MANUEL BENAVIDES- PROVIDENCIA		
CENOZOICO	CUAT.	RECIENTE	ALUVION	ALUVION	ALUVION		
		PLEISTOCENO	BASALTO	GRAVAS CORCHOS	DEPOSITOS DE BOLSON		
	TERCIARIO	PLIOCENO	VOLCANISMO Y PLUTONISMO	VOLCANO SEDIMENTARIO INDIFERENCIADO	VOLCANO SEDIMENTARIO INDIFERENCIADO		
		MIOCENO					
		OLIGOCENO					
		EOCENO					
		PALEOCENO				AYIGNES	
MESOZOICO	SUPERIOR	MAESTRICHTIANO	GRUPO DE BULLONA TODAS RIOLITICAS CAPAS ROJAS SUP. PACARAND CANAS SNAKE RIDGE	CONGLOMERADO CONSOLACION	JAVELINA		
		CAMPARIANO		EL PICACHO SAN CARLOS	AGUJA		
		SANTONIANO		EMERGIDO	OJINAGA	PEN	
		CONIACIANO				SOGUILLAS	
		TURONIANO					
		CENOMANIANO					
	INFERIOR	ALBIANO	SUPERIOR	GRUPO BISBEE	SUDA	SUDA	
			MEDIO		CINTURA	DEL RIO DEL RIO	
			INFERIOR		MURAL	LOPA DE PLATA BENEVIDES	SANTA PIERNA SUE PRAKE
		APTIANO	SARGASIANO	GRUPO BISBEE	COX	LABRIMA	DEL CARMEN
			BEDOULIANO		MORITA	BENIGNO	BENIGNO
			BARREMIANO		CONGLOMERADO BLANCO	CUCHILLO	CUCHILLO
			HAUTERIVIANO		EMERGIDO	LAS VIGAS	LAS VIGAS
		VALANGINIANO					
		BERRIASIANO	EMERGIDO	NAVARRETE	EMERGIDO		
		JURASICO				NO AFLORA	
	PALEOZOICO	TRIASICO	EMERGIDO	EMERGIDO	EMERGIDO		
		PERMICO	EMERGIDO				
		CARBONIFERO	PENSILVANICO			NACO	
			MISSISSIPICO			ESCARROBA	
DEVONICO		SILURICO	EMERGIDO				
		ORDOVICICO	EMERGIDO				
CAMBRICO		SUPERIOR	EMERGIDO				
		INFERIOR	EMERGIDO				
PRECAMBRICO	SUPERIOR	EMERGIDO					
	MEDIO	GRANITO MESTENAS					
	INFERIOR	ESQUIITOS PINAL					

TABLA Nº 1

En el Cerro Cabullona, su porción inferior consiste de conglomerado de color gris rojizo, bastante compacto, con fragmentos de cuarzo interestratificados con capas de ortocuarcita de aproximadamente 1 cm de espesor, los fragmentos son angulosos, y menores a 1 cm, siendo la mayor parte lechosos, en su parte superior hay una ortocuarcita que presenta laminación fina. Su contacto superior es transicional con las calizas silicificadas de La Formación Abrigo. Su espesor es de aproximadamente 150 m. y su edad Cámbrico Medio.

Formación Caliza Abrigo. (Paleozoico Inferior).- Dentro del área de estudio aflora en la parte sur de la Sierra Las Mesteñas, está compuesta por calizas de color rosado oscuro a gris oscuro en estratos delgados a medios, hacia la parte superior de la Sierra hay dolomías de color gris con estratos de espesor medio. Su contacto inferior es transicional con las rocas de la Formación Cuarcita Bolsa y el superior es discordante con la Formación Caliza Martín. Su espesor es de 260 m. y su edad Cámbrico Medio-Superior.

Formación Caliza Martín (Paleozoico Superior).- Aflora en el Cerro de Cabullona y Sierra Las Mesteñas. En la Sierra las Mesteñas la Formación Caliza Martín está constituida por calizas de color gris con intercalaciones de lutitas delgadas de color rojizo, calizas dolomíticas de color gris en estratos de espesor medio y por calizas recristalizadas de color gris y areniscas en su parte superior. En el lado sur del Cerro Cabullona, en su porción basal, se observa una secuencia de calizas masivas de color gris claro, compacta, de grano fino, con bandas de pedernal oxidado. Contiene abundantes fósiles (corales, tallos de crionoides y fusulinidos)

Su contacto inferior es discordante con la Caliza Abrigo y el superior con la Caliza Escabrosa es aparentemente concordante. El espesor es de aproximadamente 100 m. y su edad pertenece al Devónico Medio.

Formación Caliza Escabrosa (Paleozoico Superior).- En el Cerro de Cabullona se presenta como una sección de calizas de color crema a rosado, con granulometría que varía de gruesa a fina y la calcita es el mineral predominante. La textura superficial es sacaroide, con restos mal conservados de crionoides y briozoarios.

En la Sierra Las Mesteñas, la formación está constituida por calizas arenosas de color gris azulado de estratificación media a gruesa, calizas fosilíferas de color azulado con nódulos de pedernal.

El contacto superior es concordante con la Caliza Naco. Su espesor aproximado es de 230 m. y tiene una edad Mississípica.

Formación Caliza Naco (Paleozoico Superior).- En el área de estudio aflora en la Sierra Las Mesteñas, Sierra Anibácachi, Cerro La Morita, Sierra San José y La Loma Blanca.

La Formación Caliza Naco, en la Sierra Las Mesteñas se manifiesta como una caliza de color gris claro, con estratificación gruesa, textura rugosa, estilotitas, fosilífera y con lentes de pedernal.

En la Sierra Anibácachi y Cerro La Morita, se presenta como una caliza gris-rojiza densa, muy fracturada y con una estratificación de media a gruesa, muestra una textura arcillosa en ocasiones muy silicificada, toma la apariencia de una roca que ha sufrido un intenso metamorfismo dinámico esto parece coincidir con una falla inversa que menciona Taliaferro (1933) en el sur de la Sierra Anibácachi y que pone en contacto formaciones del Cretácico Superior con formaciones Paleozoicas y Precámbricas en la localidad del Cordón de la Víbora.

Su contacto superior es discordante con el Conglomerado Gance, y su espesor va desde 80 a más de 1000 m y su edad pertenece al Pensilvánico.

Formación Ceniza (Jurásico Inferior).- La Comisión Federal de Electricidad (1983), da el nombre de Formación Ceniza a una secuencia volcanosedimentaria datada por el método Rb/Sr correspondiendo al Jurásico Inferior, y siendo la localidad tipo la Sierra de la Ceniza, situada a 18 Km. SE de Agua Prieta, Sonora.

A la Formación Ceniza tentativamente se le han considerado tres miembros: El Miembro Inferior constituido por areniscas de grano fino, de color verdoso, silicificada, estratificación cruzada con estratos de espesor medio a grueso. El intermedio formado por areniscas con intercalaciones de toba riolítica. La arenisca de 1 a 3 cm de espesor, está compuesta de cuarzo, feldespato, plagioclasa, glauconita y magnetita. La toba riolítica es de color blanca, silicificada, con estratos de 2 m de espesor, siendo esta la que se dató.

El Miembro Superior está compuesto de areniscas calcáreas de grano medio de color amarillento, areniscas conglomeráticas, conglomerados con clastos de areniscas, rocas negras, micáceas y esquistosas, hacia la cima se presentan calizas corrugadas de color azul con pedernal y finalmente oolitas en estratos medios a gruesos.

Grupo Bisbee (Ransome, 1904).

Formación Conglomerado Gance (Cretácico Inferior).- En el área de estudio aflora en la Sierra Anibácachi sobre el Arroyo Agua Amarga, Norte del Cerro La Morita, Rancho Las Pampitas, Oeste del Cerro La Muela, Sur de la Sierra La Ceniza y Norte de San Marcos.

En la Sierra de Anibácachi, el conglomerado está compuesto por clastos subredondeados y redondeados de esquistos y caliza, cementados en una matriz arenosa. En el Rancho Las Pampitas el conglomerado está compuesto de clastos subredondeados de granito, esquistos, calizas, cuarcita y cuarzo, en una matriz arcillo arenosa.

En el Cerro de La Muela, el conglomerado está constituido por fragmentos subredondeados de caliza de hasta 10 cm. de diámetro, cuarzo, esquistos, granito areniscas, en una matriz arenosa.

En la Sierra San Marcos y La Ceniza, el Conglomerado está compuesto, por clastos sub-angulares de granito de hasta 1 m de diámetro y de caliza de 0.5 a 5.0 m de diámetro. Hacia la parte superior la estratificación es gruesa y tiene intercalaciones de areniscas.

El contacto superior es transicional con la Formación Morita. El espesor varía entre los 300 y 1000 m. y su edad pertenece al final del Neocomiano y principio del Aptiano.

Formación Morita (Cretácico Inferior).- La localidad tipo se encuentra en los Cerros La Morita al NW de la Sierra Cabullona en el Mpio. de Naco, Son.

Aflora también en la Sierra El Caloso, en el Cerro Cabullona, en La Sierra de la Ceniza, al N y S del Arroyo Fronteras, en la Sierra de Anibácachi y en la Sierra de San José.

En la Sierra de El Caloso, la Formación Morita está formada por una alternancia de areniscas de grano fino a medio, lutitas delgadas, limolitas, areniscas conglomeráticas, conglomerados, calizas y horizontes de lutitas carbonosas, en la cima de la formación hay areniscas calcáreas.

En la Sierra Anibácachi, se presenta como una secuencia de areniscas de grano fino a medio con intercalaciones de lutitas de color rojizo a violáceas, horizontes de caliza y conglomerados, areniscas conglomeráticas, lutitas carbonosas y troncos de árboles petrificados.

En la Sierra La Ceniza, la formación se manifiesta a manera e intercalaciones de areniscas de grano medio a fino, con lutitas, limolitas y horizontes bentoníticos.

Sobre el Arroyo Fronteras, se presenta en alternancia de areniscas de grano fino a medio, lutitas delgadas, limolita, areniscas conglomeráticas, conglomerados, calizas, y horizontes de lutitas carbonosas.

En el Cerro Cabullona, la Formación Morita se compone por dos miembros: El Inferior constituido por areniscas de grano medio de color verde, intercalada con cuarcitas y ortocuarcitas y el Superior compuesto de areniscas limolíticas de color rojizo, conglomerados, areniscas conglomeráticas y huesos de dinosaurio.

Su contacto superior es concordante y transicional con la Caliza Mural. Su espesor es de 1 525 m. y su edad pertenece al Aptiano.

Formación Caliza Mural (Cretácico Inferior).- En el área de estudio, afloran en La Sierra El Caloso, N. del Cerro Cabullona, Sierra Anibácachi, Sierra San José, El Encino y W. del Arroyo Fronteras.

En la Sierra El Caloso, la Formación Caliza Mural se divide en dos miembros. El Inferior, constituido por intercalaciones de estratos delgados a medianos de areniscas calcáreas de color rojizo, ocre, de grano fino a medio, con lutitas calcáreas rojizas y calizas arcillosas fosilíferas de color café amarillento a gris blanquecino, los fósiles presentes son: Trigonias, Gasterópodos, Pelecípodos y Ostreas. El Miembro Superior está constituido por calizas fosilíferas muy puras de color azul grisáceo, estratificación gruesa, se observan ostreas.

En la zona de El Encino, la Formación Caliza Mural también se encuentra dividida en dos miembros: El Inferior, constituido por intercalación de areniscas calcáreas, lutitas de color gris violeta y calizas fosilíferas, principalmente con ostreas. El Miembro Superior formado por calizas de estratos gruesos, masivas y coloración gris claro.

En el área de Fronteras, el Miembro Inferior se compone de una intercalación de areniscas calcáreas de grano medio de color amarillento, lutitas de color negro de estratos de espesor medio y calizas de estratificación media a gruesa, arcillosas y de color gris, con abundantes ostréas, trigonias y amonitas. El Miembro Superior consiste de calizas masivas de color gris claro.

En el Cerro Cabullona se presenta como una caliza de color gris parduzco, su textura es homogénea pero tiende a ser más arenosa y contiene abundantes restos de fósiles aunque mal conservados. (trigonias y restos de ostréas).

El contacto superior es concordante a la Formación Cintura. Su espesor es de 215 m y su edad pertenece al Albiano Inferior.

Formación Cintura (Cretácico Inferior).- La Formación Cintura y sus equivalentes en el sureste de Arizona se han interpretado como depositadas bajo condiciones deltaicas progradantes, donde el Miembro Inferior de la formación representa a la facies de "Prodelta", el Miembro Medio a la facies de "Frente Deltaico" y el Miembro Superior a la facies de " Planicie Deltaica ", siendo esta última la que contiene los mantos carboníferos de mayor interés.

Dentro de la zona de estudio esta formación aflora en las áreas: San Marcos, El Encino así como al NE del poblado Fronteras y en el Cúmano al W de la Cd. de Agua Prieta.

En San Marcos la facies de prodelta está constituida por una secuencia de lutitas rojas interestratificadas con areniscas de grano fino a medio de color rojizo, se presenta ocasionales nodulos calcáreos dentro de las lutitas, los fósiles presentes son: Trigonias, ostréas y turritelas. El espesor aproximado de este miembro es de 250 m.

Las facies de frente deltaico está representada por areniscas de grano fino a grueso de coloración crema violáceo a gris verdoso, con estratificación cruzada y con algunos Pelecípodos y Gasterópodos. Su espesor varía entre los 10 y 70 m.

El Miembro Superior de esta formación, mismo que representa la facies de Planicie deltaica, esta compuesto por una secuencia de areniscas de grano fino a medio de color gris verdoso-café, limolitas de color crema y lutitas color gris-negras. Los mantos de carbón presentes tienen un espesor que varía entre los 0.15 y 1.30 existiendo uno de hasta 3.00 m; por lo general estos mantos son encajonados por las lutitas anteriormente mencionadas; el espesor de este miembro es de aproximadamente 450 m.

Finalmente se puede mencionar que la edad de esta formación es Albiano Medio y su contacto superior con la Formación Snake Ridge es discordante.

Grupo Cabullona (Taliaferro, 1933).

Formación Snake Ridge (Cretácico Superior).- La localidad tipo se encuentra en la Cuenca de Cabullona, Son., en el lado NW del lomerío conocido como Snake Ridge o Cordón de la Víbora en las cercanías de la Sierra de Cánovas. También aflora:

Al N. del Cerro Magallanes, zona de San Marcos, Sierra La Ceniza y en la Sierra Las Mesteñas.

En San Marcos la formación está compuesta por una intercalación de conglomerados arenosos, areniscas conglomeráticas de grano grueso y lutitas con estratos de espesor medio.

En el Rancho de Magallanes se presenta la Formación Snake Ridge en tres miembros: El Inferior formado por intercalación de conglomerados, areniscas conglomeráticas, areniscas y lutitas. El Miembro Medio constituido por lutitas negras fisiles, lutitas carbonosas, areniscas carbonosas y areniscas de estratificación delgada. El Miembro Superior formado por areniscas de grano grueso, areniscas conglomeráticas, horizontes conglomeráticos y bentoníticos.

Su contacto inferior con la Formación Cintura es discordante y el superior con la Formación Areniscas Camas concordante. Su espesor es de 610 m y su edad pertenece al Campaniano.

Formación Arenisca Camas (Cretácico Superior).- La localidad tipo se encuentra en el Rancho Los Borregos al W del Cerro Magallanes, y sobre todo en el flanco NE de la Sierra Los Ajos, además al N del Rancho Magallanes. Esta formación, es una secuencia de lutitas arenosas, de color verdoso y capas delgadas de areniscas hacia la cima. En ocasiones se presenta en capas gruesas de areniscas de grano grueso de estratificación cruzada, de color blanco a rojizo, con intercalaciones delgadas de lutitas arenosas de color rojizo a verdoso.

El espesor aproximado de esta formación es de 370 m y su contacto inferior con la formación Snake Ridge es transicional al igual que el contacto superior con las lutitas de la formación -- Packard. Su edad es Campaniano.

Formación Lutitas Packard. (Cretácico Superior).- En la zona -

aflora en el Rancho Corral de Enmedio y esta constituida por lutitas negras, intercaladas con areniscas, las lutitas se presentan en estratos delgados, ocasionalmente carbonosas, las areniscas son de grano fino, color rojizo-verdoso; su contacto es concordante con la Formación Capas Rojas Superiores. Su edad es del Campaniano y su espesor 550-760 m.

Formación Capas Rojas Superiores (Cretácico Superior).- Esta formación es una secuencia de lutitas y areniscas de color rojo.- Los afloramientos se localizan en la parte sur del Cerro La Morita y al norte del Ejido Cuauhtémoc, en el Estado de Sonora.

Al sur del Cerro La Morita y norte del Ejido Cuauhtémoc, se manifiesta la formación por areniscas de grano medio a fino y lutitas de color rojo.

Es de edad Campaniano y su espesor de 640 m.

Tobas Riolíticas.- Corresponde a la parte superior del Grupo Cabullona en la Cuenca y aflora en la esquina SW de la misma, entre el Cerro Magallanes y La Loma Blanca, los afloramientos están constituidos por una ignimbrita de color gris rosado, con textura que varía entre fluidal y porfídica. Sus constituyentes son cuarzo, feldespato, micas alteradas a clorita, en una matriz de grano fino de color rojizo con pequeños cristales alargados de feldespato, que tienen cierto rasgo de fluidez. La calcedonia es el mineral secundario predominante, el cual rellena fracturas y algunas vesículas.

Terciario.- Las rocas que se manifiestan durante el Terciario en la zona de estudio, son ígneas intrusivas y extrusivas principalmente. A continuación se describen y se citan los lugares de afloramiento:

a).- Rocas ígneas intrusivas.

Pórfido Riolítico constituido por fenocristales de cuarzo, feldespato potásico de coloración rosado a crema. Aflora en el Cerro de Magallanes y Magallancitos y está intrusionando a la Formación Snake Ridge. En la Sierra la Ceniza, intrusiona a la Formación Morita.

Diorita de textura porfírica de color gris oscuro a negro, intemperiza a café rojizo. Los afloramientos se encuentran en Santa Rosa, al norte de Sierra Las Mesteñas, al sur del Ejido Cuauhtémoc, y en varias partes del área estudiada está intrusionando a las formaciones del Cretácico.

Granito de textura equigranular, con fenocristales, cuarzo, feldespatos potásicos y plagioclasa, intemperiza a color rojizo, y se encuentra muy fracturado. Aflora en la Sierra La Ceniza, donde fué muestreado y determinada su edad de 29.5 ± 0.7 M.A.

b) Rocas ígneas extrusivas.

Están representadas por tobas riolíticas, riolitas e ignim-

britas, manifiestas en el Cerro Gallardo, Cerro Cabullona y al norte del Cerro Magallanes. En el área también aparecen basaltos de color negro opaco, los que forman mesetas en la Sierra Basomari, Cerro Prieto, este y oeste del Rancho Santa Rosa y el Rancho Las Eloisas, donde se observan también andesitas basálticas.

Aluvi6n.- Es el material no consolidado producto de las rocas pre-existentes y que generalmente está como relleno, o formado dep6sitos de talud, piamonte, terrazas, etc.

ESTRUCTURAL.

La estructura regional que muestra esta porci6n de Sonora, está definida por el tipo de sedimentaci6n involucrada y por los efectos de tres principales eventos tect6nicos sobrepuestos en el tiempo y en el espacio: (C. Rangin, 1977).

Debido a los disturbios durante una fase Albiano-Cenomaniano, y una fase Laramídica (Cretácico Terminal-Terciario Inicial), así como al extenso afallamiento en bloques que parece comenzar en el Plioceno Inferior (Gilluly, 1956) o más aún el Mioceno terminal (Knetchell 1936), ha sido difícil interpretar la orientaci6n e intensidad de los movimientos tect6nicos pre-Mesozoicos. Sin embargo se tiene conocimiento de ellos, debido a la discordancia erosional que existe entre las sucesiones de rocas del Precámbrico medio y principios del Paleozoico, así como a la época de plegamiento y fallamiento en bloques que se desarrollo hacia finales del Pérmico y principios del Triásico y a la que Fries (1962) denomin6 " Orogenia Sonorana ".

Cuenca de Cabullona.- La Cuenca de Cabullona esta alargada morfol6gicamente en una direcci6n WNW-ESE; desaparece hacia el sur bajo las rocas volcánicas del Terciario y Cuaternario y está rellena principalmente por los dep6sitos molásicos pertenecientes al Grupo Cabullona y cuya base es de edad Campaniano (Taliaferro, 1933).

En el área estudiada se presentan dos orientaciones estructurales preferenciales: Una con direcci6n WNW-ESE a NW-SE y que es transversal a la porci6n de la Sierra Madre Occidental con esta Regi6n de Sonora y otra con direcci6n NNW-SSE a NS y que corresponde morfol6gicamente a sierras aisladas e interrumpidas por amplias depresiones aluviales.

Dentro de las estructuras con orientaci6n WNW-ESE se pueden distinguir dos grandes conjuntos: El de los dep6sitos de tipo molásico del Grupo Cabullona (Cretácico Superior) y el del conjunto de rocas del Paleozoico y Grupo Bisbee del (Cretácico Inferior). Este último conjunto constituye el cabalgamiento de las serranías septentrionales sobre el Grupo Cabullona. El plano de la cabalgadura se inclina hacia el NE y los Klippes tect6nicos de edad Paleozoica (Loma Blanca) descansan sobre el Cretácico Superior de la Cuenca de Cabullona.

Dentro del conjunto cabalgante se encuentran: El Cerro de La Morita, La Sierra Anibácachi y Los Montes Cánova en la mitad Oeste de la cuenca y el Cerro Cabullona y la Sierra del Caloso en la mitad Este de la misma.

La Sierra Anibácachi se presenta en forma de un pliegue anticlinal recostado hacia el SSW. Los Montes Cánova se presentan de igual forma y se encuentran separados de la Sierra Anibácachi por una falla inversa con orientación general NW-SE. El Cerro La Morita constituido por Calizas Naco (Paleozoico Sup.) y por una delgada ventana de los Esquistos Pinal (Precámbrico) se encuentra recostado hacia el SSW. Este cerro fue interpretado por C. Ragin (1977) como el núcleo del anticlinal de la Sierra Anibácachi dividido en escamas y recostado hacia el SW.

La Sierra del Caloso también se presenta en forma generalizada como una estructura anticlinal recostada, y pudiera relacionarse a la misma estructura de la Sierra Anibácachi.

El Cerro Cabullona sobre su flanco SW cabalga al Cretácico Superior, las calizas que afloran al frente de la cabalgadura son de edad Devónico-Mississípico (Viveros, 1965) y están afectadas por una tectónica anterior al Cretácico Superior.

Finalmente se puede mencionar que en la cubierta riolítica presente en el área se marcan principalmente movimientos de gran radio de curvatura (C. Rangin 1977) y una tectónica cortante con ejes que varían de NNW-SSE hasta N-S dan origen a grandes depresiones o bolsones.

Áreas Carboníferas: San Marcos.-Esta área en sus 5 localidades carboníferas que comprende, presenta una estructura homoclinal-generalizada, con un rumbo preferencial NW-SE y con inclinación hacia el NE. Cabe mencionar que únicamente en la localidad San Marcos existe de manera local un pequeño anticlinal y sinclinal hacia la base de la sección de la Formación Cintura.

El Encino.- Los mantos localizados dentro de la Formación Cintura presentan un rumbo y echado muy variable (NW 70°SE con 46°al NE, NW 5° SE con 28°al SW, NE 40°SW con 62°al NW etc). - Debido a que localmente las capas están fuertemente plegadas probablemente por la acción de un intrusivo diorítico presente en su vecindad.

Por último se puede decir que las áreas carboníferas de San Marcos y El Encino, están relacionadas entre sí por medio de un pliegue anticlinal recumbente, recostado hacia el SW.

HISTORICA.

El basamento pre-Paleozoico en la Cuenca Cabullona está representado por los Esquistos Pinal del Precámbrico Inferior, cuyos sedimentos originales posiblemente fueron derivados de la erosión de rocas más antiguas y depositados en un mar Precámbrico, con una edad mínima de 1 750 m.a.; después estos sedimentos sufren un evento metamórfico de primer orden.

En el Noreste de México, así como a la última fase de la Orogenia Appalachian (King, 1951, pág. 78) del Oriente de Estados Unidos.

En el Triásico la región permaneció elevada, plegada y fallada en bloques durante y al final de la Orogenia Sonorana; después de un hiato y posteriormente a una actividad volcánica desarrollada en el jurásico inferior y representada por la Formación Ceniza. (Comisión Federal de Electricidad 1983) se depositaron los sedimentos del Cretácico Inferior.

Durante la primera mitad del Cretácico Inferior la región permaneció sin cambio, posteriormente mediante una subsidencia general la línea de costa avanza acompañada del depósito costero del Conglomerado Glance al final del Neocomiano y principios del Aptiano. Actividad volcánica local en las vecindades de la región es indicada por los fragmentos volcánicos presentes en el Conglomerado Glance.

Durante el Aptiano el mar avanza a una posición más cerca del sureste de Arizona y los sedimentos de planicie costera abarcan la región de Cabullona y el extremo suroeste de Nuevo México.

Hacia el W y en forma menor hacia el N y probablemente al E, una general pero irregular expansión del mar continúa a través del Aptiano; y en el Albiano, la línea de costa pudo haber hecho conexión con las aguas del Pacífico a través del norte de Sonora.

Una transgresión marca el máximo avance del mar dentro del suroeste de Arizona, durante el Albiano Temprano.

La formación Morita es claramente un depósito de aguas someras, representando la transición durante la continuada subsidencia de condiciones litorales representadas por el Conglomerado Glance y aquellos de moderada profundidad como los que prevalecieron en el depósito de las capas medias de la Caliza Mural.

En el Albiano Medio el mar aparentemente retrocede hacia la esquina NE del estado de Sonora precisamente sobre el área de estudio. Y la Formación Cintura y sus equivalentes en el Sureste de Arizona se han interpretado como depositados bajo condiciones de un delta progradante, donde el miembro inferior de la formación representa a la facies de prodelta, el miembro medio a la facies de frente deltaico y el miembro superior a la facies de planicie deltaica, la cual contiene los mantos carboníferos de mayor interés en el área de estudio (Área San Marcos).

La regresión de el mar de Arizona puede haber sido debido mas a una deformación en el noroeste que a una disminución del nivel del mar.

Una regional deformación en el noroeste continúa durante el Albiano Tardío y el Cenomaniano Temprano.

Durante Turoniano las condiciones presumiblemente permanecen igual que en el Albiano y Cenomaniano. El mar cubre gran parte de Nuevo México y Noreste de Arizona, pero el Sureste de Arizona y Sonora permanecen emergidos.

Una fase tectónica post-Albo-Cenomaniano y pre-Maestrichtia na es responsable de la discordancia que se observa en la base del grupo Cabullona de Tipo Molásico y de edad Cretácico Superior - - (Campaniano) Taliaferro (1933). Este grupo se compone de 5 - formaciones que de la base a la cima son: Snake Ridge, Areniscas, Camas, Lutitas Packard, Capas Rojas Superiores, y Tobas Riolfi - cas. Estas formaciones están constituidas por conglomerados are - niscas y limolitas que fueron depositadas en un ambiente continen - tal, el volcanismo se hace patente en la cima de este grupo.

Al final del Cretácico Superior y a principios del Tercia - rio hubo una época de deformación comprensiva intensa que afectó - a todas las rocas pre-Terciarias, dicha época corresponde a la - llamada Orogenia Laramide la que es responsable de la cabalgadura del Grupo Bisbee (Cretácico Inferior), los sedimentos paleozoi - cos y el basamento precámbrico sobre los depósitos de tipo molási - co del Grupo Cabullona (Cretácico Superior).

La fase compresiva de la Orogenia Laramide fué seguida en - el Eoceno Tardío y Oligoceno por un proceso de afallamiento en - bloques, a la vez hubo una erosión extensa y prolongada; acompa - ñando a esta fase de afallamiento fueron intrusionados algunos -- cuerpos plutónicos.

El volcanismo se generalizó en el Terciario Medio y fue se - guido a principios del Plioceno por otra época de afallamiento en bloques parecido al anterior. Hubo repetición de la acumulacióm - de gruesos depósitos clásticos continentales en el resto del Plio - ceno acompañado por fallamiento normal adicional.

Finalmente el volcanismo basáltico comenzó en el Plioceno - Tardío y ha continuado hasta hoy en áreas vecinas a la región so - bre todo en la zona de Pinacate, Sonora.

RESULTADOS GEOECONOMICOS

Mediante los trabajos exploratorios regionales y de semidetalle - desarrollados en la Cuenca Cabullona, fue posible localizar y se - leccionar 2 áreas de mayor interés carbonífero (Area San Marcos - y Area El Encino), así como otras localidades con manifestacio - nes de carbón (Cerro y Arroyo Magallanes, Loma Blanca y El Mala - cate).

Area San Marcos (Plano No. 2).- Se localiza al sur de la Sierra la Ceniza, y al norte de la Sierra El Caloso, a una distancia de - 25 Km. en línea recta al sureste de la Cd. de Agua Prieta, cubre - una superficie de 70 Km², (14 Km largo y 5 Km ancho) que inclu - ye 4 localidades carboníferas dentro de la Formación Cintura (San Marcos, Los Fraguítas, Santa Rosa y La Aguja) y a una localidad - (San Juan) que presenta 2 horizontes de lutita carbonosa dentro de la Formación Snake Ridge.

San Marcos (Plano 2).- Se localizaron 38 mantos de carbón den - tro de una secuencia de lutitas y areniscas de la Formación Cintu - ra (Cretácico Inferior) la cual posee un espesor de 600 m. (ex - puesto).

La extensión lateral reconocida de los mantos varía entre 100 y 1 700 m., sus espesores van de los 0.15 m a 1.30 m. existiendo uno de hasta 3.00 m (manto No. 10). El rumbo de los mantos varía entre NW 38°SE y NW 68°SE, con una inclinación al NE de entre 32°y 60°:

Cabe mencionar que no existen grandes estructuras que pudieran ocasionar repetición de numerosos mantos observándose únicamente un pequeño anticlinal y sinclinal hacia la base de la sección y la correspondiente repetición de 3 mantos los cuales no fueron considerados.

A continuación se presenta la descripción de algunos mantos y el resultado de su estudio de caracterización:

Manto	Espesor	Reflectancia	Ceniza	Ca/gramos	B.T.U./Libras	RANGO
4	0.75m	0.50	37.66	2,484	4,471	Sub-bituminoso
6	0.30m	0.55	16.16	5,671	10,208	Sub-bituminoso
10	3.00m	0.52	16.33	Excelentes cualidades térmicas.		" "
13	0.50m	0.50	10.56	Excelentes cualidades térmicas.		" "

Las Fraguillas.- Se localiza al NW de la localidad San Marcos y contiene 3 mantos de carbón antracítico y dos horizontes de lutitas carbonosas con fragmentos de betúmen. El rumbo de los mantos es NW 65°SE, con una inclinación de 60°al NE., la extensión lateral observada fue de 600 m.

Santa Rosa.- Se localiza en la porción más occidental del área San Marcos y contiene 3 mantos de material carbonoso de 0.40, 0.50 y 0.80 m de espesor intercalados con lutitas y areniscas, el rumbo general es de NW 65°SE, buzando al NE con 62°de inclinación. La extensión lateral observada de los mantos fue de 100 m.

Area El Encino (Plano 2).- Comprende una superficie de 20 Km² y se ubica dentro del Mpio. de Fronteras, a 50 Km al SE de la Cd. de Agua Prieta, Sonora; al sur de la Sierra Basomari. A la fecha y mediante los trabajos exploratorios regionales que se han desarrollado en el área, se han localizado 11 mantos de carbón, alojados en la Formación Cintura del Cretácico Inferior. La extensión lateral reconocida de los mismos varía entre 50 y 100 m, el espesor va desde 0.15 a 1.50 m. El rumbo y echado de los mantos es muy variable (NW 70°SE con 46°al NE, NW 5°SE con 28° al SW NE 40°SW con 62°al NW etc). Debido a que localmente las capas están fuertemente plegadas.

A continuación se presenta la descripción de algunos mantos y el resultado de su estudio de caracterización:

