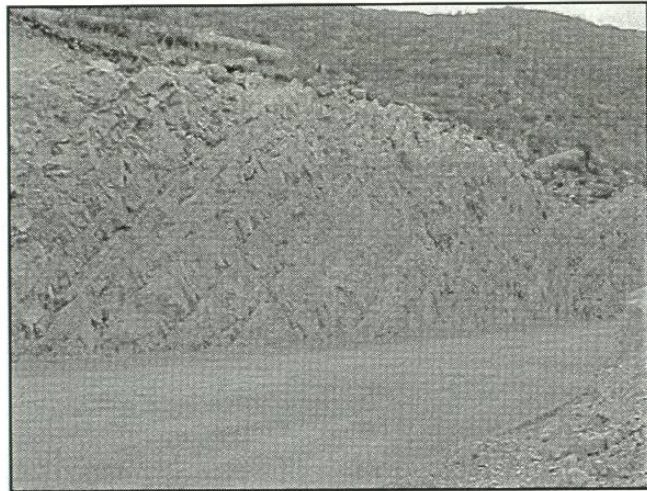
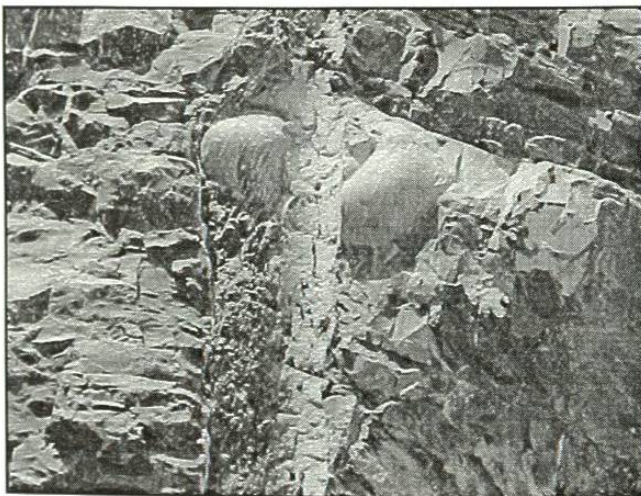


Es una secuencia homogénea de calizas de color gris que a la intemperie muestran un color gris azulado ó crema. Los estratos son muy fáciles de reconocer por el espesor masivo que los caracteriza, siendo desde unos decímetros hasta casi 2.5 m (Fig. 2.14). Intercalados se pueden observar horizontes arcillosos con espesor de unos cuantos centímetros ó también calcita cristalizada de color blanco. Cerca del contacto con la Formación Otates se observan algunas concreciones redondeadas con diámetros de 30 cm de composición calcárea. Paralelo a los planos de estratificación se observan estilolitas al igual que nódulos de pedernal de forma lenticular de color beige y en ocasiones negro. El contacto con la Formación Taraises es transicional pero no se distingue con exactitud este límite por la homogeneidad de la litología. Para el levantamiento se marcó la primera aparición de horizontes masivos calcáreos.

Aflora en las partes altas de las montañas que rodean al valle encajonándose en el cañón de la parte Norte, formando escalonamientos. El buzamiento en el corte carretero es de  $299^{\circ}/24^{\circ}$  en la parte baja, mientras que en la parte media de la Formación que aflora en el cadenamiento 29+000 la dirección es de  $315^{\circ}/30^{\circ}$  debido a un escarpe que se tiene en la parte superior del cerro. En la parte E el buzamiento es de  $034^{\circ}/20^{\circ}$ . El espesor de esta Formación es de 300 m. Corresponde a una edad de Barremiano – Aptiano (Carrillo – Bravo, 1961).



**Fig. 2.14** Calizas masivas de la Formación Tamaulipas Inferior. Km 28+850. Vista hacia el NE.



**Fig. 2.15** Concreciones redondeadas de composición calcárea de la Formación Tamaulipas Inferior.

### 2.2.9 Formación Otates

Se denomina así a una secuencia de calizas arcillosas, lutitas carbonosas y margas que aflora como localidad tipo en el Cañón de Otates en el flanco W de la Sierra de Tamaulipas, definida por Humphrey y Díaz, (1956). Existe una discrepancia entre si la forma de denominar a esta unidad como Formación es la correcta (ej. Carrillo – Bravo, 1961), ya que en algunos trabajos se menciona sólo como Horizonte, mientras que otros autores (ej. Gamper, 1977) sugieren agrupar a Tamaulipas Inferior, Otates y Tamaulipas Superior como una sola Formación. que a vista del autor de este trabajo corresponde a una formación geológica porque tiene un ambiente de depositación diferente a las Formaciones contiguas.

Esta formada por calizas arcillosas de color gris oscuro con espesores de 10 a 30 cm con intercalaciones de lutitas y arcillas (Fig.2.16). Contiene abundantes amonites bien preservados de tamaños de 3 a 5 cm. El espesor medido es de 20 m. teniendo un buzamiento de  $249^{\circ}/40^{\circ}$  en el trazo carretero. Se distribuye alrededor del valle fácilmente reconocible por la espesa vegetación por la cual en la mayoría del afloramiento esta cubierta ó erosionada. Se le asigna una edad de Aptiano, (Carrillo – Bravo, 1961).

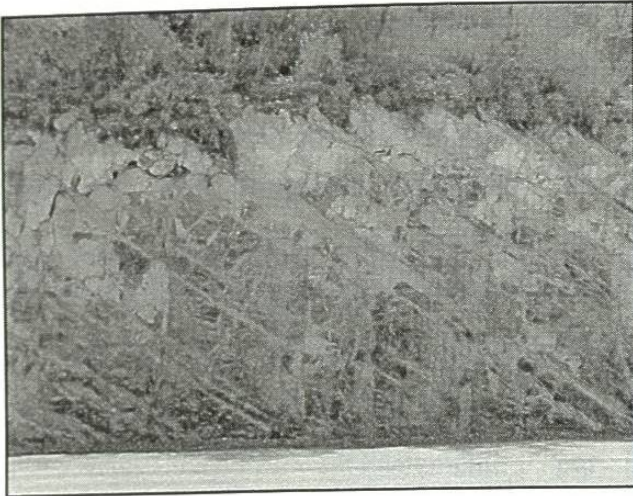


**Fig. 2.16** Formación Otates. Nótese el contraste litológico entre la Formación Tamaulipas Inferior subyacente. La línea punteada marca el contacto litológico. Km. 29+450. Vista hacia el SW.

### 2.2.10 Formación Tamaulipas Superior

Denominada así por la división que surgió por el reconocimiento de la Formación Otates en la Sierra de Tamaulipas.

En el área de estudio consiste de una secuencia muy homogénea de calizas color gris que intemperizan de gris claro a crema (Fig. 2.17). Las capas tienen espesores de entre 50 cm hasta 1.5 m. Intercalan capas de 1 cm de arcillas, calcita cristalizada de color blanco además de horizontes con pedernal negro. También se observan estilolitas paralelas a la estratificación al igual que nódulos de pedernal.



**Fig. 2.17** Calizas masivas de la Formación Tamaulipas Superior. Km 30+000. Vista hacia el S.

Muestra una dirección de buzamiento preferencial hacia el SW – W de  $266^{\circ}/43^{\circ}$ , correspondiendo a un flanco del anticlinal del Huizachal, lugar donde se encuentra distribuida. Además de que se tiene un plegamiento pequeño en esta porción, formando un monoclinal. El espesor medido fue de 200 m. Corresponde a una edad Aptiano – Albiano.

### 2.2.11 Formación Cuesta del Cura

Fue definida por Imlay (1936) en la Sierra de Parras. Corresponde al miembro superior de la formación Tamaulipas Superior que Carrillo – Bravo (1961) mencionó en su publicación, descartada esta idea posteriormente por otros autores (ej. Gamper, 1977).

En el área de estudio consiste de una alternancia de caliza de color gris oscuro que intertemperiza a gris claro con espesores de entre 30 – 50 cm con capas delgadas de margas de color gris. Intercalados entre éstos se encuentran lentes y horizontes de pedernal negro muy abundantes. Una característica de esta Formación que ayuda a identificarla en campo es que presenta una estratificación ondulada (Fig. 2.18). En la parte superior de la secuencia se pueden observar algunos estratos masivos que no presentan ondulación. El contacto inferior con la Formación subyacente es transicional marcándose como límite la aparición de estratos medianos con pedernal.

La edad de determinada de esta Formación es de Cenomaniano (Humphrey, 1949). Se distribuye en el flanco W del anticlinal del Huizachal teniendo un buzamiento preferencial de  $264^{\circ}/41^{\circ}$ . El espesor medido es de aproximadamente 120 m.

### 2.2.12 Formación Agua Nueva

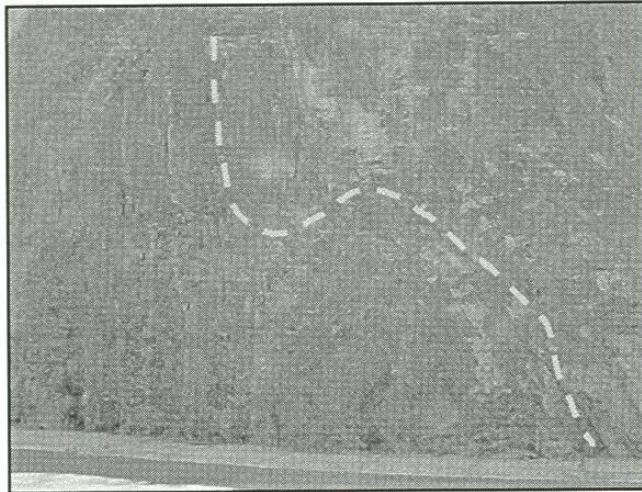
Fue descrita primeramente por Stephenson (1921), e Imlay (1936) definió como localidad tipo al Cañón de Agua Nueva en la Sierra de Parras. Sobreyace concordantemente a la Formación Cuesta del Cura y es sobreyacida por la Formación San Felipe.

En el área de estudio se puede observar como una alternancia mas o menos rítmica de calizas de color gris oscuro a negro de espesor medio de mas o menos 40 cm, intercalada por lutitas laminares de color negro a gris de casi el mismo grosor que el de las calizas y margas de color grisáceo (Fig. 2.19). También se observan escasos nódulos de pedernal.

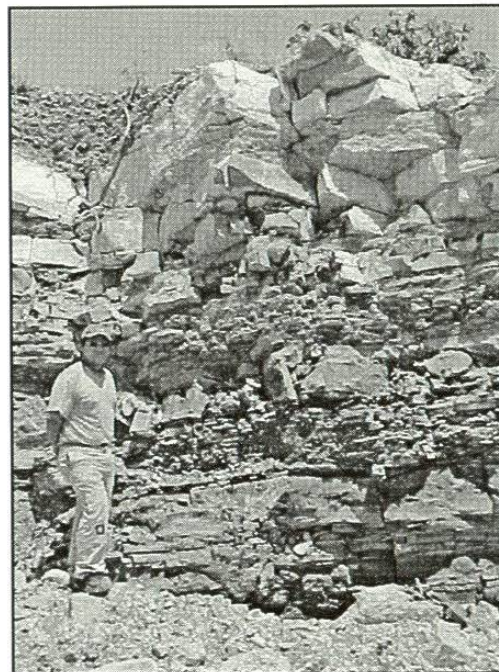
Tiene un buzamiento preferencial hacia el W medido en el trazo carretero el cual es de  $264^{\circ}/40^{\circ}$ , aflorando en flanco del anticlinal. El espesor medido es de 80 m. Su edad ha sido asignada como Turoniano (Padilla y Sánchez, 1985).

### 2.2.13 Formación San Felipe

Fue definida por Muir (1936), como una sección incompleta de calizas margosas laminadas y lutitas de color gris que intemperiza a pardo, que se encuentran expuestas al W del rancho San Felipe, a 4 Km al E de Cd. Valles S.L.P. Sobreyace a la Formación Agua Nueva y subyace a las lutitas Méndez.

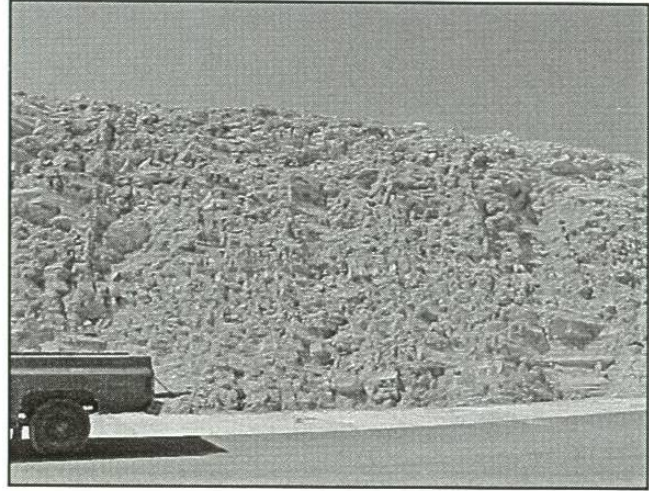


**Fig. 2.18** Aspecto general de la Formación Cuesta del Cura. Nótase el bandeamiento característico de ésta marcado por la línea punteada. Vista hacia el S.

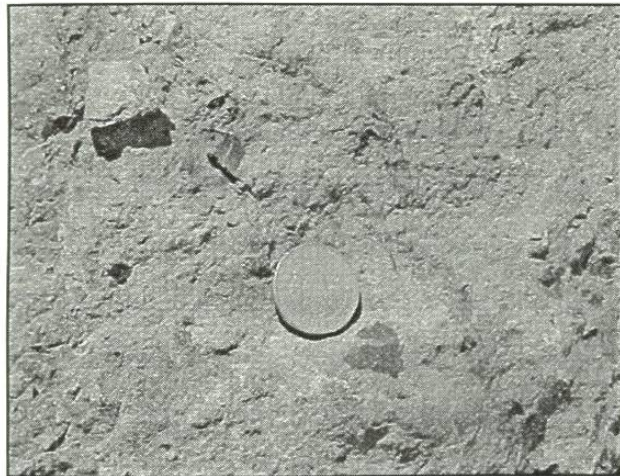


**Fig. 2.19.** Alternancia de calizas con lutitas laminares y margas de la Formación Agua Nueva. Vista hacia el NE.

Aflora una secuencia de caliza arcillosa color gris que intemperiza a crema, alternando con lutitas y margas (Fig. 2.20). Los espesores contrastan con la formación subyacente siendo de alrededor de 30 cm de espesor. Algunas capas presentan bioturbación. Se observan abundantes capas de bentonita de color verde que contrastan con los colores de las calizas. Aproximadamente a 5 m del contacto con Agua Nueva aflora un banco de brecha con clastos angulares a subredondeados mal clasificados de composición calcárea de diversas composiciones, con algunos trazos de cuarzo y óxidos, inmersos en una matriz calcárea (Fig. 2.21). La parte basal de la Formación es más carbonatada mientras que la alta es más arcillosa. En las fracturas se aprecia rellenos de calcita.



**Fig. 2.20** Calizas arcillosas, margas y lutitas de la Formación San Felipe. Km 31+300. Vista hacia el N.

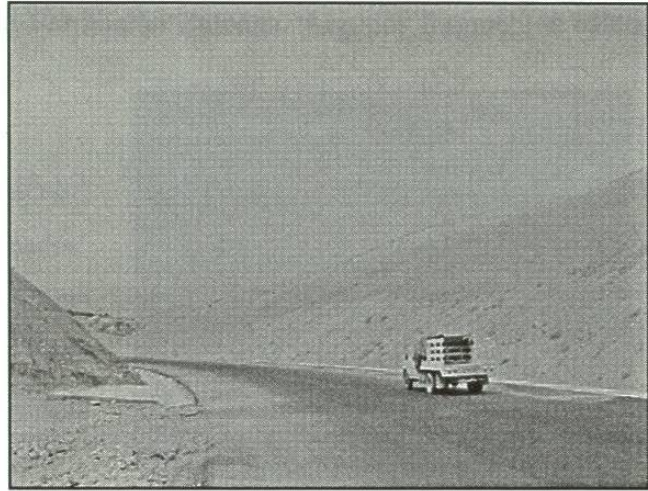


**Fig. 2.21** Brecha de la Formación San Felipe. Moneda como referencia.

El buzamiento preferencial es de  $261^{\circ}/61^{\circ}$ , distribuyéndose a lo largo de este flanco del anticlinal. La sección medida de acuerdo a la Carta Geológica – Estructural es de aproximadamente 70 m. Se le ha asignado una edad de Turoniano – Santoniano (Padilla y Sánchez, 1985).

### 2.2.14 Formación Méndez

Esta formada por lutitas y margas de color gris y gris verdoso que intemperizan a amarillo (Fig. 2.22). Se pueden apreciar espesores que varían desde unos cuantos centímetros hasta 1 m. Tienen una fractura tipo concoidea. Morfológicamente forma mesetas en el área de estudio que contrastan con la planicie del Valle de Jaumave, que están distribuidas en la parte baja de las montañas que forman el flanco W del anticlinal. El espesor no se pudo medir ya que no se observa el contacto superior por estar cubierto por sedimentos del cuaternario. La edad correspondiente a dicha Formación es de Campaniano – Maastrichtiano.



**Fig. 2.22** Lutitas y margas de la formación Méndez, en ambos taludes. Km. 34+000, Vista hacia el W.

## CUATERNARIO

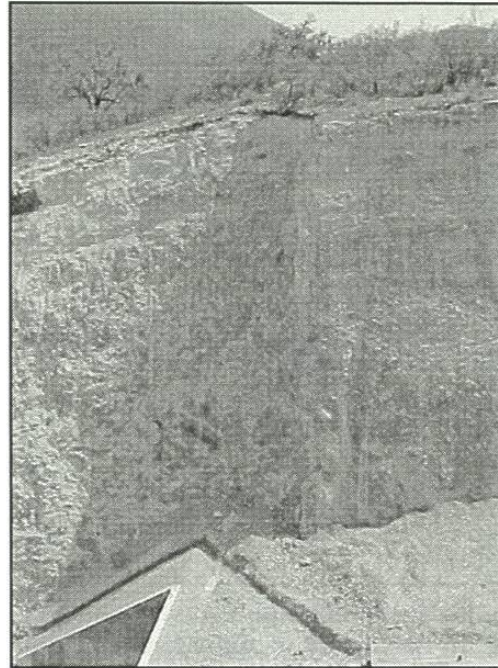
Se denominó como unidades de edad cuaternaria, a materiales compuestos por fragmentos de composición heterogénea y tamaño en diferentes proporciones. Se clasificaron en dos tipos de acuerdo a su estructura: coluviones y aluviones. Su depositación se realizó por efectos de intemperismo sobre las rocas aflorantes, que de acuerdo a la magnitud de la transportación, al sistema pluvial y escurrimientos, determinaron la composición y tamaño de estos materiales. Podemos resumir que el aluvión se encuentra depositado en las depresiones topográficas y afluentes de ríos, y el coluvión como depósitos de ladera.

### 2.2.15 Coluvión

En el cadenamamiento 27+400 del corte carretero donde se ubica el túnel falso, se reconoció un coluvión con fragmentos angulosos y subangulosos de tamaño muy variado que van desde unos centímetros hasta casi un metro de diámetro (Fig. 2.23). La composición es de rocas carbonatadas, inmersas en una matriz arcillo – arenosa de color blanco y amarillo pobremente cementada. En la

parte N del túnel se aprecia que descansa sobre la Formación Zuloaga. Algunos fragmentos calcarenosos contienen amonites.

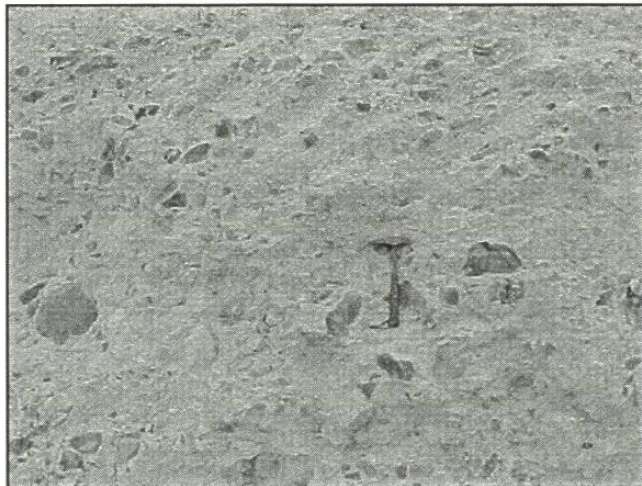
En la región W, a partir del cadenamiento 33+000 aflora un coluvión con clastos subredondeados y redondeados con diámetros que van desde 0.5 cm hasta 50 cm, inmersos en una matriz arcillosa de color blanco cementada (Fig. 2.24). La composición de los líticos es principalmente caliza de color gris oscuro, también se encuentran lutitas al parecer de la Formación Méndez y rocas ígneas. Está distribuido en las faldas de las montañas, cubriendo a las Formaciones San Felipe y Méndez, rellenando depresiones.



**Fig. 2.23** Coluvión ubicado en la parte superior del túnel falso.

#### 2.2.16 Aluvión

Se denomina aluvión al conjunto de materiales formado por fragmentos de roca de tamaños variables, redondeados y subredondeados que han sufrido transportación. Tiene una composición principalmente de calizas y otras variedades de rocas. Este se encuentra ubicado en la parte W del área de estudio, cubriendo a la Formación Méndez en el Valle de Jaumave formado por la estructura sinclinal que acompaña a los arqueamientos antes descritos. También se puede encontrar en el lecho del río Juan Capitán al igual de en los cauces de los arroyos menores que cruzan el Valle de Huizachal.



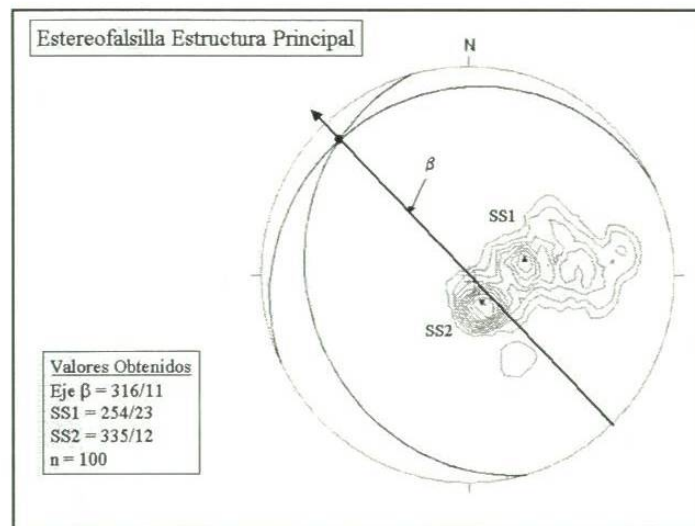
**Fig. 2.24.** Coluvión arcilloso ubicado en Km. 33+000.

### 2.3 Geología Estructural

De acuerdo a la interpretación de los datos estructurales levantados en el área de estudio, se observan dos sistemas de orientación preferencial de la estratificación de  $335^{\circ}/12^{\circ}$  y por otra parte  $254^{\circ}/23^{\circ}$  (Fig. 2.25); se deduce que la sección estudiada corresponde a un anticlinal que su plano axial tiene un rumbo de  $316^{\circ}$  con una inmersión de  $11^{\circ}$ . Los círculos máximos representan los flancos de dicha estructura, obteniéndose como eje del pliegue el punto donde se interceptan. Este punto representa la línea de rumbo del pliegue con su respectiva inmersión con respecto a la horizontal. La ubicación del punto de convergencia se ubica aproximadamente en el Km 29+000 referido a la Carta Geológica – Estructural anexada.

En el núcleo de este anticlinal aflora la Formación Huizachal con echados suaves de  $12^{\circ}$  a  $17^{\circ}$  paralelo a los flancos de la estructura principal. Intrusionando a esta Formación en la parte central se encuentra una masa ígnea que presenta plegamiento, al igual que una serie de diques circundantes a éste. Existe metamorfismo de contacto en las partes donde afloran los intrusivos. Al parecer este evento volcánico fue anterior a la depositación de la formación suprayacente ya que no se aprecia intrusiones en ésta. En el Km 25+540 se observan una serie de fallas normales con rumbo NW – SE que afectan sólo a esta unidad, con desplazamiento de unos cuantos metros (Fig. 2.26).

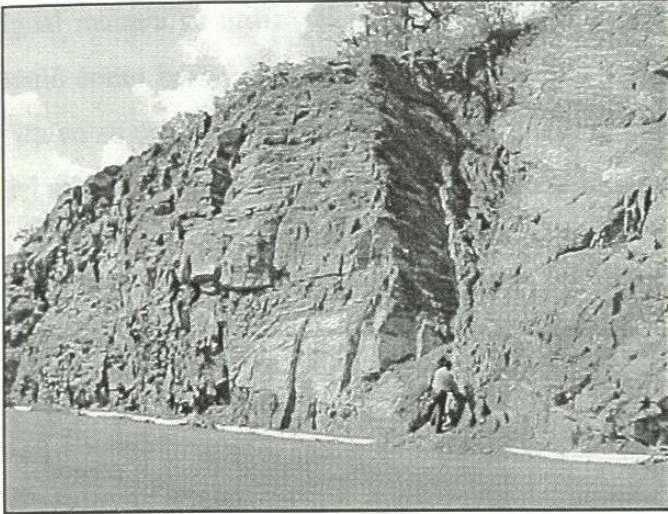
El contacto con la Formación La Joya es mediante una discordancia angular de  $12^{\circ}$ . Este basculamiento pudo haber sido por una subsidencia de los sedimentos anteriores que propició el cambio del ángulo de depositación. En la parte NE de la región estudiada en el Cerro El Fraile, se tiene una morfología marcada por escarpes formados por un movimiento rotacional en forma antitética mostrada por la posición estructural de los estratos deslizados. Esto se identifica por la exposición de un buzamiento contrario al de la estructura por parte de las capas. También se observan estructuras de deslizamiento dentro de la Formación Tamaulipas Inferior en el Km.



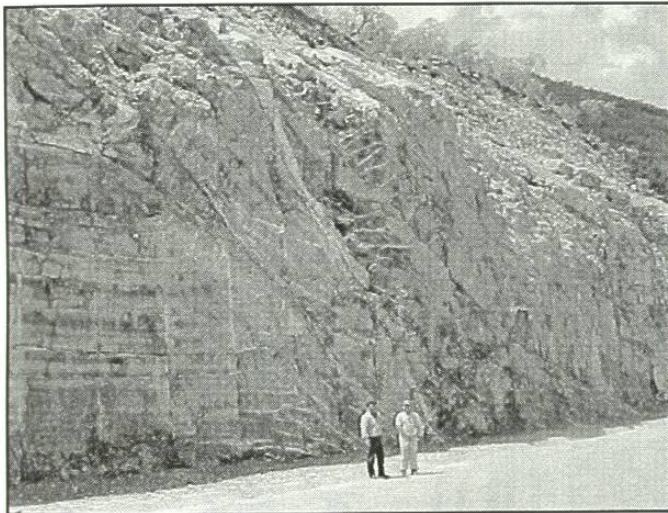
**Fig. 2.25** Estereofalsilla con datos estructurales (rumbo/echado) que presenta la estratificación de todas las formaciones del área de estudio.



29+000, con un movimiento sintético, dentro de la zona donde converge la inmersión del anticlinal. Caso contrario en la parte alta del Km. 30+000 donde tenemos un movimiento antitético que forma escalonamientos en el relieve. En la Formación Tamaulipas Superior se observa una falla inversa con rumbo N – S al igual que un plegamiento (Fig. 2.27).



**Fig. 2.26** Fallamiento normal de la Formación Huizachal. Vista hacia el SE.

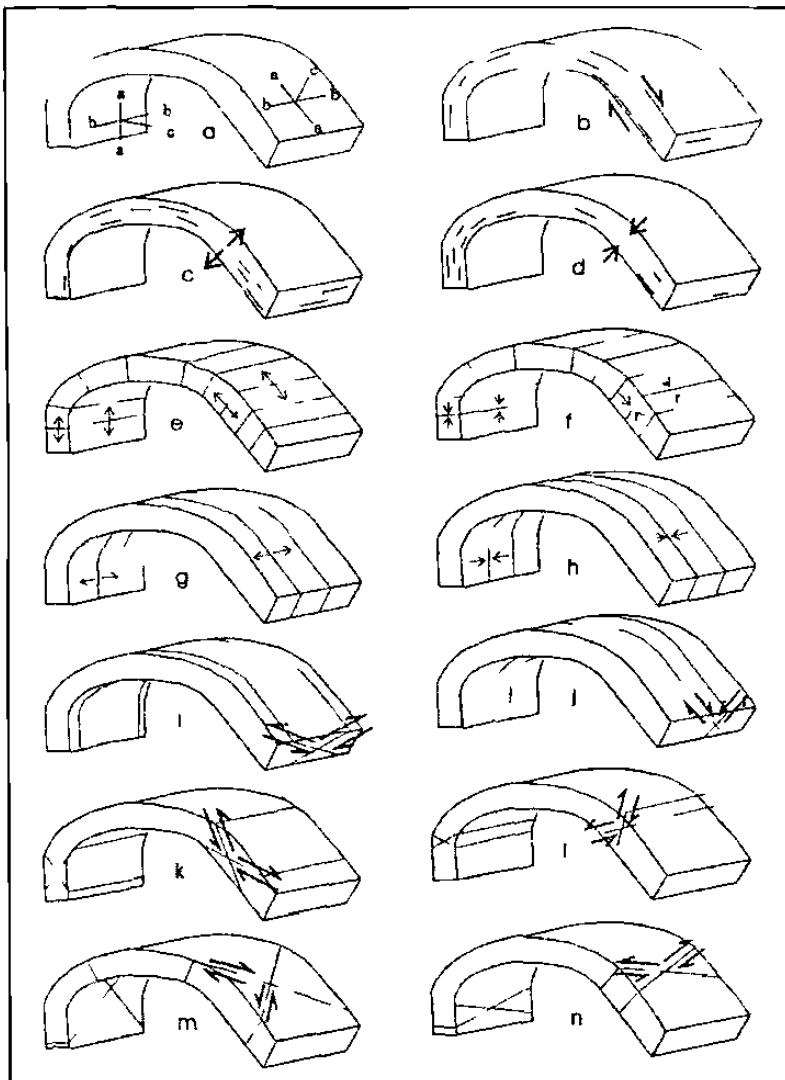


**Fig. 2.27** Fallamiento inverso dentro de la Formación Tamaulipas Superior. Vista hacia el S.

Dentro de la Formación Cuesta del Cura se observa una serie de fallamientos tipo vertical con desplazamiento de pocos metros. El rumbo de las fallas es en dirección S – N paralelo a los flancos del anticlinal. Esto puede ser explicable por la posición en que se encuentra con respecto a la estructura principal.

### 2.3.1 Descripción del Fracturamiento

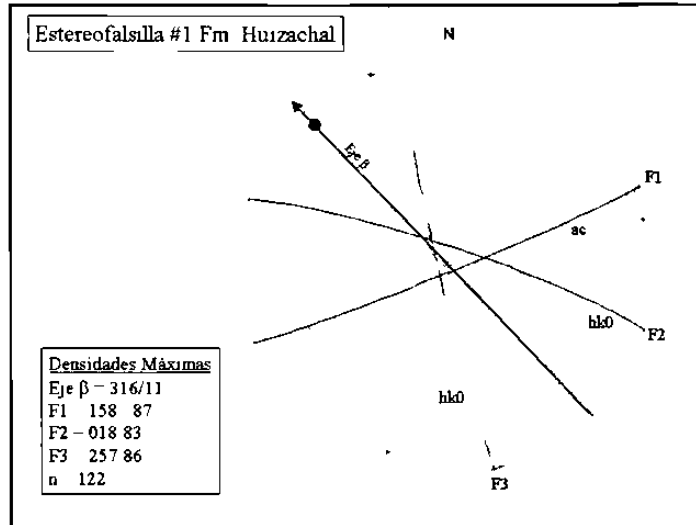
Durante la cartografía se ubicaron 6 sitios que presentan interés para los objetivos de este trabajo de tesis. En la recolección de los datos estructurales se utilizó la brújula tipo Clar, siendo este el criterio para representar numéricamente la dirección del echado y el echado en este trabajo. De igual manera se utilizó el modelo de clasificación de fracturas de acuerdo a Hancock (1985). Se tomó como base para clasificar los diferentes tipos de diaclasas el eje del pliegue, para lo cual se obtuvo su orientación e inmersión de acuerdo al criterio del párrafo correspondiente a la descripción del mismo, es decir, las fracturas están referidas a la estructura anticlinal que domina al área.



**Fig. 2.28** Clasificación de fracturas de acuerdo a Hancock (1985). a) definición de la orientación de la fábrica; b) fracturas de cizalla en a-b; c) fracturas de extensión en a-b; d) estilolitas en a-b; e) fracturas de extensión en b-c; f) estilolitas en b-c; g) fracturas de extensión en a-c; h) estilolitas en a-c; i) fracturas conjugadas 0kl formando un ángulo agudo respecto al eje b; j) fracturas conjugadas 0kl formando un ángulo agudo respecto al eje c; k) fracturas conjugadas h0l formando un ángulo agudo respecto al eje a; l) fracturas conjugadas h0l formando un ángulo agudo respecto al eje c; m) fracturas conjugadas hk0 formando un ángulo agudo respecto al eje a; n) fracturas conjugadas hk0 formando un ángulo agudo respecto al eje b.

### 2.3.2 Afloramiento #1

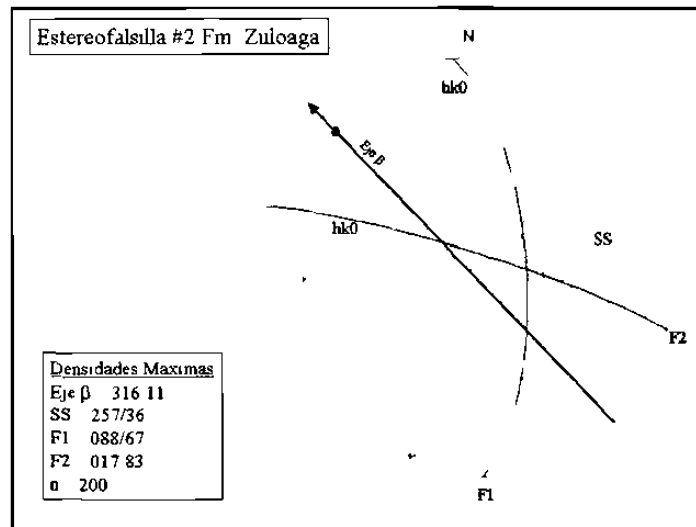
Ubicado en la Formación Huizachal. El número de datos levantados es de 122. El diagrama de densidades muestra tres tipos preferenciales de orientación: el grupo F1= 158° 87°, F2 018° 83°, F3= 257° 86°. La geometría de las fracturas permite clasificar al sistema de diaclasas F1 en tipo *ac*, la cual tiene un rumbo casi perpendicular al eje *b*



además de un echado vertical; las familias F2 y F3 muestran un ángulo agudo con respecto al eje *b* y sus planos son paralelos al eje *c*, lo cual definimos como un fracturamiento tipo *hk0*.

### 2.3.3 Afloramiento #2

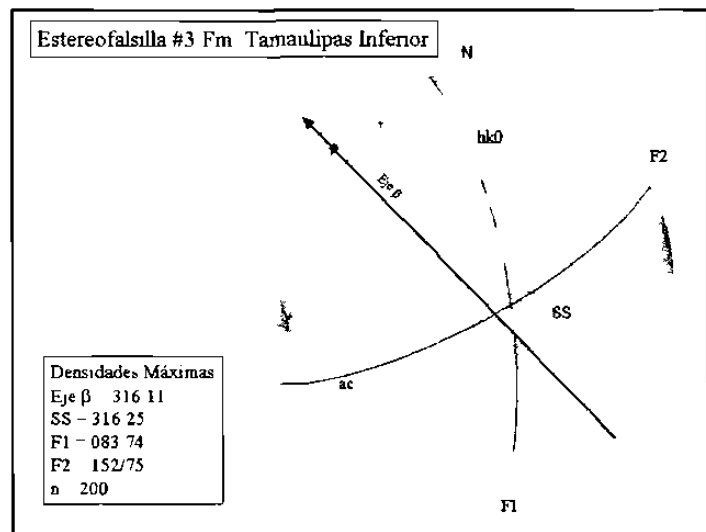
Se ubica dentro de la Formación Zuloaga. Para la representación estereográfica se tomaron 200 datos, que al hacer el diagrama de densidades muestra dos familias de fracturas con valores máximos de orientación F1 = 088° 67° y F2 = 017° 83°. Ambas muestran un ángulo agudo con respecto al eje *b* y sus planos son paralelos con el eje *c*, lo cual indica que son del tipo *hk0* siendo conjugadas una de otra.



### 2.3.4 Afloramiento #3

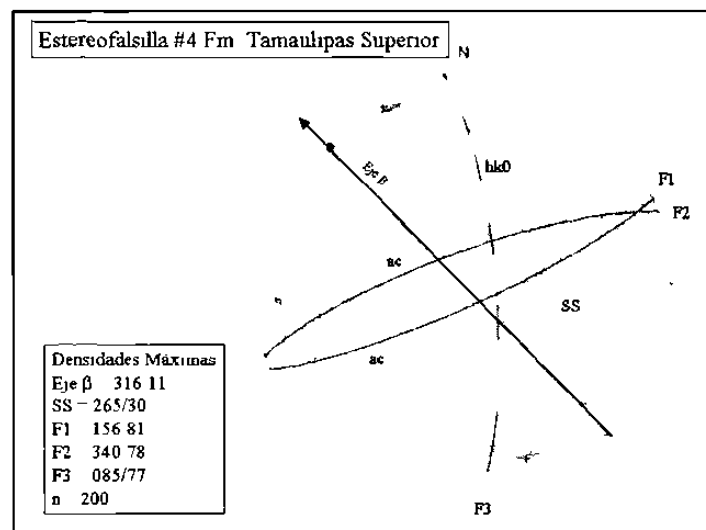
Se encuentra en la Formación Tamaulipas Inferior, en el punto de convergencia de los flancos del anticlinal. La población de los datos es de 200. Al hacer el diagrama de densidades se obtuvieron los valores máximos de las orientaciones preferenciales de los grupos de fracturas, dándose

resultados de  $F1 = 083^\circ 74'$  y  $F2 = 152^\circ 75'$ . La primera familia  $F1$  tiene una posición respecto al eje  $b$  en ángulo agudo que nos indica una orientación tipo  $hk0$ . La segunda  $F2$  muestra un ángulo agudo con el eje del pliegue siendo su plano perpendicular al eje  $c$ , que se clasificó como tipo  $ac$ .



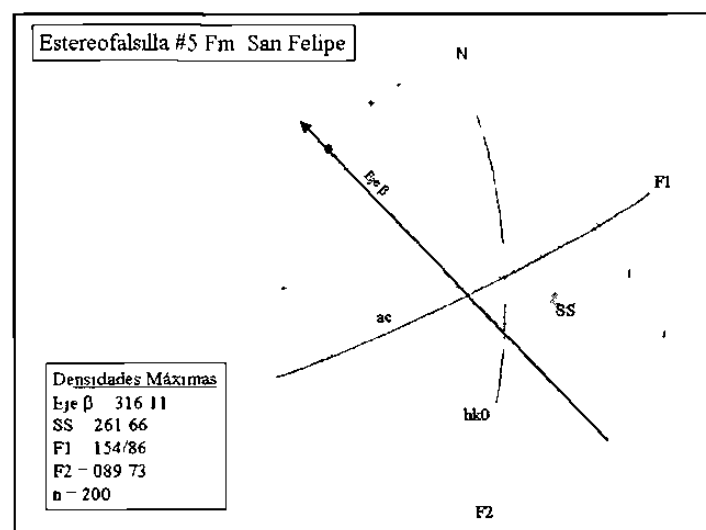
### 2.3.5 Afloramiento #4

Se ubica en la Formación Tamaulipas Superior. El total de los datos obtenidos en campo es de 200. Las densidades máximas nos indican un agrupamiento de tres familias con orientaciones preferenciales de  $F1 = 156^\circ 83'$ ,  $F2 = 340^\circ 78'$ ,  $F3 = 085^\circ 77'$  Y  $SS = 265^\circ 30'$ .  $F1$  y  $F2$  son perpendiculares el eje del pliegue que se clasificaron como tipo  $ac$ .  $F3$  forma un ángulo agudo con el mismo eje y su plano es paralelo al eje  $c$  que interpretamos como tipo  $hk0$ .



### 2.3.6 Afloramiento #5

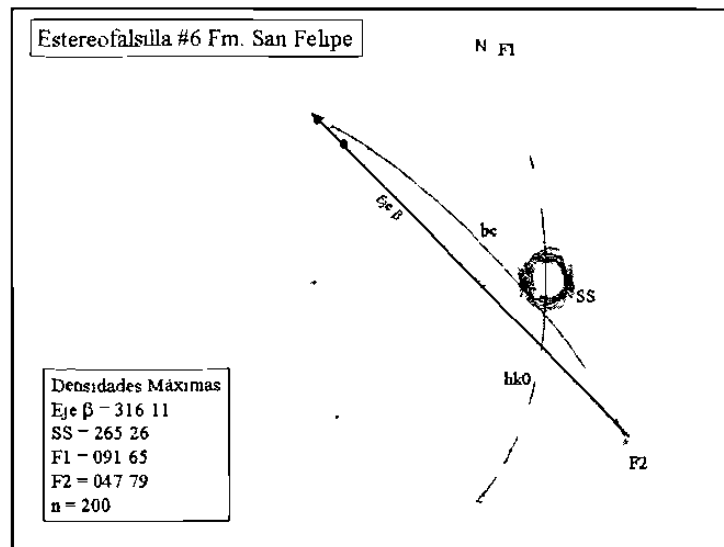
Se ubica en la Formación San Felipe, en el flanco W del anticlinal. Con una población de 200 datos para hacer la representación del diagrama de densidades, se obtuvieron los valores máximos de dos familias, con orientaciones preferenciales de  $F1 = 154^\circ 86'$  y  $F2 = 089^\circ 73'$ .



154  $86^\circ$  y  $F2 = 089^\circ 73^\circ$ .  $F1$  tiene una posición perpendicular al eje del pliegue, clasificándola en tipo *ac*; mientras que  $F2$  es oblicua al eje  $b$  formando un ángulo agudo y muestra paralelismo con el eje  $c$ , indicando que es tipo *hk0*.

### 2.3.7 Afloramiento #6

Se ubica en el flanco W de la estructura principal, dentro de la estructura principal, dentro de la Formación San Felipe. El número de datos muestreados dan un total de 200. De acuerdo al diagrama de densidades se tienen dos grupos de fracturas con orientaciones preferenciales de  $F1 = 091^\circ 65^\circ$  y  $F2 = 047^\circ 79^\circ$ .  $F2$  presenta un rumbo paralelo al eje del pliegue indicando una orientación tipo *bc* ya que



sus planos son paralelos a los ejes  $b$  y  $c$  respectivamente. El rumbo de  $F1$  forma un ángulo agudo con el eje y su plano se orienta en forma paralela al eje  $c$ , que podemos clasificar como tipo *hk0*.

De acuerdo a las posiciones geométricas de las fracturas mostradas en las estereofalsillas, dentro del área de estudio, se tiene un fracturamiento *hk0*, dado que todos los diagramas presentan este tipo de fracturamiento con orientaciones similares. Este diaclasamiento es producido por esfuerzos de cizallamiento originados por el campo de esfuerzos que prevaleció durante la Orogenia Laramide, al momento de formar el plegamiento, teniendo valores de  $\sigma_1$  en posición horizontal perpendicular al eje del pliegue. Este tipo de fracturas se desarrollaron después del inicio del plegamiento. También se tiene fracturamiento tipo *ac* con rumbo preferencial SW – NE, desarrollado en la dirección del esfuerzo principal  $\sigma_1$  en posición horizontal perpendicular al eje del pliegue.