

deas (**Otozamites sp**) y Coníferas (**Brachyphyllum cf. Pompeckji** y **Frenelopsis sp.**) Este conjunto florístico es el mismo que se encuentra en el Valanginiense Hauteriviense del Perú (Steinmann, 1930 y en el Berrasiense, Valanginiense medio de Colombia (Lipps, 1938; Royo y Gómez, 1945). En Perú la formación geológica es parecida al Barranquín de aquí, con rocas semejantes que en unos casos son todas ellas continentales que van desde el Titónico marino al Barremiense superior sobre marino y en otros casos las lutitas y areniscas

continentales alternan con intercalaciones marinas. En Colombia el caso es distinto, pues esa flora está unida a Arzonites, en la base de la formación Quetame que corresponde del Berrasiense? al Valanginiense medio en la iniciación de la fase geosinclinal cretácica de la Cordillera Oriental. La formación Barranquín, como muy bien dicen Hedberg y Pyre (1944), es una alternancia de sedimentos costeros y, puede agregarse, fluviales, con depósitos marinos someros que en la parte inferior son raros y aumentan en frecuencia hacia la parte superior.

metalurgia

figuras de corrosion en la identificación de líneas de deslizamiento en laminas de aluminio sometidas a distintas curvaturas

g. castro fariñas y j. a. palma carrillo

INTRODUCCION

a) Líneas de deslizamientos y planos de deslizamiento:

Cuando un metal es sometido a esfuerzos se producen en él deformaciones plásticas debidas al deslizamiento de ciertos planos cristalográficos en una dirección determinada, a los primeros se les denomina Planos de Deslizamiento y a los segundos Dirección de Deslizamiento.

El aluminio tiene una estructura cúbica centrada en las caras (ccc) y como tal, el plano de deslizamiento es generalmente el reticular de empaquetamiento más compacto de átomos, o sea el (111). Cuando la dirección de deslizamiento se halla en el plano de deslizamiento, constituye lo que se denomina sistema de deslizamiento, y para los metales

(ccc) con cuatro planos (111) y tres direcciones [110] en cada uno de ellos, poseerán 12 sistemas de deslizamientos.

El deslizamiento está formado por líneas de deslizamiento, las cuales están originadas por intersecciones de planos de deslizamiento con la superficie del cristal; pero en el caso de que la dirección de desplazamiento sea paralela a la superficie, las líneas de deslizamiento son imperceptibles.

En nuestro trabajo, las muestras fueron pulidas y atacadas antes de haber sido sometidas a esfuerzos, ya que las líneas de deslizamiento desaparecen al ser puestas en contacto con un reactivo que revele el borde del grano.

(1) Los alumnos que han recogido muestras con vegetales fósiles y las especies encontradas son las siguientes:

Trabajos de campo del 3º Curso:

Grupo número 2, Fronjosa, Gamero, Gutiérrez, Solórzano. 200 m. al S. del km. 18 de la carretera de Cumaná a Puerto La Cruz, **Weichselia cf. peruviana**, **Frenelopsis sp.**, **Otozamites sp.** En el Km. 15. Hm. 3 de la misma carretera las mismas especies.

Grupo número 3, Albano, Díaz, Molero, Sancio. Km. 22 de la misma carretera, las mismas especies anteriormente indicadas.

Grupo número 4, Mireya Bolívar, Ramos Steinhold. Entre el Mono y Merey, Bellavista, las mismas especies.

Grupo 5, Mejía, Dasy Pérez, Ramírez. **Weich-**

selia cf. peruviana en la quebrada Mochima cerca del punto 19-T.

Grupo número 7, Bajetti, Díaz Toro, Fortunati, Silva. En el Km. 35 de aquella carretera **Weichselia cf. peruviana**.

Trabajos de campo del 4º Curso:

Grupo número 2. Muñoz ha encontrado en el río Catauro, al SW de El Peñón, una lutita negra (M-A 10) con unas ramitas de conífera que recuerdan a lo que Steinmann llama **Walchia** en su Geología del Perú (fig. 121), género que no es del Neocomiense sino del Triásico.

Grupo número 1. Casalta encuentra en el anticlinal del Purgatorio, carretera de Piedras Blancas a Santa María, una lutita pasando a limolita sericítica con **Weichselia cf. peruviana**, **Brachyphyllum cf. pompeckji**, **Otozamites sp.** y **Frenelopsis sp.**

Este procedimiento fue empleado para evidenciar las líneas de deslizamiento por nosotros.

El estado de la capa superficial del metal juega un papel muy importante sobre el espaciado de las líneas de deslizamiento, así como también en las figuras de corrosión, que empleamos para identificar las líneas de deslizamiento.

b) Figuras de Corrosión:

Cuando un metal posee impurezas o nubes de dislocaciones y se atacan con un reactivo apropiado, se producen figuras de formas geométricas, en donde existen tales defectos. Las figuras así obtenidas guardan una estrecha relación con la orientación cristalina de los granos. Un reactivo ideal para lograr tales figuras es aquél que desarrolle caras planas y paralelas a planos cristalográficos de índices bajos (1). Las figuras de corrosión nos muestran la anisotropía de los metales policristalinos.

PARTE EXPERIMENTAL

Preparación de la probeta. — Se tomaron varias muestras de aluminio de 40 x 7 x 5 mm. y de 99,96% de pureza, y se recoció a 550° C durante seis horas, con el fin de eliminar tensiones internas y aumentar el tamaño de grano, resultando este ser de un diámetro medio de grano de 0,120 mm.

Como hemos dicho anteriormente, que la preparación superficial del metal juega un papel importante tanto en la obtención de figuras de corrosión como en las líneas de deslizamiento, no empleamos el método de desbaste mecánico, ya que las deformaciones locales que produce no son solamente superficiales, sino que se originan en un espesor de 20 a 50 μ .

(1) C. S. Barrett y L. H. Levenson, Trans. A. I. ME., 137-76-1940.

Para evitar tal anomalía, empleamos el método de JAQUET (2), el cual produce un pulido local en la superficie de la muestra. El esquema empleado fue el de la figura 1 y los datos del material eran los siguientes:

Variac. 6 Amp. 120 Volt.
 Voltímetro. . . 0--50 Volt.
 Amperímetro 0--3 Amp.
 Resistencia . . . 3.3 Amp. 110 ohm.

El tampón empleado como **CATODO** (fig. 2), se sumergió en una solución (3) de CH_3OH y ClO_4H . El recubrimiento de la caperuza del tampón se hizo con algodón en vez de tejido artificial como indica Jaquet, y el resultado fue satisfactorio; a continuación se impregnó el tampón en la solución pulidora y se dieron toques continuos sobre el metal hasta obtener una superficie especular (el voltaje empleado era de 19 y el amperaje 0,20). Se observó al microscopio con 100 aumentos y la pulitura resultó ser buena, estando ya la muestra preparada para obtener las figuras de corrosión.

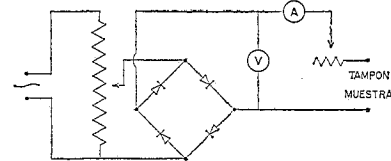


Figura 1

Para la obtención de figuras de corrosión en aluminio existen entre otros dos reactivos importantes, uno propuesto por TUCKER y el otro por LACOMBE y BEAUJARD (4), el prime-

(2) P. A. Jaquet y A. Van Effrentherre, Revue de Metallurgie, 54-107, No. 2, 1957.

(3) 16 gr. de ClO_4H en CH_3OH , hasta 100 ml.

(4) P. Lacombe y I. Beaujard, J. Ints. of Metals, 74 - 1 - 1948.

ro posee la siguiente composición:

15% de NO_3H
 45% de ClH y 25% de H_2O
 15% de FH

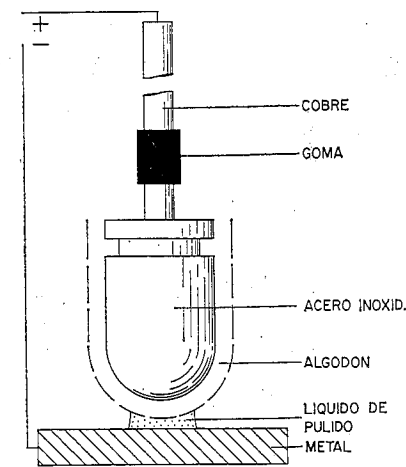


Figura 2

Pero según nuestras experiencias, las figuras son bien formadas en ciertas regiones y excesivamente deformadas en otras, y además muy separadas (foto-micrografía 1). Las experiencias de Lacombe con otro reactivo de composición:

47% de NO_3H
 50% de ClH
 3% de FH

nuestra muestra figuras mejor formadas, pero tiene la siguiente desventaja, que algunos granos se sobre-atacan con facilidad, y los defectos lineales (dislocaciones) se hacen difíciles de observar. (fotomicrografía 2).

Nosotros, ante tal defecto, logramos un reactivo de la siguiente composición:

35% de NO_3H
 55% de ClH
 5% de H_2O
 5% de FH

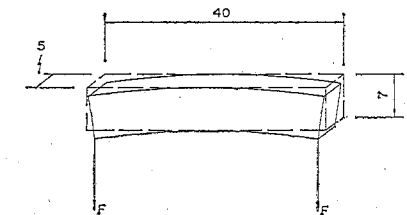
Que nos permite observar la existencia tanto de defectos lineales (dis-

locaciones) como los puntuales (impurezas). (fotomicrografía 3a.). Si observamos la fotomicrografía 2, encontraremos que cuando están presentes líneas de dislocaciones, las figuras de corrosión se apilan formando una fila, y también en los bordes del grano (fotomicrografía 3b). La fotomicrografía 2b nos muestra tres granos cuyas áreas son aproximadamente (001), (112), (111), desarrollados por el reactivo propuesto por nosotros. Esto echa por tierra la teoría del cemento amorfo que explicaba la presencia de los límites intergranulares (borde de grano) y hoy en día se supone que éstos son debidos a dos ordenaciones cristalinas adyacentes, las cuales dan lugar a una serie de dislocaciones, por lo cual las figuras de corrosión se agrupan formando una hilera.

Los planos desarrollados por estos reactivos son, como han demostrado los trabajos de TUCKER y MURPHY, (001) (5).

CURVATURA DE LA MUESTRA

La muestra de 40 x 7 x 5 mm. previamente pulida y atacada, fue curvada bajo un radio de 13.5 cm. (Fig. 3), apareciendo las líneas de deslizamiento completamente paralelas y muy rectas (fotomicrografía 4a) lo cual nos demuestra que el des-



RADIO DE CURVATURA 135 MM

Figura 3

(5) R. Tucker y J. Murphy, J. Inst. of Metals, 235 - 81 - 1952.

lizamiento ha transcurrido según un solo juego de planos.

La fotomicrografía 4b nos muestra tres granos, donde dos de ellos tienen aproximadamente la misma orientación y las líneas de deslizamiento son casi continuas y el tercero, las líneas de deslizamiento forman con las de los otros dos anteriores aproximadamente un ángulo de 45° .

La fotomicrografía 5 nos muestra el acercamiento de las líneas de deslizamiento al disminuir el radio de curvatura (11,5 cm.). Las fotomicrografías 6a y 6b, nos muestran la aparición del deslizamiento múltiple, en varios granos del metal, los cuales forman un ángulo aproximado de 90° ; también se observan en ellas ligeras desviaciones de las líneas de deslizamiento. Estas probetas fueron curvadas bajo un radio de 8 cm.

Cuando las muestras que habían sido curvadas bajo radios de 13,5 cm. y 11,5 respectivamente, fueron llevadas a su posición de origen, nos encontramos con la aparición de líneas de deslizamiento onduladas, las cuales son debidas como se sabe a los muchos sistemas de deslizamiento que pueden actuar simultáneamente en una misma dirección (Fotomicrografía 7a y 7b).

Como el reactivo empleado para obtener las figuras de corrosión desarrolla planos de índice (001), los cuales como se puede ver en todas las fotomicrografías son cubos perfectos, y las líneas de deslizamiento coinciden con la diagonal de una de las caras del cubo o paralelas a ellas, resulta que la dirección de las líneas de deslizamiento es $[110]$.

La fotomicrografía 7a nos muestra unas líneas onduladas, encontrándose algunas que parece como si al

acercarse a un punto fueran dos líneas diferentes, este tipo de líneas es lo que llaman R. W. Cahn "intimate cross slip", y su interpretación la damos por medio de la figura 4, a altos y bajos aumentos. El resto de la línea de deslizamiento ondulada es denominada **deslizamiento anómalo**, y es el responsable del deslizamiento cruzado (6).

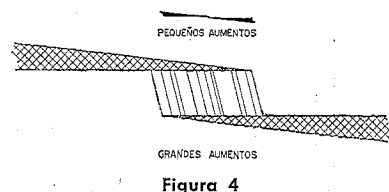


Figura 4

CONCLUSIONES

a) Se ha preparado un reactivo para la obtención de figuras de corrosión en el aluminio, la cual es una modificación de la desarrollada por Murphy de composición:

35 % de HNO_3
 55 % de ClH
 5 % de H_2O
 5 % de FH

Los planos atacados por este reactivo son (001).

b) Se ha estudiado la aparición de líneas de deslizamiento al ser curvadas las muestras bajo diferentes radios, encontrando que la distancia entre ellas disminuye a medida que el radio de curvatura disminuía también.

c) Hemos encontrado líneas de deslizamiento onduladas al llevar las muestras a su posición inicial.

(6) R. W. Cahn, J. Inst. of Metals, 79 - 3 - 1951.

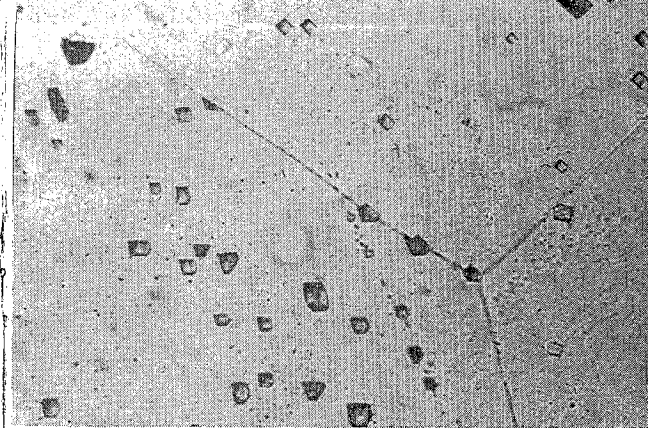


Foto 1

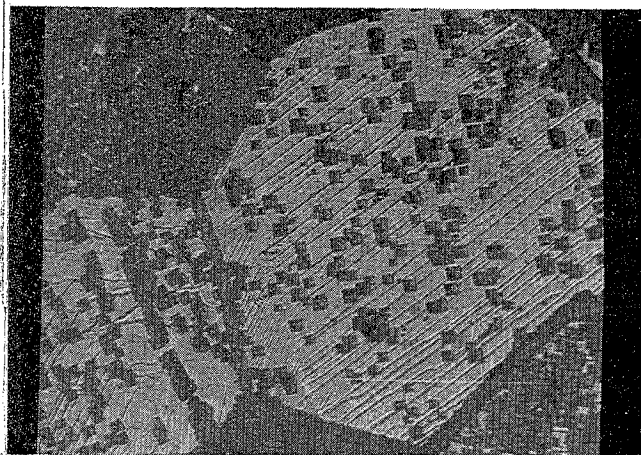


Foto 2

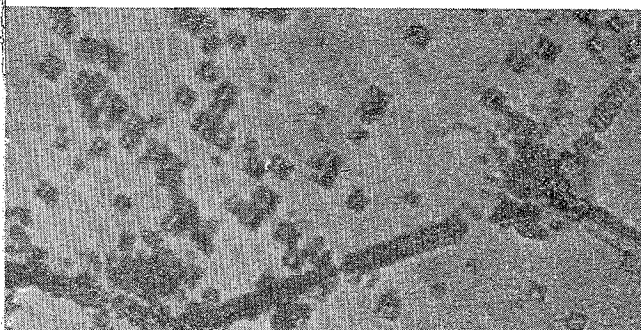


Foto 3a

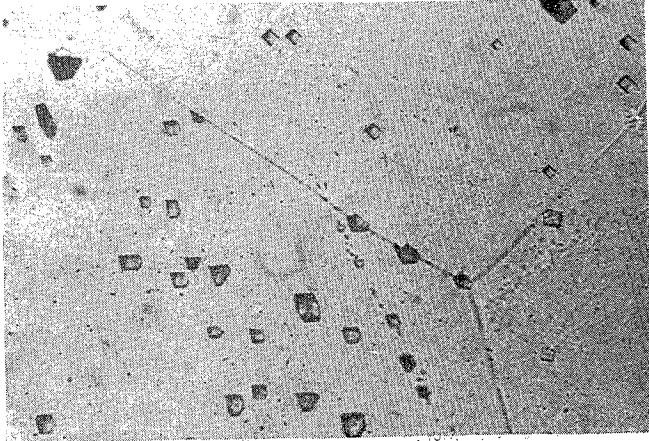


Foto 1

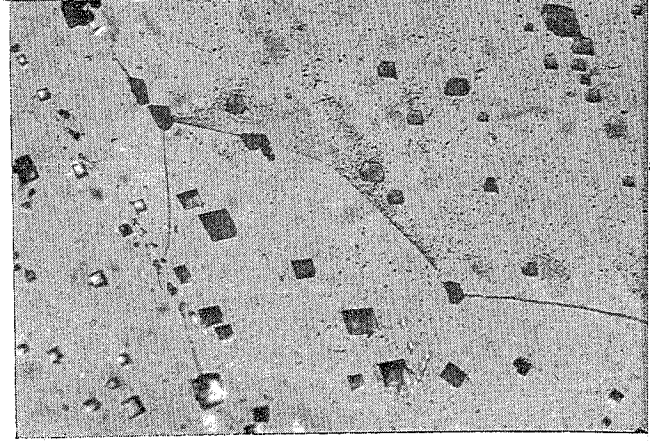


Foto 3b

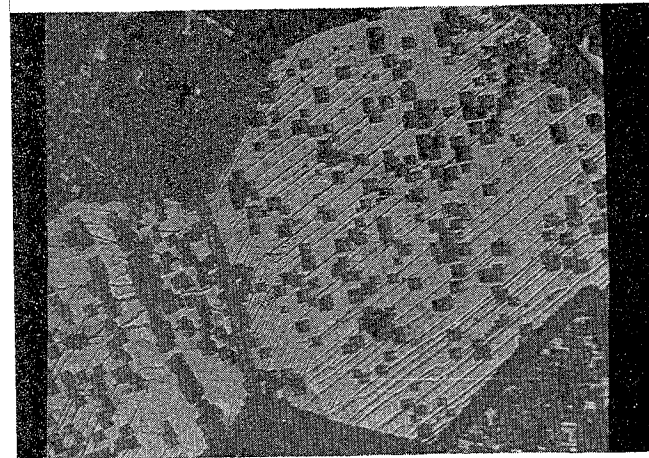


Foto 2

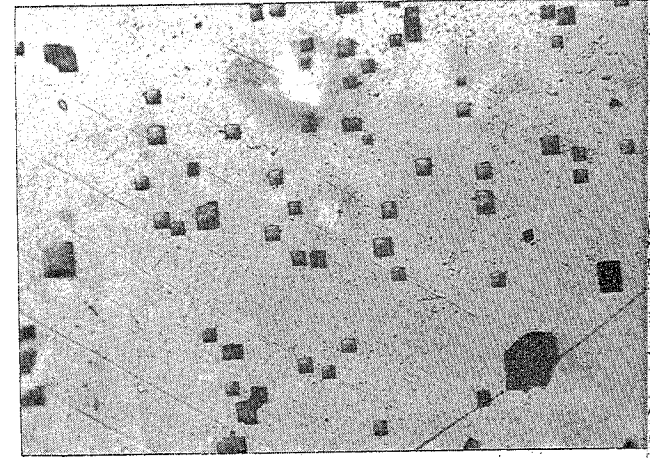


Foto 4a

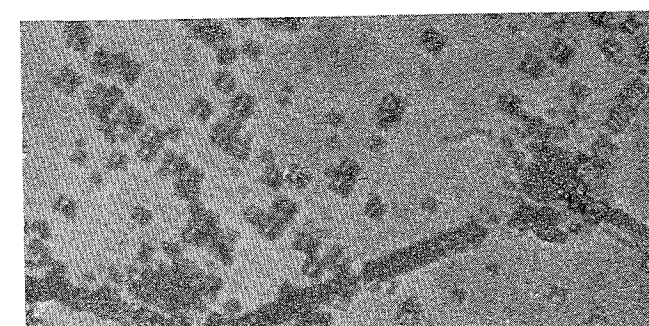


Foto 3a

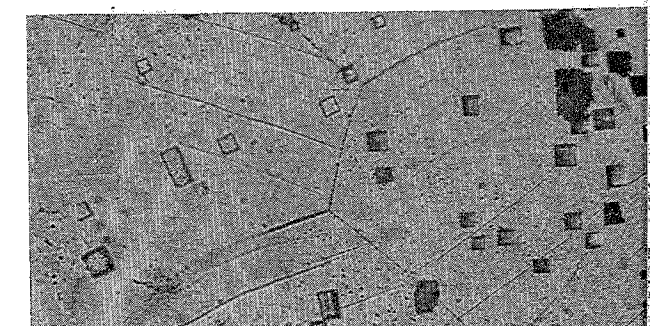


Foto 4b

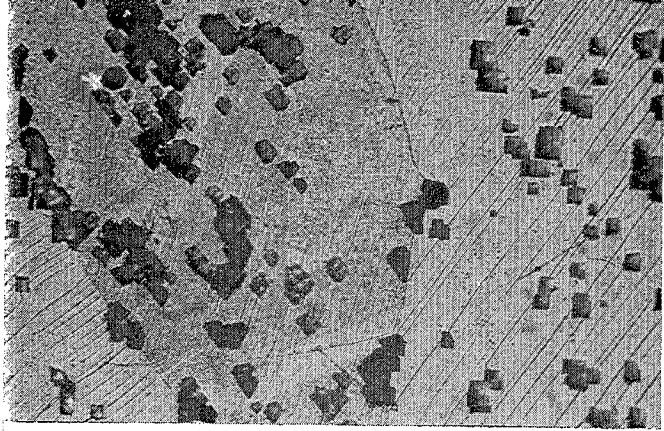


Foto 5

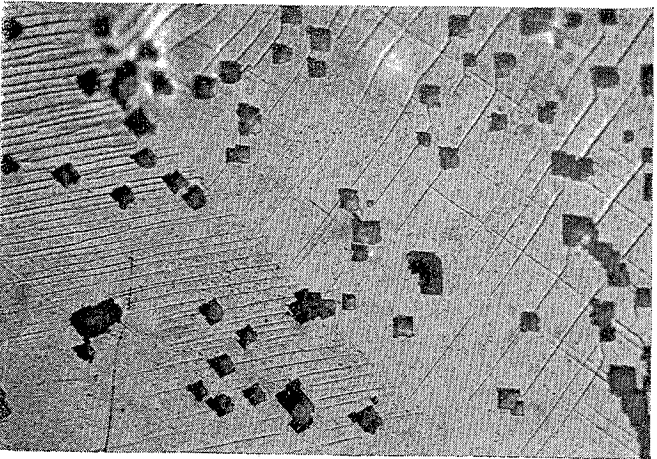


Foto 6a

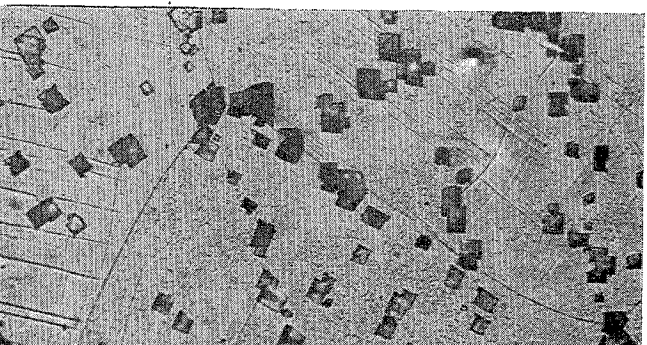


Foto 6b

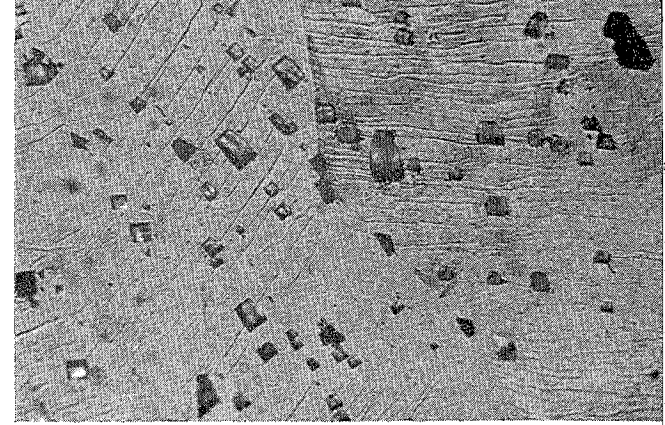


Foto 7a

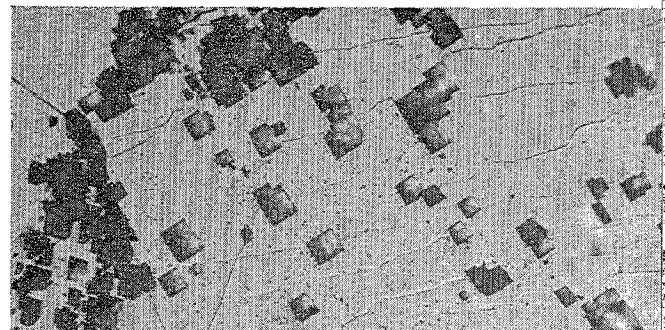


Foto 7b