

---

---

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

---

---

FACULTAD DE AGRONOMIA



APORTES AL CONOCIMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS  
PRINCIPALES MINERALES DE IMPORTANCIA AGROPECUARIA

---

---

## TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO  
P R E S E N T A N  
ORIENTACION FITOTECNIA  
JOSE GARCIA RAMIREZ  
SALVADOR AVALOS CASTAÑEDA  
ORIENTACION EXTENSION AGRICOLA  
FRANCISCO JAVIER VALADEZ UREÑA  
JUAN MANUEL ARECHIGA RAMIREZ  
GUADALAJARA, JALISCO, MARZO 1994

---

---



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

## FACULTAD DE AGRONOMIA

### COMITE DE TITULACION

COM. DE TIT.  
OFI79067/93  
OFI75067/93  
OEA81067/93  
OEA84067/93

### SOLICITUD Y DICTAMEN

#### SOLICITUD

M.C. SALVADOR MENA MUNGUIA.  
PRESIDENTE DEL COMITE DE TITULACION.  
P R E S E N T E.

Conforme lo indica la Ley Orgánica de la Universidad de Guadalajara y su Reglamento, así como lo establece el Reglamento Interno de la Facultad de Agronomía, he reunido los requisitos necesarios para iniciar los trámites de Titulación, por lo cual solicito su autorización para realizar mi TESIS PROFESIONAL, con el tema:

APORTES AL CONOCIMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS PRINCIPALES MINERALES DE IMPORTANCIA AGROPECUARIA

ANEXO ORIGINAL Y DOS COPIAS DEL PROYECTO DEL TRABAJO DE TITULACION.

MODALIDAD: Individual ( ) Colectiva (X).

Nombre del Solicitante	Código	Generación	Orientación o Carrera	Firma del Solicitante
JOSE GARCIA RAMIREZ	074052436	74-79	FITOTECNIA	<i>Jose Garcia R.</i>
SALVADOR AVALOS CASTAÑEDA	682003219	70-75	FITOTECNIA	<i>Salvador Avalos C.</i>
FCO. JAVIER VALADEZ UREÑA		76-81	EXT. AGRIC.	<i>FCO. Javier</i>
JUAN MANUEL ARECHIGA RAMIREZ	079258148	79-84	EXT. AGRIC.	<i>Juan Manuel</i>

Fecha de Solicitud: 19 DE NOVIEMBRE DE 1993

#### DICTAMEN

Vo. Bo. de Aprobación

M. EN C. SALVADOR MENA MUNGUIA

*[Signature]*  
PRESIDENTE DEL COMITE DE TITULACION

#### AUTORIZACION DE IMPRESION

ING. JOSE MA. AYALA RAMIREZ

DIRECTOR

*[Signature]*  
ING. RUBEN ORNELAS REYNOSO

ASESOR

*[Signature]*  
ING. CARLOS F. GONZALEZ FLORES

ASESOR

VO.BO. PRESIDENTE DEL COMITE DE TITULACION

M. EN C. SALVADOR MENA MUNGUIA

FECHA:

## AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento a nuestra UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA, por darme la oportunidad de prepararme como profesionista.

A mis MAESTROS, AMIGOS y COMPAÑEROS y a todas aquellas personas - que en forma directa o indirecta apoyaron la realización de mi carrera.

**Francisco Javier Valadez Ureña**

Al ING. JUAN SALAS NAPOLES, por tan desinteresado apoyo para la - realización del presente trabajo.

A mis ASESORES DE TESIS.

A mis Compañeros LIC. JOSE RUIZ RAMIREZ, LIC. MARGARITO CORTES PERALTA, LIC. OCTAVIO BRAVO ACEVEDO Y PERSONAL DE ENLACE AGRICOLA, PECUARIO Y FORESTAL E INGENIERIA AGRICOLA, por su apoyo y atención.

A mis COMPAÑEROS DE TRABAJO del Distrito de Desarrollo Rural número 04 Chilpancingo, en la Coordinación de Fomento Agrícola, Pecuaria y Forestal.

**Salvador Avalos Castañeda**

A MI ESPOSA:

Luisa Basilio González de Avalos.

A MIS HIJAS:

Sandra Luz y Rocío.

**Salvador Avalos Castañeda**

PARA MIS ABUELITOS:

FRANCISCO Y GUADALUPE con un profundo agradecimiento por su invaluable apoyo para lograr la culminación de su mas caro anelo.

PARA MIS PADRES:

SALVADOR Y AGUSTINA a quien debo la existencia y agradecimiento por su inmenso cariño.

A MI ESPOSA MERCEDES:

Quien siempre mantuvo la fé en que llegaría a la meta trazada.

A MI HIJO JUAN MANUEL:

Que sea fuente de inspiración en el futuro de su vida y quien ha sido-- la inspiración total en mi vida.

A MIS MAESTROS:

Por haberme trasmitido sus conocimientos y experiencias.

Juan Manuel Arechiga Ramirez

## DEDICATORIAS

A MIS PADRES:

Sr. José García Michel  
Sra. Ma. de Jesús Ramírez de García

Por el esfuerzo realizado para poder brindarme lo necesario y alentarme hasta el final de mi carrera.

**José García Ramírez**

A MIS PADRES:

Nilá y Arturo

Por su valioso esfuerzo y gran voluntad en formarme;  
para ellos con respeto.

A MI ESPOSA E HIJOS:

Ma. Teresa, Pammela, Arturo y Aldo  
Son el motivo en superarme día a día.

A MIS HERMANOS:

Joaquín, Alfredo, Adriana, Arturo + y Gabriela  
Por el gran apoyo que me han brindado.

**Francisco Javier Valadez Ureña**

A MI MADRE :

Sra. Bibiana Castañeda García de Avalos.

A MI PADRE:

Sr. Salvador Avalos Ramírez.

A MIS HERMANOS:

Tomasa, Agustín, Aurora, Rosario, María Elena,  
Juan Manuel y José Luis.

# I N D I C E

	Pág.
RESUMEN. . . . .	I
<b>1 INTRODUCCION . . . . .</b>	<b>1</b>
1.1 Importancia y Justificación. . . . .	1
1.2 Objetivos. . . . .	1
1.3 Hipótesis. . . . .	2
<b>2 METODOLOGIA. . . . .</b>	<b>3</b>
<b>3 REVISION DE LITERATURA . . . . .</b>	<b>4</b>
3.1 Composición Mineralógica y Características Organolépti- cas. . . . .	4
3.1.1 Rocas ígneas. . . . .	4
3.1.2 Rocas sedimentarias . . . . .	6
3.1.3 Rocas metamórficas. . . . .	8
3.2 Silice como Elemento . . . . .	12
3.2.1 Clase: Silicatos. . . . .	13
3.2.1.1 Subclase: Tectosilicatos . . . . .	18
3.2.1.2 Subclase: Filosilicatos. . . . .	29
3.2.1.3 Subclase: Inosilicatos . . . . .	37
3.2.1.4 Subclase: Sorosilicatos. . . . .	38
3.2.1.5 Subclase: Mesosilicatos. . . . .	41
3.3 Terminología . . . . .	52
3.4 Influencia de Factores sobre la Formación del Suelo. .	53
3.4.1 Ciclos biogeoquímicos . . . . .	53
3.4.1.1 Gravedad, agua superficial y subterrá- nea, y el hombre . . . . .	53
3.5 Características de los Grandes Grupos de Suelo . . . .	63
3.5.1 Solonchak . . . . .	63
3.5.2 Solonetz. . . . .	63
3.5.3 Soloth. . . . .	64
3.5.4 Gleí Húmico (incluye el Wisboden) . . . . .	65
3.5.5 Pradera Alpina. . . . .	65
3.5.6 Suelo de Turbera. . . . .	66
3.5.7 Suelo Semiturbozo . . . . .	66
3.5.8 Gleí débilmente Húmico. . . . .	67
3.5.9 Planosol. . . . .	67
3.5.10 Hidro-laterita. . . . .	68
3.5.11 Tierra Parda (Braunerde). . . . .	68
3.5.12 Rendsina. . . . .	69
3.5.13 Litosol . . . . .	69
3.5.14 Tundra. . . . .	70
3.5.15 Desierto. . . . .	70
3.5.16 Chernozem . . . . .	71
3.5.17 Chernozem degradado . . . . .	71
3.5.18 Podsol. . . . .	72
3.5.19 Podsólico grisáceo (Gris de Bosque) . . . . .	72
3.5.20 Podsólico pardo . . . . .	73

	Pág.
3.5.21 Podsólido pardo grisáceo . . . . .	73
3.5.22 Podsólido rojo amarillo. . . . .	74
4 DISCUSION . . . . .	75
5 CONCLUSIONES. . . . .	77
6 LITERATURA CITADA . . . . .	80

## **1. INTRODUCCION**

### **1.1 Importancia y Justificación**

El alumno del área agropecuaria debe conocer el comportamiento y las propiedades de los principales minerales que están relacionados con el aspecto productivo y de carácter social. El movimiento de todos los componentes estructurales del suelo, así como sus reacciones y tendencias al mejoramiento y fenómenos nutricionales, será de apoyo básico para un mejor aprovechamiento racional del suelo.

### **1.2 Objetivos**

Que el maestro catedrático de la Facultad de Agronomía y los estudiantes de la misma, tengan una información básica sobre el comportamiento y cualidades de los principales minerales de importancia agropecuaria.

Que el productor agrícola y ganadero tenga conceptos básicos sobre los fenómenos de la erosión y sus posibles causas y soluciones.



## RESUMEN

El suelo agrícola o tierra de labor que se origina de la disgregación de la corteza terrestre, es un conjunto de constitución compleja en constante cambio, como resultado de la acción de los aportes atmosféricos, gravedad del agua y de los organismos que viven en él, para que la agronomía considere el suelo como un factor de economía y sustento.

Es necesario que tenga del 5 al 10% de caliza en estado de disgregación, para evitar el agotamiento y conservar la capacidad productiva de los campos de cultivos. Mejorar un suelo es hacerle más fértil, mediante procedimientos que logren su disgregación, faciliten la penetración del aire, labores mecánicas, escardas, arados, drenaje, etc., que utiliza el hombre. Aseguran el mullido de las tierras y corrigen muchos de sus defectos físicos.

El hombre ha hecho alteraciones de factores, tanto físicos como biológicos, con diferentes grados de éxito: la aptitud para dominar el sistema ecológico de manera adversa e irremediable.

### 1.3 Hipótesis

A mayor conocimiento de los fenómenos y comportamientos, reacciones, estabilizaciones y dinámicas -en general- de estos animales; mayor capacidad y alternativas de solución para el mejoramiento de los suelos agrícolas y de importancia ganadera tendrá el productor y agrónomo.

## 2. METODOLOGIA

El trabajo consiste, básicamente, en el análisis y recopilación de material bibliográfico sobre tratados de mineralogía, tratándose de incorporar la información a los contenidos programativos del conocimiento que se deba tener en el área geológica.

El trabajo debe tener las características de una investigación documental, teniendo una introducción, justificación, objetivos, hipótesis, metodología, revisión de literatura, discusión, resumen y bibliografía.

El trabajo se desarrolló en base a fichas bibliográficas, que contemplan la formulación química, las características y posibles reacciones que puedan alterar la productividad del campo.

Enseguida se formará cada uno de los contenidos con lenguaje sencillo y comprensible para los alumnos de esta Institución, catedráticos y demás personas inmiscuidas en la explotación agropecuaria.

### 3. REVISION DE LITERATURA

#### 3.1 Composición Mineralógica y Características Organolépticas

**ROCAS.-** Las rocas son combinaciones de dos o más minerales. Hay grandes grupos de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. Las rocas ígneas fueron formadas por enfriamiento y solidificación del magma volcánico. Es el grupo de rocas más abundantes en la corteza terrestre.

Las rocas metamórficas son derivadas de las rocas ígneas, sedimentarias por alteraciones geológicas.

##### 3.1.1 Rocas ígneas

**CLASIFICACION.-** Las rocas ígneas se clasifican, según su composición química y modo de ocurrencia.

Las rocas ígneas ácidas, contienen más del 65% de  $\text{SiO}_2$  como silicatos o sílice (cuarzo). Usualmente son de colores claros. Las rocas ígneas que contienen menos del 50% de  $\text{SiO}_2$  se denominan básicas. Estas rocas son usualmente de color oscuro. Las rocas ígneas neutras tienen entre 50 y 65%  $\text{SiO}_2$ .

El modo de ocurrencia se refiere a la localización

de las rocas ígneas, durante el tiempo de formación, rocas a profundidades de la corteza terrestre fueron formadas por un proceso de enfriamiento relativamente lento. Estas tienen una textura de grano grueso y un modo de ocurrencia intrusivo. En o cerca de la superficie, las rocas ígneas fueron desarrolladas por procesos de enfriamiento rápido. Estas tienen un grano fino (del tamaño de los cristales de azúcar) o una textura vítrea y se denominan extrusivas.

#### DESCRIPCION:

- 1.- Granito.- Tiene cuarzo y feldespato de ortoclasa, como minerales principales. Es ácido en su composición química a intrusiva. Son de grano grueso y ligeramente coloreados.
- 2.- Sienita.- Contiene grandes cantidades de feldespatos y hornblenda es clasificada como neutra e intrusiva. Es de grano relativamente grande.
- 3.- Riolita.- Tiene una composición mineralógica y química similar al granito, pero su textura es de grano fino. Es ácida en composición química y es extrusiva.
- 4.- Glabro.- Tiene predominancia del feldespato de plagioclasa (labradorita), mas anfíbolos y piroxenas. Es básico e intrusivo. Son de color obscuro y de grano grueso.

- 5.- Basalto.- Tiene la misma composición mineralógica y química del gabbro. Sin embargo, es de grano fino. Se clasifica como básico, en su composición química y es extrusivo.
- 6.- Obsidiana.- Es un vidrio volcánico. Usualmente de color oscuro pero es ácida. Todas las rocas volcánicas son extrusivas, si aparecen en la superficie.

CUADRO 1. COMPOSICION QUIMICA Y MINERALOGICA DE LAS ROCAS IGNEAS

NOMBRE	% APROXIMADO (Si O <sub>2</sub> )	MINERALES PRINCIPALES
Granito	70.9	Ortoclasa, cuarzo
Sienita	54.1	Feldespatos, hornblenda
Riolita	70.9	Ortoclasa, cuarzo
Gabbro	48.0	Labradorita, hornblenda
Basalto	49.1	Igual que en el gabbro
Obsidiana	76.8	Minerales que no pueden distinguirse

### 3.1.2 Rocas sedimentarias

CLASIFICACION.- Las rocas sedimentarias se clasifican como

clásticas y precipitadas. Las primeras también llamadas "Fragmentales", han sido formadas a través de medios físicos o mecánicos. Los sedimentos o fragmentos de las rocas ígneas intemperizadas son consolidados por efecto de la presión y la infiltración de material cementante. Los principales sedimentos de las rocas clásticas varían grandemente en tamaño y los agentes cementantes pueden ser arcilla o carbonato de Calcio.

El tipo de rocas sedimentarias precipitadas han sido producidas por precipitación química o bioquímica de los iones en solución. Los precipitados bioquímicos usualmente comprenden animales marinos y pueden ser fosilíferos.

#### **DESCRIPCION:**

- 1.- Conglomerados. - Son formados de guijarros redondeados o pedruzcos (2 mm. diámetro), que usualmente están cementados a la vez con un material de grano más fino. Si los fragmentos minerales son angulares, la roca se llama brecha. Los conglomerados se intemperizan a material muy grueso que puede formar suelos gravosos.
- 2.- Arenisca. - Consiste de granos de arena (0.05-2 mm. diámetro) principalmente cuarzo, ligados en conjunto por varios agentes cementantes. Si más del 25% de Feldespato está presente, la

roca se llama Arkosa. Las arenicas dan origen a suelos arenosos o migajones arenosos.

- 3.- Pizarra.- Está formada de partículas pequeñas (0.5 mm. diámetro) que están consolidadas. El material predominante es arcilla, la cual es depositada por agua de movimiento lento. Los suelos derivados de pizarras son arcillosos.
- 4.- Calizas.- Usualmente son precipitados químicos de grano fino. Los principales minerales son calcita y dolomita. La caliza dolomítica es más dura que la calcítica. Al intemperizarse los minerales carbonatados se disuelven y se lixivian. Las impurezas remanentes determinan la naturaleza del suelo desarrollado.

### 3.1.3 Rocas metamórficas

**CLASIFICACION.**- Las rocas metamórficas se clasifican de acuerdo con su estructura y material madre. Las rocas metamórficas (foliadas) tienen más o menos capas paralelas de minerales diferentes. En algunos casos el color es uniforme; en otros, hay capas alternas de color claro y oscuro. Las rocas metamórficas que no están en capas, tienen cristales minerales arreglados al azar.

Cualquier roca pre-existente, puede ser material



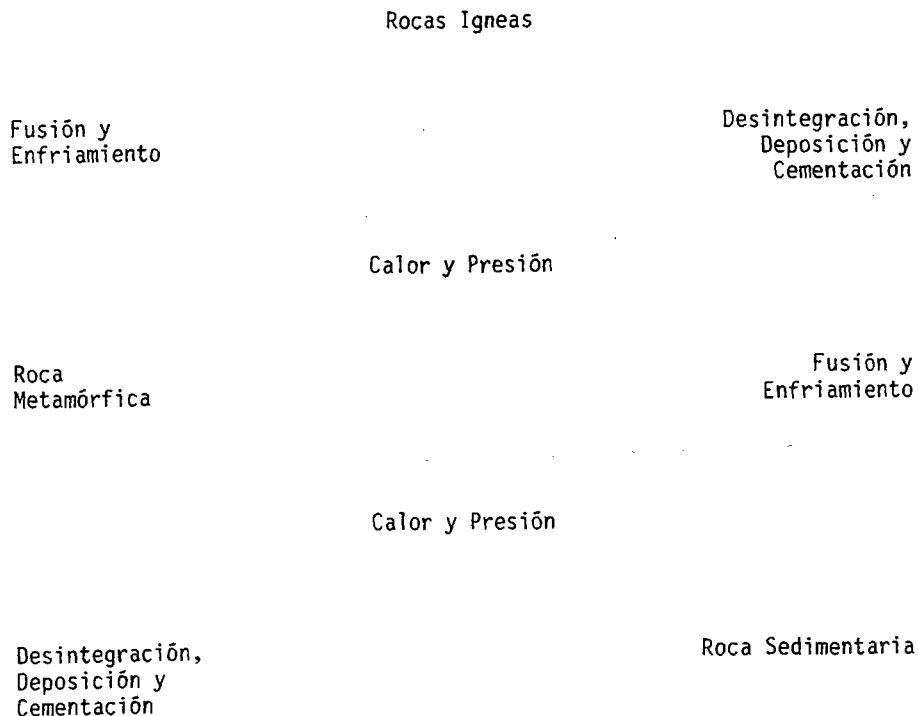
madre de una roca metamórfica. De este modo, tanto las rocas sedimentarias como las ígneas son material madre de estas rocas.

#### DESCRIPCION:

- 1.- Gneis.- Es una roca metamórfica estratificada, derivada en primer lugar de rocas ígneas ácidas. Esta roca tiene estratos claros y oscuros alternados y contiene abundancia de Feldespatos.
- 2.- Esquistos.- Son rocas metamórficas estratificadas, que son pizarras gneisses o rocas; ígneas básicas metamorfoseadas. Los minerales recientemente formados, tales como: la mica, clorita y Horblenda tienden a predominar. Los esquistos son, por lo general, de un color moderadamente uniforme.
- 3.- Pizarra.- Es una roca metamórfica, estratificada. Los granos minerales son invisibles. El esquisto es más denso y compacto que la pizarra y se desgaja en hojuelas.
- 4.- Cuarcita.- Es una arenisca metamorfoseada y no estratificada. La roca se fractura a través de los granos de arena que son principalmente cuarzo. La cuarcita es muy dura y se intemperiza muy lentamente.
- 5.- Mármol.- Es una caliza recristalizada, con un arreglo de granos minerales al azar. Usualmente

es de grano más grueso que la caliza parental. Los mármoles se intemperizan más lentamente que las calizas y las impurezas determinan la clase de suelo.

### RELACION ENTRE ROCAS IGNEAS, SEDIMENTARIAS Y METAMORFICAS



CUADRO 2. LAS TRES CLASES DE ROCAS, SUBDIVISIONES Y COMPOSICION MINERALOGICA

<p>IGNEAS. Formadas de Magma derre- tida y fría</p>	<p><u>Granito</u>. Usualmente de colores claros y de grano grueso o mediano. <u>Diorita</u>. De color gris a oscuro y de grano grueso a mediano. <u>Basalto</u>. De color oscuro a negro y denso o de grano fino.</p>	<p>Mucho cuarzo y Feldespato, algo de mica, anfíbola y óxidos de Fe. Poco o ningún cuarzo. Mucho feldespato y anfíbola, algo de mica y óxidos de Fe. Sin cuarzo. Considerable feldespato y Piroxena. Algo de óxido de Fe y Biotita.</p>
<p>SEDIMENTARIAS. Formadas por consolidación de productos del Intemperismo</p>	<p><u>Arenisca</u>. De color claro a rojo. Usualmente granular y de estructura porosa. <u>Pizarra</u>. Color de claro a oscuro, de estructura finamente laminada. <u>Caliza</u>. De color usualmente claro a gris-amarillo. Usualmente de grano fino y compacto.</p>	<p>Principalmente cuarzo y algunos cementantes tales como: Ca Co óxidos de Fe y arcillas. Minerales de arcillas, cuarzo y algo de materia orgánica. Principalmente calcita o calcita-dolomita, con algo de óxido de Fe, arcilla, fosfato y materia orgánica.</p>
<p>METAMORFICAS. Formadas de rocas pre-existentes a través de la acción del calor y presión</p>	<p><u>Gneiss</u>. Colores claros y oscuros alternantes. En bandas de textura foliada. <u>Pizarra</u>. Color parecido a la roca original. Estructura foliada. <u>Cuarcita</u>. Color claro a café compacta y de textura uniforme.</p>	<p>Formado de granito. Composición mineral parecida al granito. Formada de basalto. Composición Mineral parecida a la roca original. Formada de arenisca, composición mineral parecida a la arenisca.</p>

### 3.2 Sílice como Elemento

El Oxido de Silicio ( $\text{SiO}_2$ ) se encuentra en los suelos tanto en forma amorfa como cristalina. Dentro de las formas cristalinas se conocen el cuarzo, la tridimita y la cristobalita; se trata de modificaciones enantiotrópicas y las de temperaturas de transformación son las siguientes:

Cuarzo 575°      Cuarzo 870°      Tridimita 1470°      Cristobalita

La forma más común es el cuarzo; la cristobalita se ha encontrado sólo en algunas tobas volcánicas. El cuarzo cristaliza como un entramado de tetraedos de  $\text{SiO}_2$  y es el componente cristalino de las arenas blancas. Su andamiaje es tridimensional, característico de los minerales denominados tectosilicatos. Dada su resistencia a la meteorización generalmente se acumula bajo determinadas condiciones en el Horizonte A de algunos suelos; este proceso se denomina Podsolización y da origen a los "Suelos Podsolíticos". Algunas variedades del cuarzo representan piedras preciosas, como la Amatista y la citrina.

El óxido de Silicio se presenta en forma amorfa hidratada; como Opalo ( $\text{Si}_2^{\text{O}} \text{n H}_2\text{O}$ ), o sin hidratar como en las tierras de infusorios. El contenido de agua del Opalo varía entre 3 y 13%, de acuerdo a su grado de envejecimiento. Otros óxidos de (Fe), (Al), (Ti) y (Mn) que constituyen en parte, Minerales Primarios del Suelo.

El  $\text{SiO}_2$  forma todo un grupo debido al número de variantes, como se presenta en la naturaleza, ya sea por la organización atómica dentro de la molécula o a la presencia de otros minerales contaminantes; aunque lo sean en cantidades vestigiales. De tal razón las propiedades físicas del Sílice, también son favorables, pero en común tienen de dureza 7 (escala Mhos). Y su peso específico que es de 2.27.

Se encuentran entre las variantes las siguientes:

- 1/- Jaspe
- 2.- Calcedonia
- 3.- Pedernal
- 4.- Agata
- 5.- Onix
- 6.- Sardónica
- 7.- Amatista
- 8.- Opalo

### 3.2.1 Clase: Silicatos

Minerales formados especialmente por grupos tetraédricos  $\text{SiO}_4$ , que están unidos entre sí, directamente; o bien, por medio de cationes. Son los componentes más importantes de las rocas y constituyen con el cuarzo el 95% de la parte conocida de la corteza terrestre: es la clase más rica en especies y, debido a la facilidad

de su investigación óptica, una de las mejor conocidas. Físicamente se reconocen con facilidad por su falta de color propio, brillo no metálico, raya blanca, elevada dureza y su aspecto general bastante característico.

La mayoría de los silicatos los hallamos como constituyentes de las rocas eruptivas, formados a temperaturas y presión elevada generalmente en amplias zonas de variación de ambas variables, con estructuras densas y carentes de agua; el cuarzo, los feldespatos y las micas, elementos fundamentales del granito, son ejemplo claro de lo anterior. En las condiciones de formación de las rocas metamórficas, se originan una serie de silicatos; algunos de ellos son estructuras menos densas y con hidróxilos, como la serpentina, talco, etc.

Por el contrario, en las rocas sedimentarias y debido a la acción del ácido carbónico en las condiciones ambientales, destruye a los silicatos, no hay formación de estos minerales, sino que existen fases de transformación de los mismos, de estructura generalmente en capas, con gran cantidad de agua, de constitución y de inhibición (son típicamente las arcillas).

Durante largo tiempo se intentó interpretar químicamente los silicatos, de igual forma como se había hecho con sulfatos, carbonatos, etc. Se idearon una serie de hipotéticos ácidos silícicos, que partiendo del ortosilíci-

cos  $\text{SiO}_4\text{H}_4$ , Trisílicos;  $\text{Si}_3\text{O}_8\text{H}_4$ , etc.

Las sales de estos ácidos metasílicos constituirían los silicatos, así el Olivino  $\text{SiO}_4(\text{Mg}, \text{Fe})_2$ , será el Ortosilicato o Ferroso, la Enstatita  $\text{SiO}_3\text{Mg}$ , el Metasilicato Magnésico y la Ortosa;  $\text{Si}_3\text{O}_8\text{AlK}$ , el Trisílico Aluminico Potásico. A partir de esta interpretación Groth ordenó estos minerales, dentro de una clasificación eminentemente química que aún puede observarse en algunos libros.

Los estudios de Bragg, Goldschmidt, Machatschki, Schiebold y tantos otros, sobre la estructura de estos minerales han permitido, por una parte, comprender el mecanismo fundamental sobre el que se basa en gran homogeneidad y al mismo tiempo su heterogeneidad y por otra parte han marcado el camino para una clasificación racional de los silicatos. Actualmente y a pesar de su complejidad, pocos son los silicatos que no pueden identificarse estructuralmente con uno de los esquemas básicos existentes.

Las propiedades cristalológicas de los minerales de la clase, se debe esencialmente a las especies características del grupo  $\text{SiO}_4$ , y al tipo de armazón que se resulten de sus uniones. En síntesis, podemos considerar a un silicato como un esqueleto de tetraedros  $\text{SiO}_4$  rellenos con cationes en unos casos, con cationes y agua en otros, o sin nada en el cuarzo.

La unión del Si con los  $\text{O}_2$ , es de naturaleza casi

totalmente solvente, estando los oxígenos dispuestos en las direcciones de valencia del Silicio, o sea, en los vértices de un tetraedro de 2'6 A de arista, en cuyo centro se halla este último a 1'6 A. Esta disposición coincide con lo que presentaría si el enlace fuera enteramente polar, ya que la relación de radios Si/O corresponde precisamente a la coordinación tetraédrica, pero de la resistencia a la destrucción que tiene el cuarzo, la presencia de esta configuración en el 95% de los minerales de la corteza y sus propiedades físico-químicas (insolubilidad en agua y en ácidos, temperatura de fusión, dureza, etc.). Se deduce que el tipo de enlace SiO, es casi totalmente covalente. Estos tetraedros se unen entre sí por los vértices, de manera semejante a lo que ocurre en la polimerización, para dar los varios tipos estructurales de silicatos.

La disposición de los grupos  $\text{SiO}_4$ , puede referirse a cinco esquemas generales:

- 1.- Los  $\text{SiO}_4$  están individualmente dispuestos en la estructura, unidos entre sí únicamente a través de cationes. Forman los nesosilicatos y corresponden a los antiguos ortosilicatos el Circón:  $\text{SiO}_4\text{Zr}$ .
- 2.- Se unen dos, tres, cuatro o seis  $\text{SiO}_4$  por los vértices, dando los tres últimos anillos cerrados y estos complejos de tetraedros forman unidades



individuales enlazadas entre sí, únicamente por cationes; los oxígenos de los vértices de unión no tienen carga alguna, poseyendo el complejo la suma de carga de los oxígenos de los restantes vértices. Se denominan Sorosilicatos, siendo un ejemplo de ellos la Benitoíta  $\text{Si}_6\text{O}_{18}\text{Al}_2\text{B}_3$ , con anillos de seis  $\text{SiO}_4$ .

3.- Los grupos  $\text{SiO}_4$  se unen dando cadenas sencillas o dobles que corren a lo largo de todo el mineral, unidas unas con otras únicamente por cationes son los Inosilicatos. En los primeros dos oxígenos de cada tetraedro, sirven como unión de ellos en la cadena siendo inertes, mientras los dos restantes quedan con una carga cada uno; en los segundos, dos cadenas sencillas se unen entre sí formando una doble. El primer esquema es característico de los piroxenos, mientras el segundo lo presentan los anfíboles.

4.- Uniendo tres vértices de cada tetraedro, con los vértices de los vecinos se forman una capa de  $\text{SiO}_4$ , forman los Filosilicatos. En la forma más sencilla de unión de este tipo se produce una red plana hexagonal de  $\text{SiO}_4$ . Dos de esta capa puede unirse entre sí por medio de cationes de manera que queden fuertemente enlazadas formando un estrato, los cuales se unen a su vez por

otros cationes como la Mica, o sencillamente por medio de moléculas de agua, como en los minerales de la Arcilla. Las capas pueden adoptar configuración tetragonal como en la Apofilita.

- 5.- Los tetraedros de  $\text{SiO}_4$ , se unen entre sí formando un armazón tridimensional, que puede o no tener valencias libres, forman los Tectosilicatos. El cuarzo es estructura de este tipo sin valencias libres, mientras los Feldespatos tienen cargas repartidas en su estructura, debido a sustituciones del Si por Al en algunos tetraedros.

### 3.2.1.1 Subclase: Tectosilicatos

#### GRUPO DEL CUARZO

Se incluye en este grupo las diversas modificaciones del anhídrido silícico, tanto las polimorfos cristalinas como las amorfas. En la naturaleza existen cuatro formas de  $\text{SiO}_4$ ; Cuarzo, Tridimita, Cristobalita y gel del Si. Las restantes Cuarzo, Tridimita y Cristobalita son formas polimorfos de temperatura superior, inestables en las condiciones ambientales.

#### CUARZO: CRISTALES

Enantiomórficos, romboédricos, de conformación variada según el tipo de yacimientos; el cuarzo común se presenta

en cristales de hábito primático hexagonal, con dos romboedros de igual desarrollo que se asemejan a una bipirámide hexagonal (Jacinto de Compostela). Mientras que las variedades de Cristal de Roca (el cuarzo ahumado), por ejemplo: los cristales de cuarzo de Sn. Gottard, son ricos en facetas de hábito claramente romboédrico, con caras de trapezoedro trigonal, derecho o izquierdo y que comunican el carácter destrogiro o levógiro al cristal. La mayoría de los cristales de cuarzo son malas de sutura irregular y compenetración íntima, de modo que parecen cristales sencillos y sólo se conocen por las caras de trapezoedro o por medios físicos (electricidad, actividad óptica, etc.). Los cristales se unen, en estas maclas, según cuatro leyes importantes:

- 1.- LEY DEL DELFINADO.- La macla tiene actividad óptica y se presenta en los Cuarzos Alpinos, en Zinkenstock, macizo de Suiza.
- 2.- LEY DEL BRASIL.- El conjunto tiene centro de simetría y no tiene actividad óptica. La macla típica del cuarzo Amatista, que se encuentra en el Brasil, cuyos ejemplares son muy apreciados en joyería.
- 3.- En algunos cristales existen simultáneamente las dos leyes anteriores.
- 4.- LEY DEL JAPON O DE LA GARDETA.- Se presenta

con frecuencia en los cuarzos japoneses.

Muchos cuarzos alpinos se encuentran en forma de agregados uniplanar (dando los cuarzos Helicoidales), en las que dos cristales, con los ejes ternarios girados un cierto ángulo, se unen por la cara de prisma, tomando aspecto helicoidal. Se presenta en grupos y drusas, principalmente en la geodas alpina en magníficos cristales, o bien, como elementos fundamentales de las rocas ácidas (granito, pegmatita, etc.). Es incoloro y completamente transparente, aunque puede tomar variadísimas coloraciones y volverse translúcido y aún opaco (cuarzo lechoso). Brillo vítreo. El cuarzo rosado no presenta caras cristalinas y procede de las pegmatitas: Brasil, Bolivia, etc.

Ópticamente es uniáxico, con birrengencia débil y positiva. Tiene la propiedad de girar el plano de vibración de la luz polarizada, cuando el rayo luminoso sigue la dirección del eje de simetría, que es eje óptimo del cristal, mineral duro y frágil, es piezoelectrónico, fenómeno que sólo presentan los cristales no centrados, motivo por el cual es de gran importancia técnica, en los ultrasonidos, químicamente es  $\text{SiO}_2$  puro; algunas veces con pequeñísimas cantidades de impurezas, que le comunica el color, sólo se ataca con  $\text{Hf}$  y por función con  $\text{KOH}$ . Es el mineral más frecuente y extendido de la Corteza, elemento fundamental de las rocas eruptivas, sedimentarias y metamórficas; forma también la ganga

de la mayoría de filones, el llamado Cuarzo Filoniano. Entre las variedades criptocristalinas del Cuarzo deben citarse la Calcedonia (agregados duros y homogéneos, con estructura fibrosa microscópica, translúcida, frecuentemente con bellas coloraciones que cuando reviste oquedades amigdaloides recibe el nombre de Agata). El Onice, Carneola, esta última de color rojo sangre, se utiliza en joyería. El Jaspe, es calcedonia opaca intensamente coloreada, cuando tiene color verde con manchas de rojo intenso, forma el Heliotropo. Finalmente la variedad más abundante el Pedernal o Sílex.

OPALO.-  $\text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  (1-21%), hidrogenal de Anhídrido Sílico, se presenta en masa arriñonada, en pseudomorfosis y como fosilizante. Tiene fractura notablemente concoidea, brillo vítreo y puede ser transparente o translúcido. Se origina en la descomposición térmica de los silicatos. Existen diversas variedades:

- Opalo notable.- Gris azulado a blanco de leche, muy apreciado en joyería.
- Opalo común.- En masa de aspecto opalino típico.
- Opalo Prasio.- De bonito color verde, etc.

#### GRUPO FELDESPATOS

Conjunto de minerales, estrechamente relacionados por su morfología y sus propiedades físicas, cristalizados

en las singomías Monoclínica o Triclínica, formando dos subgrupos: La Serie de los Feldespatos Monoclínicos y la de los Triclínicos. Todos ellos poseen exfoliación perfecta según el "2°" y el "3°" pinacoide, que forman entre sí un ángulo de 90°, en los de simetría monoclínica; y de 86° en los triclínicos. Los Feldespatos tienen el mismo esquema estructural. Cuatro tetraedros de  $\text{SiO}_4$ , se unen formando un anillo, el cual, a su vez se enlaza con otros, formando una cadena que corre paralela al eje cristalográfico. En los Feldespatos Triclínicos los cationes son más pequeños (Na, Ca), que en los Monoclínicos (K, Ba), lo cual motiva una distorsión del esquema estructural descrito, siendo ésta la causa del triclinismo. En la estructura de estos minerales, una parte del Si, puede estar sustituida por Al.

#### SERIE DE LOS FELDESPATOS MONOCLINICOS

Ortosa ( $\text{Si}_3 \text{Al O}_8 \text{K}$ ), cristales incluidos o plantados de proporciones muy variadas, los ángulos entre caras varían algo por efecto de las mezclas isomorfas. Hábito diverso, gruesamente tabular o primático en los cristales incluidos, muy ricos en facetas, los implantados en las drusas y hendiduras del granito y groseramente romboédricos en la Adularia.

Maclas de entrecruzamiento muy frecuentes, con los individuos compenetrados parcialmente denominados de

Karlsbad; maclas de Yuxtaposición de Baveno y de Manebach. Incoloro y transparente como el agua a blanco turbio y completamente opaco. A temperaturas elevadas, es miscible en todas proporciones con la Albita, pero, al enfriarse lentamente, la mezcla es inestable y se produce la separación de las dos fases denominadas de Mezcla Pertítica, que consiste en la formación de cordones de cuerpecitos de Albita, dentro del cristal de la Ortosa. En este caso, los cristales son blancos, amarillentos o de color de carne y opacos. Ópticamente: biáxico negativo, con refringencia y birrefringencia débiles, las constantes ópticas de este mineral varían dentro de ciertos límites según la composición química. Entre las principales variedades de la Ortosa podemos citar:

- 1.- FELDESPATO COMUN.- De color rojizo a blanco, opaco excepto en láminas delgadas; es la variedad más frecuente, hallándose bellos cristales con la macla de Karlsbad, Zarzalejo Madrid.
- 2.- ADULARIA.- Silicato de Aluminio, potásico muy puro, de origen hidrotermal, de aspecto vítreo, claro y transparente o translúcido, muy frecuentemente, y característico de las grietas Alpinas.
- 3.- SANIDINA.- Existente en rocas volcánicas jóvenes, como cristales incluidos, contiene gran cantidad de Na y no se ha producido la de Mezcla Pertítica,

por el rápido enfriamiento, siendo de aspecto vítreo, clara y transparente.

### SERIE DE LOS FELDESPATOS TRICLINICOS

MICROCLINA.- ( $\text{Si}_2 \text{ Al } \text{O}_8 \text{ K}$ ); forma triclinica de feldespatos potásicos, presenta estrecha relación morfológica con la ORTOSA, de la cual es difícil de distinguir. En general, los cristales están constituidos por un entrecruzamiento de finas laminillas unidas según la Ley de Albita y la de Periclina, dando una macla polisintética, que al observarla por la luz polarizada, presenta una estructura reticular característica. Es notable una variedad de Microclina de color verde intenso, la AMAZONITA.

PLAGIOCLASAS.- Serie insomorfa, cuyos términos o extremos son la Albita ( $\text{Si}_2 \text{ Al } \text{O}_8 \text{ Na}$ ) y la AMORITITA ( $\text{Si}_2 \text{ Al}_2 \text{ O}_8 \text{ Ca}$ ) y cuyas propiedades geométricas y físicas varían continuamente entre las de estos minerales. Los términos intermedios han recibido distintos nombres, según la proporción de Albita y Anortita, indicándole esta proporción por  $\text{Ab}_5\text{An}_5$ , que es la ANDESITA. Se presentan siempre en maclas polisintéticas, según la Ley de la Albita, en que las laminillas se unen por el "2°" pinacoide, o según la de la Periclina, en que el eje de macla es el 2° eje cristalográfico; éstas pueden, a su vez, maclarse con alguna de las leyes de la ortosa, dando maclas múlti-



ples. Minerales incoloros o blancos, frecuentemente gris-verdosos, con brillo vítreo. La Labradorita presenta reflejos tornasol.

#### GRUPO NEFELINA

Minerales cuya estructura, puede considerarse derivada de la Tridimita sustituyendo aproximadamente la mitad de Si por Al y entrando en ella sodiones para equilibrar la carga del edificio. La Nefelina ( $\text{Si Al O}_4 \text{ Na}$ ), cristalizada en la tetratoedría hexagonal, en prismas ortosa-sociados al pinacoide básico, es el más importante del grupo. Casi siempre de color blanco, se presenta también incoloro y transparente, con brillo vítreo, en las fracturas tiene brillo graso intenso característico. Ópticamente uniáxico negativo, con refracción y birrefringencia débiles. Minerales petrográficos, de gran importancia, contiene una cantidad variable de K, que produce fenómenos de desmezcla similares a los de los Feldespatos, dando cristales turbios y coloreados denominados ELEOLITA.

#### GRUPO LEUCITA

Pueden considerarse derivados de la CRISTOBALITA, por el mismo fenómeno que en el grupo anterior. Son dimorfos, con una forma cúbica de temperatura alta y otra

rómbica de baja temperatura alta y otra rómbica de baja temperatura. La leucita ( $\text{Si}_2 \text{Al}_6 \text{O}_6 \text{K}$ ); se presenta en cristales incluidos, aislados, con formas geométricas perfectas de trapezoedro regular, integradas por finas laminillas, mezcladas, según la cara del romboedro, en maccla polisintética que afecta a todo el cristal. Estas laminillas son rómbicas, pero al calentar el cristal a  $600^\circ\text{C}$ , se homogeneizan y el cristal se vuelve isotrópico; al descender la temperatura, se reproduce el fenómeno. Blanco con tinte grisáceo y brillo vítreo, es translúcido, siendo muy raros los cristales transparentes. Refracción y birrefringencia débiles; es biáxico positivo. Es elemento constitutivo, de rocas volcánicas (basaltos leucitos).

#### GRUPO DE LA SODALITA (ULTRAMARINAS)

Las estructuras de estos minerales están basadas en una armazón tridimensional de tetraedros  $(\text{Si}, \text{Al})\text{O}_4$ , tal como con grupos.  $\text{Cl}$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{S}$  o  $\text{S}_2$ , que se disponen en los vértices y centros de las caras de la celda fundamental. Cada grupo está rodeado por cuatro oxígenos en disposición tetraédrica. Las cargas negativas se neutralizan por  $\text{Na}$  o  $\text{Ca}$ , que están tangentes a tres oxígenos de la armazón y a un grupo negativo. Los principales términos son: Sodalita ( $\text{Si}_6 \text{Al}_6 \text{O}_2 \text{NaCl}_2$ ), Hauynita ( $\text{Si}_6 \text{Al}_6 \text{O}_2$ )( $\text{Na}, \text{Ca}$ ) $_{4-8}$  ( $\text{SO}$ ) $_4$   $_{1-2}$ , y, Lapizlázuli ( $\text{Si}_6 \text{Al}_6 \text{O}_{24} \text{Na}_8 \text{S}$ ). Este último empleado como piedra de adorno desde la antigüedad. Posee

un bello color azul obscuro intenso, no uniforme, translúcido en capas delgadas, presentándose en agregados de granos pequeños o muy finos. Minerales de contacto, íntimamente ligado a las calizas, se le encuentran en Badakschan (Afganistán) y esporádicamente en Chile.

#### GRUPO DE LAS CEOLITAS

Minerales con estructura formadas por una armazón tridimensional de tetraedros  $(Si, Al)_4O_4$ , con amplios canales que recorren todo el cristal y donde se alojan moléculas de agua y cationes o aniones. Se caracterizan por su contenido variable de agua, que al calentar el cristal, desaparece sin que éste varíe en absoluto de forma. Y que puesto en atmósfera húmeda, recupera, dependiendo la cantidad de agua que absorbe, de la tensión de vapor de esta última. En el cristal deshidratado, el lugar del agua puede ser ocupado por moléculas neutras ( $NH_3CO_2$ , alcohol, etc.) Otras características, es la facilidad con que intercambian los iones o aniones; es suficiente colocar una ceolita bárica, la Edingtonita en contacto con disoluciones que contengan iones K, Ag, Na, etc. Para que éstos sustituyan al Ba, mientras que éste último pasa en parte a la disolución, sin que durante el fenómeno se observe el menor cambio morfológico en el cristal. Esto es debido a que los canales donde -

se hallan los cationes o aniones son suficientemente amplios para permitir la libre circulación de éstos últimos; y al mismo tiempo, a que el edificio tridimensional de tetraedros es lo suficientemente rígido para no sufrir modificación alguna durante el cambio.

Podemos subagrupar a las CEOLITAS en:

- 1.- CEOLITAS CUBICAS O PSEUDO-CUBICAS.- Con edificio tridimensional, en el que existen anillos de cuatro y seis tetraedros alternativamente, parecido al de las Ultramarinas, como la Amalcima  $(Si_2Al_6O_{20}NaH_2O)$  y la Chabasita  $(Si_4Al_2O_4) \cdot 2(Ca,Na_2) \cdot 6H_2O$ . La primera cúbica y la segunda romboédrica.
- 2.- CEOLITAS FIBROSAS.- Con cadenas de tetraedros unidas lateralmente entre sí a intervalos irregulares y poco frecuentes, como la Natrolita  $(Si_3Al_2O_{10}Na_{22}H_2O)$ .
- 3.- CEOLITAS HOJOSAS O LAMINARES.- Formadas probablemente por capas de tetraedros unidas entre sí debidamente, y aún, en algunos casos estas uniones se verifican a través de moléculas de agua o de cationes, como en la Heulandita  $(Si_7Al_2O_{18}Ca \cdot 6H_2O)$ .

### 3.2.1.2 Subclase: Filosilicatos

Se reúnen en esta subclase un gran número de minerales con una propiedad común, derivada de la presencia de capas de tetraedros SiO en su estructura; todas poseen exfoliación perfecta según el pinacoide básico. La disposición de los tetraedros en las capas pueden ser tetragonal como ocurre en la APOFILITA o bien hexagonal, más apropiadamente pseudo hexagonal, como ocurre en las MICAS y en la mayoría de los Filosilicatos.

FILOSILICATOS CON CAPAS HEXAGONALES.- La base estructural de estos minerales son las capas de  $SiO_4$  en disposición hexagonal, quedando en cada uno de los tetraedros un oxígeno libre, dirigidos todos ellos en el mismo sentido. Estas capas se unen entre sí, de diversas maneras, por medio de cationes, dando los tipos estructurales de estos minerales (estos extractos son monoclinicos) acoplados.

TALCO.-  $Si_8O_{20}(OH)_4Mg_6$  dos capas de tetraedros se enlazan a través de iones Magnesio, de modo que cada Mg coordina con dos oxígenos libres de cada capa y con dos grupos de OH. El mineral es monoclinico, presentándose en agregados escamosos: la ESTEATITA, cuya exfoliación de escamas muy finas de brillo nacarado y flexible. En España son numerosas las canteras en explotación, radicando la mayoría en Cataluña. Cuando los Si, de los tetraedros están parcialmente sustituidos por Al, los estratos anterio-

res no quedan equilibrados eléctricamente, sino que están cargados negativamente, uniéndose entre sí por medio de cationes alcalinos o alcalinotérreos, principalmente K y Ca. El edificio continúa ofreciendo exfoliación fácil paralela a los estratos, pero su rigidez es mucho mayor. Es la estructura de las MICAS, entre ellas Moscovita  $(\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{20})(\text{OH})_4(\text{Al}_4\text{K}_2)$  y Biotita  $(\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{20})(\text{OH})_4(\text{Mg,Fe})_6\text{K}$ .

Las Cloritas minerales muy parecidas a las MICAS, están formadas por estratos iguales a los del talco, con capas de EROCITA o de HIDRARGILITA intercaladas.

Su composición química es extraordinariamente variable, formándose a expensas de las micas a temperaturas bajas. Podemos distinguir las ORTOCLORITAS y las LEPTOCLORITAS. Están siempre éstas últimas en agregados compactos, desprenden agua a poca temperatura. Entre las primeras citaremos a la PENNINA  $(\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{20})(\text{OH})_{16}\text{Mg}_{10}\text{Al}_2$  con cristales de hábito romboédrico, con verde azulado brillo nacarado y fuerte pleocroísmo, se le halla principalmente en las pizarras cloríticas. Los minerales agrupados bajo la denominación de "Minerales de Arcilla", se estudian en el cuadro siguientes.

Finalmente, las serpentinas  $(\text{Si}_2\text{O}_9\text{Mg}_3\text{H}_4)$ , forma un grupo heterogéneo en que las capas de  $\text{SiO}_4$ , pueden quedar reducidas a bandas estrechas, dando minerales fibrosas como el CRISOTILO. Muy cercano a los Anfíboles

## ESTRUCTURA DE LOS SILICATOS Y SU RELACION Si:O

<u>Nomenclatura</u>	<u>Estructura</u>	<u>Relac. Si:O</u>	<u>Fórmula</u>	<u>Nombre</u>
Nesosilicato	Tetraedro solo	1:4	$(Fe, Mg)_2SiO_4$	OLIVINO
Sorosilicato	Tetraedros dobles	2:7	$Zn_4(OH)_2(Si_2O_7)^o$ $H_2O$	HEMIMORFITA
Ciclosilicato	Anillos	3:9, 4:12, 6:18	$Be_3Al_2Si_6O_{18}$	BERILO
Inosilicato	Cadena simple	4:12, 1:3	$Ca_2Mg_2Si_4O_{12}$	DIOPSIDO
Inosilicato	Cadena doble	4:11	$Ca_2Mg_5(OH)_2$ $(Si_4O_{11})_2$	TREMOLITA
Filosilicato	Láminas	4:10	$Al_4(OH)_8Si_4O_{10}$	CAOLINITA
Tectosilicato	Tridimensional	4:8	$SiO_2$	SILICE

y de gran importancia técnica, o bien, mantenerse como en la ANTIGORITA, también llamada Serpentina hojosa.

### GRUPO DE LAS MICAS

Forman un conjunto de minerales con una serie de propiedades comunes. Todos tienen simetría monoclinica, con hábito pseudo-hexagonal tabular y presentar un curioso polimorfismo estructural, debido a la ordenación de los estratos en su estructura. Estos estratos son monoclinicos acoplados, de modo que el conjunto es a su vez monoclinico. Si dos de estos estratos se unen de modo que estén girando a  $180^\circ$  o el efecto es como se hubiera maclado dos cristales monoclinicos, dando simetría rómbica si son tres o seis, los que se unen con giros de  $120^\circ$  o de  $60^\circ$ , el conjunto adquiere simetría ternaria o senaria.

La especial estructura de estos minerales nos permite interpretar su composición química, punto difícil en el estudio de las MICAS. Se produce bajo este esquema una serie de sustituciones isomorfas, cuyos principales términos son: los ricos en K y Al de gran importancia petrográfica, reunidos en la familia de MOSCOVITA, y los que poseen Mg o Fe, que forman la familia de la BIOTITA o MICAS NEGRAS. Todos ellos son biáxicos negativos, siendo sus hojas de exfoliación excelente material para observar



las figuras de interferencia.

**MOSCOVITA** ( $\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{20}(\text{OH},\text{Fe})_4\text{Al}_4\text{K}_2$ ). Cristales monoclinicos de hábito tabular y de contorno hexagonal. Se presenta en agregados hojosos escamosos o compactos éstos últimos con aspecto de ESTEATITA, esto denominándose Suicita. Incoloro o con tonalidades distintas, pero nunca oscuras, transparentes o translúcidas, de brillo nacarado y suave. Es muy frecuente, aunque no tanto como la BIOTITA.

**BIOTITA** ( $\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{20}(\text{OH})_4(\text{Mg},\text{Fe})_6\text{K}_2$ ), muy semejante a la anterior es diferencia de ella, por los colores, siempre oscuros y aún negro.

Tiene birrefringencia fuerte y pleo-roísmo muy fuerte que va desde un tono pálido hasta casi opaca.

**MINERALES DE LA ARCILLA.**- Conjunto de silicatos, aluminios hidratados, algunos de ellos Mg o Fe, sustituyendo al (Al), entera o parcialmente y con metales alcalinos o alcalinos-térreos como constituyentes esenciales en algunos casos. Siempre en particular muy finas, forman la fracción arcillosa de los suelos y son los componentes de los yacimientos arcillosos, bentonitas, vermiculitas; industriales, etc. Todos ellos pertenecen a los FILOSILICATOS, agrupándose de acuerdo con el tipo de estratos y el modo de unirse éstos en la estructura. Sus propiedades van ligadas al esquema estructural de cada grupo.

## GRUPO DEL CAOLIN

Minerales cuya estructura está integrada por estratos formados por una capa de tetraedros  $\text{SiO}_4$  y otra de octaedros  $\text{AlO}_6$ , de manera que los oxígenos libres de la primera forma, parte de la segunda ocupando dos vértices de cada octaedro y existiendo en los otros vértices grupos de OH. Los estratos no permiten con facilidad la entrada de cationes, ni moléculas de agua entre ellos, estando enlazados por puentes de Hidrógeno, motivo por el que la capacidad de cambio de la caolinita es muy pequeña. Cristalizan en forma monoclinica, en masas terrosas sueltas o compactas, formadas por escamitas muy pequeñas, de contorno pseudo hexagonal. Existen tres especies minerales que se distinguen, sobre todo, por sus diferentes condiciones de formación; Caolinita ( $\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8\text{Al}_4$ ), formada a temperatura ambiente, por meteorización de FELDESPATOS y principal componente de los caolines, de importancia técnica; Dickita, igual composición, formada en condiciones hidrotermales; y Nacrita, originada a temperaturas superiores.

El CAOLIN o TIERRA DE PORCELANA.- Es una mezcla de estos tres minerales A lofana, dando masas incoherentes, de aspecto terroso, plásticas cuando se les agrega agua, que se forman en cantidades explotables a expensas de rocas ricas en Feldespatos. Los yacimientos de caolín, no son frecuentes y donde se encuentran han surgido centros de cerámicas de fama mundial; China, con sus famosos

depósitos de la Provincia de Kiangsi, es el primer productor. Los depósitos de Cornualles y Devon (Inglaterra). Los alemanes proporcionan material para la industria cerámica y las de papel.

#### GRUPO DE LA HALLYSITA

La estructura de la Hallysita, está formada por el estrato similar a los que tienen la de la caolinita, existiendo entre ellos una cantidad variable de moléculas de agua, que corresponden aproximadamente a la fórmula  $(Si_4O_{10}(OH)_8Al_4 \cdot 4 H_2O)$ , cuando el mineral está completamente hidratado. La HALLYSITA se deshidrata a temperaturas relativamente bajas, perdiendo toda el agua, de manera irreversible y pasando a METHAHALLYSITA, de estructura similar a la CAOLINITA. Los cristales son de aspecto tabular, cediendo y absorbiendo agua fácilmente, mientras no llegan a la deshidratación completa. Forma parte de algunos yacimientos de BAUXITA impurificando a la Hidrargilita.

#### GRUPO DE LA MONTMORILLONITA

Estos minerales que sólo existen en partículas extremadamente pequeñas están formadas por estratos de dos capas

de tetraedros  $\text{SiO}_4$  unidas por Al. De manera que cada Al, coordina con 2 oxígenos libres de cada capa y con 2 grupos de OH. Se forma una nueva capa de octaedros, en cuyos vértices hay 4 oxígenos y 2 grupos OH. Entre los estratos se sitúan cationes y moléculas de agua, pudiendo separarse o acercarse de manera reversible, al aumentar y disminuirse tanto la calidad de cationes, como su tamaño; o bien, la cantidad de agua absorbida. Se presenta en masas suaves, que se hinchan con el agua, pero no llegan a ser plásticas, a diferencia de la Caolinita. Toma su nombre de los yacimientos de este mineral existentes en Montmorillon, en Vienne (Francia).

#### **GRUPO DE LA ILLITA**

Minerales que pueden incluirse en el grupo de micas, diferenciándose de ellas, por presentarse siempre en partículas muy pequeñas y no también cristalizadas. Su estructura es muy semejante a la de la Moscovita.

#### **GRUPO DE LA VERMICULITA**

Se denominan Vermiculitas. Minerales procedentes -por pérdida de álcalis y ganancia de agua- de las micas más variadas en especies. Todas ellas tienen la propiedad de hojaldrarse y curvarse en forma de gusano, por el

calor. Las VERMICULITAS expansionadas se utilizan como aislantes del frío y del calor en las modernas construcciones y tienen gran aplicación como sustrato en cultivos agrícolas artificiales. -

### 3.2.1.3 Subclase: Inosilicatos

Esta subclase está integrada por un conjunto bien definido de minerales que a pesar de variar ampliamente en composición química, guardan relaciones muy completas en sus propiedades ópticas, morfológicas y en su exfoliación. La estructura de estos minerales contienen cadenas infinitas de tetraedros  $\text{SiO}_4$ , unidos entre sí por los vértices, quedando 2 oxígenos -en cada tetraedro- libres para alcanzar con cationes. Las cadenas pueden ser sencillas o dobles, siendo ésta la diferencia esencial entre los grupos de minerales de esta subclase, piroxenos y anfíboles. Las cadenas se disponen paralelamente al tercer eje cristalográfico, estando unidas entre sí por cationes; esto determina la aparición de una exfoliación perfecta, según las caras de prisma vertical, curvas, líneas de crucero forman ángulos distintos en ambos grupos, debido a la diferente anchura en ambas cadenas; este ángulo es de  $87^\circ$  en los PIROXENOS y de  $124^\circ$  en los ANFIBOLES, observando perfectamente en la pinacoide básico o una sección paralela a él.

## GRUPO DE LOS PIROXENOS

Minerales petrográficamente muy importantes cristalizados en las singonias monoclinicas y r6mbica, en formas muy similares, constituyendo las series de los Piroxenos monoclinicos y de los r6mbicos. Y todos ellos poseen refracci6n bastante elevada, birrefringencias mediana y pleocroismo casi siempre d6bil.

## GRUPO DE LOS ANFIBOLES

Similarmente a los piroxenos, cristalizan en las singonias monoclinicos y r6mbicos, dando las series de anfiboles monoclinicos y r6mbicos. No corresponden por su f6rmula quimica a Metasilicatos conteniendo en su mol6cula grupos hidr6xilos, expres6ndose  $(Si,Al)_8O_{22}X_2Y_5(OH Fe)$ ; con  $Y=Mg, Fe, Al, Mn$  y  $X = Ca, Na, K$ .

### 3.2.1.4 Subclase: Sorosilicatos

## GRUPO DE LA TURMALINA

Minerales de f6rmula complicada, con gran variaci6n en su composici6n quimica, formando una serie isomorfa con todos los t6rminos de tr6nsitos; su aspecto general y sus propiedades f6sicas var6a fuertemente con la composici6n quimica y el yacimiento. Pueden referirse a la f6rmula

aproximada ( $\text{Si}_6\text{O}_{27}\text{B}_2(\text{OH F})_4\text{XY Y}_8$ ) en la que "X", representa cationes grandes, "Y" medianos. Cristalizan en la hemimórfica romboédrica, con hábito prismático por la existencia de uno o más primas trigonales, que a menudo representan curvaturas y estriación, coronados por pirámides trigonales. Algunas veces adquieren aspecto romboédrico al desarrollarse las caras de la pirámide en uno y otro extremo del cristal (Turmalina Parda de Gouverneur, New York). Raramente en maclas. No tiene exfoliación. Las variedades férricas son negras, las restantes presentan los más variados colores, alguna vez con coloración zonal. Pleocroísmo muy fuerte, absorbiendo el rayo ordinario totalmente, por lo cual se usan como instrumento para polarizar la luz. Su hemimorfismo es patente en las propiedades físicas, siendo fuertemente piroeléctricas. Mineral típicamente de contacto, de formación pneumatolítica, presencia del Boro, está ligado a las rocas profundas y filonianas, especialmente con el granito, actualmente se ha demostrado que el B, puede provenir de las rocas sedimentarias. Abundante en paragénesis con cuarzo en las pegmatitas. Se halla en numerosas localidades como en: Minas Geraes (Brasil), los filones bolivianos; al parecer de origen hidrotermal y California. En España es abundante: Cabo de Cruces, Salamanca, Tibidado, etc. Las variedades se diferencian en el color: Acrita, incolora; Rubetita, rojo; Indigolita, azul, etc.

## GRUPO DEL BERILO

El Berilo ( $\text{Si}_6\text{O}_{18}\text{Al}_2\text{Be}_3$ ) es un sorosilicato con anillos de seis tetraedros, superpuestos en dirección vertical, de modo que forman un cilindro con eje senario. Los anillos están unidos entre sí, vertical y lateralmente, por átomos del Al y Be, en coordinación senaria y cuaternaria, respectivamente. La estructura posee canales verticales, donde pueden quedar retenidos iones extraños. Cristales holoédricos hexagonales incluidos o implantados, de hábito prismático, que pueden ser enormes. Maclas muy raras. Exfoliación perfecta según el pinacoide básico; color blanco, con matiz verdoso a diversos tonos de verde, amarillento, azulado, etc. Transparente como el agua a turbio y opaco; brillo vítreo. Ópticamente uniáxico negativo con refracción y birrefringencia medias, suelen presentar anomalías ópticas, debido a tensiones. El Berilio formándose en las Pegmatitas, o bien por acción hidrotermal, como las esmeraldas colombianas. Debemos distinguir dos variedades: el Berilo noble o el común. El primero transparente y de bellas coloraciones, es una de las piedras preciosas más estimadas; la Esmeralda, de color verde intenso; especialmente bellas las de la Mina Muzo (Colombia); la Aguamarina, de color amarillo, verdemar y azul; son famosas las de Minas Geraes (Brasil), con ejemplos de 48 cm de longitud y 110 kg de peso; la Morganita,



de color rosa, etc.

### GRUPO DE LA VESUBIANA

La Vesubiana o Idocrasa  $(\text{Si}_9\text{O}_{34}(\text{OH})_4(\text{Mg},\text{Fe})_2\text{Al}_4\text{Ca}_{10})$ , poseen una estructura estrechamente relacionada con la de los granates; de gran complejidad, con grupos  $\text{Si}_2\text{O}_7$  y  $\text{SiO}_4$ , independientes que se enlazan a través de Mg y del Fe, en coordinación octaédrica. Cristaliza en la holoédrica tetragonal, en prismas cortos, de magnífico desarrollo o en agregados graduados, la colofonita, de Arendal. Color pardo y verde de varios tonos, a menudo color de grosella y colofonia; transparente a translucido resinosos. Uniáxico negativo, con birrefringencia muy débil. Mineral metamórfico característico; se halla en las pizarras cristalinas de numerosos lugares y en el río Wilui (Siberia Oriental), existiendo una variedad denominada Wiluita.

#### 3.2.1.5 Subclase: Nesosilicatos

### GRUPO DEL OLIVINO

Minerales pseudo hexagonales, cuya estructura es aproximadamente un empaquetado hexagonal compacto de oxígenos, en el cual los (Si) o los (Mg), se hallan en

espacios de simetría tetraedros independizados grupos tetraédricos  $\text{Si O}_4$  y los Mg o Fe, en espacios de simetría octaédrica, coordinados con los oxígenos por enlace polar. Esta disposición comunica al mineral fuerte birrefringencia, gran dureza y peso específico elevado. El Olivino puede considerarse como macla isomorfa, de la Forsterita ( $\text{Si O}_4 \text{Mg}_2$ ), la Fayalita ( $\text{Si O}_4 \text{Fe}_2$ ), y la Ferroita ( $\text{Si O}_4 \text{Mn}_2$ ), siendo lo más frecuente la mezcla isomorfa eqimolecular de las dos primeras. Cristales sueltos o incluidos de la holoedría rómbica, con numerosas facetas. Maclas de compenetración, en cristales microscópicos, como elemento de las rocas, diseminado e idimorfo o en agregados. Exfoliación buena, según el 2° pinacoide. Color verde botella a verde oscuro, a veces amarillento, pardo y hasta incoloro. Biáxico positivo, presentando con frecuencia estructura zonal. Es elemento esencial de las rocas eruptivas básicas, formando por sí solo una roca denominada Peridotita, se le halla como mineral metamórfico en pizarras cristalinas. En España, abunda especialmente, en la provincia de Gerona.

#### GRUPO DE LOS GRANATES

Minerales de composición química muy variable, respondiendo a la fórmula  $(\text{Si O}_4)_3 \text{X}_3 \text{Y}_2$  con  $\text{Y} = \text{Fe}, \text{Al}, \text{Cr}, \text{Ti}$  (Trivalentes); y  $\text{X} = \text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn}, \text{etc.}$  (Divalentes).

Su estructura, bastante complicada, está formada por una red de tetraedros de  $\text{Si O}_4$  y octaedros  $\text{Al O}_6$ , unidos entre sí por los vértices, con átomos de Ca en los intersticios, coordinando con 8 oxígenos. Cristalizan en rombodecaedros, de la holoedria regular, combinados con el trapezoedro y menos frecuentemente con el trioctaedro. Cristales aislados, incluidos o implantados, a veces de gran tamaño; sueltos en cuatro rodados y en arenas. Exfoliación muy imperfecta. De todos los colores, excepto el azul, con mayor frecuencia el rojo-parduzco, transparente a opaco, con brillo vítreo. Refracción elevada, y a veces presenta ópticamente estructura zonal. Mineral petrográfico, de gran importancia y muy frecuente yace en rocas distintas, según sus variedades. Las más importantes son: Grossularias ( $\text{Si}_3\text{O}_{12}\text{Al}_2\text{Ca}_3$ ), incoloro, rojo jacinto o amarillo de ámbar, Andradita ( $\text{Si}_3\text{O}_{12}\text{Fe}_2\text{Ca}_3$ ), pardo y aún negro, brillo graso o resinoso intenso (mineral típico de contacto, se halla diseminado en las grietas de las pizarras cristalinas): Melanita, igual fórmula que el anterior, pero con elevado contenido de titanio, de fuerte color negro, es elemento primario de las rocas eruptivas; Piropo ( $\text{Si}_3\text{O}_{12}\text{Al}_2\text{Mg}_3$ ) rojo sangre, en granos redondeados, es apreciado en joyería, sobre todo los procedentes de las serpentinas de Merowitz, denominados "Granates de Bohemia"; Almandina -- ( $\text{Si}_3\text{O}_{12}\text{Al}_2\text{Fe}_3$ ), rojo o pardo, algunas veces con reflejos azulados, incluido en Gneiss y micacitas; Espessarita

( $\text{Si}_3\text{O}_{12}\text{Al}_2\text{Mn}_3$ ), amarillo o pardo rojizo, se haya principalmente en pegmatitas, aunque entre las pizarras cristalinas de minas Geraes (Brasil), se le encuentra intercalado como verdadera roca.

### GRUPO DE LA EPIDOTA

Conjunto de minerales de fórmula general  $(\text{Si } \text{O}_4)_3(\text{OH})$   $(\text{Al}, \text{Fe})_3\text{Ca}$ , en la que una parte del Ca puede estar sustituido por tierras raras. La EPIDOTA cristaliza en la holoedria monoclinica, en cristales con mayor número de formas, alargadas según la dirección del eje de simetría, acumulándose las facetas en ambos extremos y dando magníficos desarrollos zonales. Maclas frecuentes según pinacoides. Se presenta en cristales lanceolados, reunidos en haces, y también uniforme en agregados radiados que cuando son verdes, constituyen la Pistacita Exfoliación perfecta según el 3° pinacoide. Generalmente de color verde oscuro y brillo vítreo, rara vez es transparente, pero con frecuencia translúcido. Raya gris. Ópticamente, biáxico negativo, tiene fuerte dispersión y marcado pleocroísmo. Mineral muy extendido, es principalmente de contacto y metamórfico, como componente de las calizas granudas; se forma también en la descomposición térmica de los Feldespatos. Se le encuentra en cristales implantados en las drusas y grietas de los granitos, siendo magníficos los cristales de Zermatt

(Suiza). En España, es mineral muy común.

## SERIE ANDALUCITA-DISTENA-SILLIMANITA

### GRUPO DE LOS ALUMINOSILICATOS

Minerales de igual composición química ( $\text{Si O}_5\text{Al}_2$ ), forman un caso notable de Poliformismo. La estructura de estas tres formas polimorfas contiene cadenas de grupos  $\text{Al O}_6$ , en los que los oxígenos ocupan los vértices de un octaedro deformado, unidos entre sí por una arista. En la Sillimanita, estas cadenas se enlazan por medio de átomos de Silicio que están entre 4 oxígenos, en disposición tetraédrica, formando los  $\text{Si O}_4$ , independientes y por átomos de Al, en exactamente la misma disposición. Los átomos de Si y de Al están alternantes. En la ANDALUCITA estas cadenas están unidas lateralmente por (Si) que, situados entre 4 oxígenos, forman grupos (Si O) igual que en la Sillimanita, pero los (Al), están coordinados con 5 oxígenos. Es el único caso conocido en que el (Al), presente una coordinación de este tipo. En la DISTENA las cadenas se unen por átomos de su (Si), dando el grupo Si O y por átomos de (Al), pero en coordinación senaria, de modo que los oxígenos están asimismo en los vértices de un octaedro, el conjunto de oxígenos están dispuestos muy similarmente al de un empaquetado compacto. La diferencia esencial entre los 3 minerales, consisten en el tipo

de coordinación de uno de los (Al), de la fórmula que es de orden 4 a la Sillimanita 5 en la Andalucita y 6 en la Distena. A pesar de la existencia de cadenas se unen por átomos de su (Si), dando el grupo (Si O) y por átomos de (Al), pero en coordinación senaria, de modo que los oxígenos están asimismo en los vértices de un octaedro el conjunto de oxígenos están dispuestos muy similiarmente al de un empaquetado compacto. La diferencia esencial entre los 3 minerales, consisten en el tipo de coordinación de uno de los (Al), de la fórmula que es de orden 4 a la Sillimanita 5 en la Andalucita y 6 en la Distena. A pesar de la existencia de cadenas de (Al O<sub>6</sub>), los grupos (Si O<sub>4</sub>), están aislados en la estructura, incluidos entre los Nesosilicatos. La Andalucita (Si O<sub>5</sub>Al<sub>2</sub>), cristales muy sencillos de la holoedria rómbica, en forma de prismas gruesos de sección casi cuadrada. También en prismas largos y delgados que contienen un núcleo obscuro cruciforme, formado por residuos de materia carbonosa, interpuesto en el cristal; a esta variedad se le denomina Quiastolita y se hallan los cristales incluidos en pizarras arcillosas. Generalmente gris-rojiza, puede presentar diversas coloraciones, brillo vítreo y translúcido raramente transparente. Ópticamente biáxico negativo, es un mineral típicamente metamórfico. Muy extendido, hallándose en masas considerables, en donde las pizarras están en contacto con el granito. La DISTENA

(Si  $0_5Al_2$ ) cristal triclinica, holoédricos, incluidos lineales, de hábitos primáticos-tabular, con el 1° pinacoide, ligeramente ondulado y rayado transversalmente. Se presenta en maclas, siendo a menudo polisintético. Abundante en agregados radiales. Tiene exfoliación perfecta según el 1° pinacoide y patente según el 2°, es típico de este mineral la diferencia de dureza en la dirección vertical (paralelamente al prisma) de 4 a  $4\frac{1}{2}$  y en la transversal de 6-7. Generalmente azul, también en otros colores; brillo nacarado en la superficie de exfoliación y vítreo en el resto. Mineral metamórfico y característico de las pizarras cristalinas, es componente de los gneiss y de las micacitas. Se hallan hermosos cristales en las pizarras de Monte Campione, en Tassino (Suiza).

#### GRUPO TOPACIO-ESTAUROLITA

Topacio (Si  $0_4Fe_2$ )  $Al_2$ , mineral cristalizado en la holoedria rómbica, tiene una compuesta estructura de grupos octaédricos alrededor del (Si), como en los restantes minerales de este grupo; 4 de los 6 átomos que rodean al (Al), son oxígenos pertenecientes a grupos (Si  $0_4$ ), mientras los dos restantes son (Fe). Estos últimos pueden estar parcialmente por (OH). Se presenta en cristales implantados muy ricos en forma, casi siempre prismático, cortos. También en grandes cantidades de trozos semejantes

a los Feldespatos. Exfoliación perfecta según el 3° pinacoide, con líneas de crucero muy patente. Dureza elevada y peso específico semejante al del Diamante, casi siempre de color amarillo, vinoso, también incoloro, azul marino, rosado, etc. Los cristales de coloración intensa suelen palidecer por efecto de la luz diurna. Brillo vítreo, transparente a translúcido. Ópticamente biáxico positivo, con refracción y birrefringencia media, algunos topacios tienen incluidas líquidas microscópicas. La sustitución parcial del (F) por (OH) es la causa de la variabilidad en el comportamiento óptico. Es mineral típicamente neumatolítico, especialmente ligado a granitos, asociado con Casiterita. Magníficos cristales en el Brasil, en donde se encuentra la variedad Pingos d'agoã, notable por la cantidad de inclusiones líquidas que contiene. ESTAUROLITA ( $\text{Si}_5\text{Al}_2\text{Fe}(\text{OH})_2$ ), cristales pertenecientes a la holoedria rómbico, de hábito prismático, muy sencillos de forma, macla de compenetración muy frecuentes, con los individuos (2), formando ángulo recto; Cruz de Bretaña, o bien, un ángulo aproximado de 60°: Cruz de San Andrés. Su estructura, parecida a la Distena, es un empaquetado cúbico compacto de oxígenos, situándose los (Si) y (Al), en espacio tetraedros y octaédricos, respectivamente. De hecho, podemos considerarla como compuesta, de capas alternantes de Distena o hidróxido ferroso, coordinadas entre sí. Tienen exfoliación patente según el 2° pinacoide, es duro, de



brillo vítreo de color rojo a pardo negruzco y translúcido u opaco. Ópticamente es biáxico positivo y muy plecroico. Es mineral metamórfico, a menudo asociado con Distena en pizarras. Es famosa la Estauroлита de Santiago de Compostela (España), siendo abundante en las arenas de los ríos de Galicia.

### GRUPO DEL CIRCON

Mineral cristalizado en la holoedria tetradonal, formando estructuralmente por grupos tetraédricos ( $\text{SiO}_4$ ), unidos a través de iones Zr, de modo que cada catión está rodeado de 8 oxígenos dispuestos a distancias iguales 4 a 4. El CIRCON ( $\text{SiO}_4\text{Zr}$ ), se presenta en cristales incluidos y desarrollados en todo su contorno, con hábito prismático a piramidal. Con frecuencia en cristales rodeados y sueltos y en granos, nunca en masas informes. Generalmente de color pardo y de rojo-parduzco y a veces amarillo, gris, verde e incoloro; brillo vítreo, casi diamantino. Transparente a translúcido (circón noble), turbio a opaco. Ópticamente uniáxico positivo, con frecuencia fuerte y birrefringencia media. Las variedades de circón, muy apreciables en joyería, constituyen: el jacinto, de color rojo amarillento; y el jargeón, de Ceilán, que es incoloro o ligeramente amarillento. Químicamente contiene hasta 4% de Hafnio y algo de Torio, sustituidos al Circonio,

es elemento radiactivo de las rocas que lo contienen. La descomposición del Torio transforma la red del mineral, observándose poca dureza, coloración turbia y gran disminución de la refringencia y birrefringencia. En las rocas eruptivas se halla muy difundido al estado microscópico. Debido a su dureza se halla como canto rodado, en placeres gemíferos y en arenas de ríos y mares, juntamente con espinela y corindón. De las piedras preciosas se distingue con las que yace en los placeres, por su elevado peso específico superior al de todas ellas. En España se le halla principalmente en las arenas de los ríos de Galicia.

#### GRUPO DE LA TITANITA

La TITANITA ( $\text{Si O}_5\text{Ti Ca}$ ), se presenta en cristales de tipo muy diverso perteneciente a la holoedría monoclinica. Los contenidos en las rocas eruptivas tienen forma de sobre, variedad denominada Grothita, y los implantados en las grietas alpinas son tabulares o fuertemente prismático. Maclas de compenetración frecuente con el 1º pinacoide como plano de macla. Exfoliación manifiesta, según las caras de prisma vertical, dureza media y peso específico elevado. Color amarillo verdoso o pardo-rojizo a negro; brillo resinoso intenso, transparente a opaco. Ópticamente biáxico positivo, con refracción y birrefringencia fuerte. Tiene estructura compuesta por grupos de  $\text{Si O}_4$ , unidos

a través de átomos de (Ti) en coordinación octaédrica con 5 oxígenos y de (Ca), rodeado por 7 oxígenos y de (Ca), dando un grupo difícil de hallar en otros minerales. Químicamente contiene tierras raras, sustituyendo al Titanio y en las variedades en que el Tiroio sustituye parcialmente al Calcio, el Titanio es a su vez sustituido por (Al) o (Fe), para compensar las cargas eléctricas. Los cristales implantados, amarillos o verdes, que yacen en grietas de rocas eruptivas, se denominan Esfena. La titanita común de las rocas eruptivas y pizarras cristalinas es de color pardo, rojizo siempre. Buenos cristales en las calizas granudas de Greenville y Elmsley (Canadá); en España, en Roca Negra, cerca de Olot.

#### GRUPO DE BORO-SILICATOS

Minerales de estructura poco conocida, pero con dureza. Peso específico e índices de refracción propios de una estructura en tetraedros (Si O) aislados. AXINITA  $(Si O_4)_4 Al_2 B H Ca_2 (Fe, Mg, Mn)$ .

Cristales triclinicos, de hábito más o menos tabular y de arista generalmente cortante, se presenta informe y en agregados testáceos. Exfoliación bastante marcada, según el 2° pinacoide. De color pardo tirando a gris y violeta, azul o verdoso-rojo (muy raras veces); brillo

vítreo fuerte; transparente a translúcido. Ópticamente biáxico negativo con refracción y birrefringencia medias; con luz ultravioleta presenta plecroísmo muy fuerte. Es piroeléctrico. Mineral perteneciente a la zona de contacto de las rocas eruptivas, se encuentran bellos cristales en los yacimientos de Magnetita, de Sajonia. En España, en Montmany.

### 3.3 Terminología

CRISTAL.- Fragmento mineral delimitado por caras planas, resultado del orden interno de las partículas que forman dicho mineral.

FENOCRISTAL.- Cristal de gran tamaño que se ha producido como consecuencia de un enfriamiento del agua.

PORFIDICO.- Tipo de textura propio de las rocas que tienen algunos de sus componentes cristalizados (cristales bien desarrollados) y otros que forman microcristales. Aunque esta textura puede aparecer en cualquier roca magmática, es más frecuente en las rocas volcánicas.

PLUTONICAS ROCAS.- Rocas magmáticas que solidifican en el interior de la tierra tras un enfriamiento lento que origina una textura holocristalina.

**AFANITICO.-** Se aplica a aquella textura de las rocas en la que los componentes, no son visibles a simple vista y ni con lupa, sólo con 7 microscopio petrográfico se puede observar. Esta textura es típica de las Rocas Volcánicas.

**VESICULAR.-** Son cavidades de algunas rocas, como el Basalto, debido al escape de gases, los cuales le dan propiedades de alta porosidad.

### **3.4 Influencia de Factores sobre la Formación del Suelo**

#### **3.4.1 Ciclos biogeoquímicos**

##### **3.4.1.1 Gravedad, agua superficial y subterránea, y el hombre**

La constitución y composición del suelo o tierra vegetal tiene enorme interés no sólo para la vegetación de un país que toma diversos aspectos, sino también para la naturaleza de sus cultivos.

Allí donde la piedra no se ha disgregado, aparece al descubierto la "roca" casi desnuda de vegetación, ya que sobre ella no pueden crecer otros vegetales que humildísimos líquenes, diminutos musgos y alguna otra planta que pueda arraigar en el polvo depositado en las grietas que se forman aún en las peñas más duras.

La acción tenaz y persistente de las lluvias, las nieves, las aguas corrientes, los hielos, los vientos,

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y ESTADÍSTICAS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

las variaciones de temperatura, las transformaciones químicas producidas por las sustancias contenidas en el agua y en el aire, disgregan y desmenuzan las rocas.

Los materiales sueltos así originados, en el mismo sitio en que se formaron o en los lugares hasta los que fueron arrastrados por las aguas, los vientos o la acción de la gravedad, constituyen una capa de tierra suelta y mullida, el suelo vegetal, donde crecen hierbas, matas, arbustos o árboles. Estas plantas dan la fisonomía a la vegetación de cada lugar que puede ser de praderas, de matorral o de bosques o selvas. Si el agua es abundante, la vegetación es rica y espléndida, pero ésta será raquítica, pobre y aún nula si escasea el agua. Entonces el desierto extiende su imperio sobre la tierra. El hombre encuentra en la corteza terrestre carbón, metales y sustancias diversas como el yeso, la piedra caliza y la arcilla; pero, sin embargo, las más importantes son el agua y el suelo vegetal.

La gravedad es uno de los componentes físicos más constantes de los ecosistemas. Se necesita mucha energía para mover cualquier cosa contra la fuerza de la gravedad. El suelo se origina por la erosión del sustrato geológico, que rompe las rocas en partículas de limo, arena o arcilla. Estas partículas son arrastradas por la acción de la gravedad. El movimiento por saltos, intervienen partículas de un diámetro igual de 0.1 a 0.5 mm. En este proceso

la elevación de las partículas, no pasa de 1 mm. y brincan por el efecto conjugado de la gravedad y la velocidad del viento. El agua y el aire ocupan los espacios que quedan entre las partículas.

El agua disgrega las rocas y arrastra los materiales disgregados hasta constituir el suelo o tierra vegetal, donde crece la vegetación.

Como se sabe, el agua de los océanos y los mares ocupa casi las tres cuartas partes de la superficie del globo. En los continentes, las aguas dulces superficiales de los ríos, lagos y lagunas, glaciares, etc. Así como las aguas profundas que impregnan diversas clases de rocas, están distribuidas de una manera muy irregular y de su abundancia o escasez, depende en grado notable el clima del lugar. Las inmensas masas de agua de los océanos suministran, por evaporación, gran parte del agua que se halla en la atmósfera en forma de vapor. A su vez, de este vapor de agua, que se precipita en diversas formas como lluvia, nieve, etc., procede casi toda el agua que se encuentra en la superficie terrestre o que se filtra en las capas más profundas del suelo. Las aguas superficiales corrientes, como las aguas salvajes, los arroyos, los riachuelos o los ríos, por lo común van a parar de nuevo al mar y así se cierra el ciclo del agua que se inició por su evaporación en la superficie de los océanos. En efecto, una cantidad grande de agua

de lluvia se infiltra en el suelo y es retenida por él y devuelta después, poco a poco a la superficie, donde forma los manantiales con las sales que lleva en disolución, va a nutrir a los vegetales. El agua que entra en la constitución de los diversos tejidos orgánicos tanto vegetales como animales, es restituida al suelo o al aire, cuando mueren, directamente o por las acciones fermentativas producidas por bacterias y hongos.

El agua que se filtra en un terreno permeable es garantía de vida para los vegetales, pero al mismo tiempo la existencia de una vegetación densa asegura que el agua que cae en ese lugar se infiltrará en el suelo. La tala y los incendios de bosques y pastizales, sobre todo en las laderas de las montañas, son una positiva calamidad, no sólo para las plantas sino también para el hombre. Los bosques y pastizales, sobre todo en las laderas de las montañas, son una positiva calamidad, no sólo para las plantas sino también para el hombre. Los bosques, en efecto, hacen que el caudal de los ríos que corren más bajos, sea más constante y que sus fuentes no se sequen; impiden que las lluvias corran violentamente sobre la superficie del terreno, y que constituyan las llamadas aguas salvajes, que de no ser así, arrastrarían la tierra vegetal y la llevarían rápidamente a perderse hacia el mar, con daño para la vegetación y los campos de cultivo.



Los árboles, con sus troncos y raíces, y los musgos, hierbas, y arbustos de toda clase que vegetan a la sombra de ellos, así como los restos de ramas, cortezas y hojas que cubren el suelo, hacen del bosque una especie de gigantesca esponja que se empapa intensamente con el agua de las lluvias y aún de las nieblas, agua que se infiltra poco a poco en el suelo permeable. Desciende luego hasta encontrar una capa impermeable, en contacto de la cual se detienen y satura de agua la capa permeable, hasta un cierto nivel. Estas capas permeables, empapadas de agua reciben el nombre de "capas acuíferas" y son verdaderas reservas o depósitos naturales que devuelven poco a poco a la superficie el agua que contienen. A medida que se consume el agua superficial, la profunda de la capa acuífera asciende por capilaridad, de manera que, aún en los períodos en que no llueve, las plantas del bosque tienen agua a su disposición. Los beneficios que los bosques proporcionan al hombre son, por tanto, inmensos. Las consecuencias de la tala o destrucción de bosques de ladera son desoladoras. Si el bosque es substituido por pastizal la cantidad de agua que penetra en el terreno permeable es menor.

Disminuye entonces el espesor de la capa acuífera, y -- por tanto, el volumen de agua suministrado por las fuentes -- es más pequeño y el caudal de los ríos, que aumenta durante -- las lluvias, es muy escaso en las épocas de sequía. "Si el te

rreno, antes boscoso, queda desnudo de plantas, al pretender cultivarlo en grandes extensiones, las consecuencias serán catastróficas. En el suelo ya no se filtrará casi nada de agua, sino que ésta al no existir las plantas que la retienen, correrá rápidamente por la superficie y arrastrará consigo las partículas de la tierra vegetal hacia los ríos."

"El terreno quedará estéril, durante mucho tiempo, las fuentes se secarán, los ríos se desbordarán en tiempo de lluvias y sus cauces quedarán secos durante las sequías, por lo que no tendrán ya ninguna posibilidad de ser utilizados para el riego".

El agua subterránea puede estar determinada por la topografía, la naturaleza del suelo y el tipo de plantas de un determinado ecosistema. Si el suelo es muy rocoso el agua se escurre rápidamente por los intersticios de las rocas y se pierde para las plantas; si el suelo es muy arenoso sucede algo similar. Si por lo contrario, el suelo es muy arcilloso con partículas muy finas, el agua se almacena y se retiene como en una esponja. En este tipo de suelo se retienen contra la fuerza de gravedad. Un suelo cubierto de musgos en un bosque retienen más agua que uno que no los posee.

Las aguas más superficiales alcanzan temperaturas menores de 4°C y por razones de densidad éstas permanecen en los estratos superiores. Al iniciarse la época cálida,

las aguas superficiales empiezan a calentarse hasta alcanzar 4°C, provocando que se hundan. Dicho hundimiento ocasiona movimientos verticales que tienden a homogeneizar toda el agua contenida en ellos, permitiendo a su vez que el viento pueda mover sin dificultad toda la masa de agua.

Este movimiento en sentido vertical, permite asimismo, un aporte de nutrientes de las aguas subterráneas o profundas, a las superficiales, donde eran consumidos por el florecimiento primaveral de la vida en suspensión en las aguas.

Del agua de la lluvia que cae, la mitad se evapora y aproximadamente una sexta parte se filtra en el suelo y puede llegar hasta el mar por corrientes subterráneas. Una sexta parte fluye sobre la superficie de la tierra en forma de ríos y la sexta parte restante es absorbida por la vegetación. Vemos que la mayor parte se pierde por la evaporación en la atmósfera. Los bosques constituyen el vehículo más eficiente para captar el agua de lluvia. La maraña que forman las raíces de los árboles protege al suelo de la erosión, y con ello contribuye a hacer que las corrientes de agua sean limpiadas. En el suelo expuesto, sin bosque, la erosión es rápida. Las lluvias al caer en el suelo desnudo, corren como torrentes de agua lodosa que van acarreado la capa superior del suelo

hacia el mar, o bien, hacia capas más profundas, donde se pierde. La ausencia de vegetación no permite que el agua se filtre lentamente hacia las capas inferiores del suelo, y al cesar las lluvias, la capa superior de suelo se seca rápidamente. La provisión de agua subterránea, llamada "manto freático", se encuentra fuera del alcance de la profundidad a la que llegan las raíces de las plantas cultivadas. Después de la época de lluvias, el caudal de los ríos disminuye rápidamente y en ocasiones no queda sino una serie de charcos de agua. La presión demográfica ha provocado un desequilibrio entre las zonas forestales y zonas agrícolas en la mayor parte del mundo, con las consecuencias predecibles de erosión, disminución del suministro de agua, inundaciones, etc. Sin embargo, cada vez, los científicos están logrando crear una conciencia de que es necesario hacer una planeación del uso de la tierra, que tome en cuenta la ecología regional y la conservación de los recursos.

El suelo agrícola o tierra de labor, que se origina de la disgregación de la corteza terrestre, es un conjunto de constitución compleja, en constante cambio como resultado de la acción de los agentes atmosféricos, gravedad, del agua, de los organismos que viven en él y de otros muchos factores. Para que la agricultura considere un terreno cultivable, es necesario que contenga de 5 a 10% de caliza en estado de fina disgregación. Para evitar el agotamiento

y conservar la capacidad productiva de los campos de cultivo, hay que proporcionarles periódicamente, en forma de abonos, los elementos sustraídos por las plantas que en ellos se han desarrollado. Mejorar un suelo es hacerlo más fértil, mediante procedimientos que logren su disgregación, faciliten la penetración del aire. Labores mecánicas, escardas, arado, drenaje, etc., que utiliza el hombre, aseguran el mullido de las tierras y corrigen muchos de sus defectos físicos.

Siendo los pastizales, áreas de fuertes cambios climáticos, que en ocasiones pueden llegar a condiciones verdaderamente extremosas, es fácil que la acción del hombre repercuta, ya sea en forma trágica o favorable. En Estados Unidos, enormes extensiones de pradera se han abierto al cultivo. Son los suelos agrícolas más ricos de la tierra, y cuando las condiciones climáticas son buenas, las cosechas también lo son, especialmente las de trigo, que es una gramínea como los pastos nativos de la pradera. Cuando los pastizales no son arados, sino usados para la ganadería, existe peligro de la degradación por sobrepastoreo. Así, áreas en estado natural eran pastizales, pueden convertirse en desiertos por un uso inadecuado.

El hombre ha hecho alteraciones de factores, tanto físicos como biológicos, con diferentes grados de éxito.

La aptitud del hombre para dominar su ecosistema lleva consigo la gran responsabilidad de no alterar el sistema ecológico de manera adversa e irremediable. Es decir, que esta alteración debe estar dirigida por una filosofía: "si ésta es individualista y egoísta, tarde o temprano los cambios introducidos en el ecosistema se volverán contra el hombre mismo". Por ejemplo: si en un afán desmedido de lucro se destruye un bosque que crece en terrenos muy inclinados en donde no podrían prosperar los cultivos, y se deja el suelo desnudo, las aguas arrastrarán la capa de tierra vegetal, no quedará sino un erial y será casi imposible recuperar la condición primitiva en un lapso razonable. El hombre necesita crear una filosofía menos individualista y menos egoísta, en relación con el ambiente que lo rodea y tiene además la responsabilidad de determinar conscientemente tanto las características que deberá reunir la sociedad, como las del uso que se dará a los recursos naturales.

El hombre utiliza procesos: físicos, mecánicos, biológicos y agronómicos, para el control de la erosión, para rehabilitar los terrenos destruidos e infértiles, con objeto de aumentar permanentemente la producción y la productividad de los terrenos. El hombre, con objeto de mantener la productividad de los terrenos por períodos prolongados, tratará de disminuir al máximo la erosión, buscando fundamentalmente que ésta sea menor que la veloci-

dad de formación de suelo. Experimentalmente se ha mostrado que en condiciones alteradas por efectos de labranza, se puede formar aproximadamente de 0.8 a 1.8 toneladas de suelo por hectárea, por año.

### 3.5 Características de los Grandes Grupos de Suelo

#### 3.5.1 Solonchak

- 1.- PERFIL.- Gris, delgado, costra salina en la superficie, granular fino, suelo grisáceo, quebradizo y salino; las sales pueden concentrarse arriba o abajo.
- 2.- VEGETACION NATIVA.- Crecimiento esparcido de gramíneas halofíticas, arbustos y algunos árboles.
- 3.- CLIMA.- Generalmente subhúmedo a árido, puede ser caluroso o frío.
- 4.- FACTORES RESPONSABLES DEL DESARROLLO.- Drenaje deficiente, con evaporación del agua capilar; acumulaciones salinas.
- 5.- DRENAJE NATURAL.- Drenaje deficiente o imperfecto.

#### 3.5.2 Solonetz

- 1.- PERFIL.- Suelo superficial más o menos delgado, friable, seguido por una capa dura, columnar, general-

mente muy alcalina.

- 2.- VEGETACION NATIVA.- Plantas halofíticas y ligeras formaciones de otras plantas.
- 3.- CLIMA.- Generalmente subhúmedo a árido; puede ser caluroso o frío.
- 4.- FACTORES RESPONSABLES DEL DESARROLLO.- Drenaje mejorado de un Solonchak sólido.
- 5.- DRENAJE NATURAL.- Imperfecto.

### 3.5.3 Soloth

- 1.- PERFIL.- Horizonte delgado pardo-grisáceo, friable, sobre un horizonte blanquecino, seguido por horizonte compacto pardo-oscuro.
- 2.- VEGETACION NATIVA.- Pradera mixta o arbustos.
- 3.- CLIMA.- Generalmente subhúmedo a semiárido; pueden ser caluroso o frío.
- 4.- FACTORES RESPONSABLES DEL DESARROLLO.- Drenaje mejorado y lixiviación del Solonetz.
- 5.- DRENAJE NATURAL.- Imperfecto a bueno.



### 3.5.4 Glei Húmico (incluye el Wisboden)

- 1.- PERFIL.- Horizontes orgánicos, mineral color oscuro, de anchura moderada, situados sobre horizontes mineralglei.
- 2.- VEGETACION NATIVA.- Bosques pantanosos o pantanos herbáceos.
- 3.- CLIMA.- Templado o frío; húmedo a subhúmedo.
- 4.- FACTORES RESPONSABLES DEL DESARROLLO.- Drenaje deficiente.
- 5.- DRENAJE NATURAL.- Deficiente.

### 3.5.5 Pradera Alpina

- 1.- PERFIL.- Suelo pardo-oscuro, que a una profundidad de 30 a 60 cm pasa a grisáceo y color de óxido, moteado y sin uniformidad.
- 2.- VEGETACION NATIVA.- Gramíneas y plantas con flores.
- 3.- CLIMA.- Templado, frío a frígido (alpino).
- 4.- FACTORES RESPONSABLES DEL DESARROLLO.- Drenaje deficiente y clima frío.
- 5.- DRENAJE NATURAL.- Deficiente.

### 3.5.6 Suelo de Turbera

- 1.- PERFIL.- Turba parda, parda oscura o negra; o tierra recubierta de residuos sobre un material de turba.
- 2.- VEGETACION NATIVA.- Bosque pantanoso, o enneas y gramíneas.
- 3.- CLIMA.- Frío a tropical, generalmente húmedo.
- 4.- FACTORES RESPONSABLES DEL DESARROLLO.- Drenaje deficiente, cubierto de agua durante casi todo el tiempo.
- 5.- DRENAJE NATURAL.- Muy bajo.

### 3.5.7 Suelo Semiturboso

- 1.- PERFIL.- Material de turba pardo-oscuro o negro sobre un suelo gris, moteado de óxido.
- 2.- VEGETACION NATIVA.- Bosque pantanoso, o enneas y gramíneas.
- 3.- CLIMA.- Frío a tropical, generalmente húmedo.
- 4.- FACTORES RESPONSABLES DEL DESARROLLO.- Drenaje deficiente, cubierto de agua casi siempre.
- 5.- DRENAJE NATURAL.- Muy deficiente.

### 3.5.8 Glei Débilmente Húmico

- 1.- PERFIL.- Horizonte superficial delgado, moderadamente alto en materia orgánica sobre un horizonte mineral gleizado gris moteado y pardo.
- 2.- VEGETACION NATIVA.- Bosque pantanoso y pantanos.
- 3.- CLIMA.- Cálido húmedo.
- 4.- FACTORES RESPONSABLES DEL DESARROLLO.- Drenaje deficiente.
- 5.- DRENAJE NATURAL.- Deficiente.

### 3.5.9 Planosol

- 1.- PERFIL.- Suelo superficial muy lixiviado sobre arcilla compacta, cementada o dura; algunos tienen horizontes A y B normales, sobre la capa cementada un perfil secundario.
- 2.- VEGETACION NATIVA.- Gramíneas o bosques.
- 3.- CLIMA.- Frío a tropical; húmedo a subhúmedo.
- 4.- FACTORES RESPONSABLES DEL DESARROLLO.- Relieve llano, drenaje imperfecto y suelo muy antiguo.
- 5.- DRENAJE NATURAL.- Imperfecto o deficiente.

### 3.5.10 Hidro-laterita

- 1.- PERFIL.- Superficie gris o parda grisácea sobre un A, lixiviado gris amarillento, moteado a su vez sobre capa reticularmente moteada cementada, endurecida a una profundidad de 30 cm o más; capa dura de varios centímetros de espesor; material primario, la lateral; concreciones a través del perfil.
- 2.- VEGETACION NATIVA.- Bosque tropical.
- 3.- CLIMA.- Caluroso y húmedo; estaciones secas y húmedas.
- 4.- FACTORES RESPONSABLES DEL DESARROLLO.- Drenaje deficiente y antiguo.
- 5.- DRENAJE NATURAL.- Imperfecto o deficiente.

### 3.5.11 Tierra Parda (Braunerde)

- 1.- PERFIL.- Suelo superficial pardo, muy oscuro, friable, decrece a color más blanco, a través del gris y amarillo hasta el material primario; poca eluviación; gran cantidad de calcio absorbido.
- 2.- VEGETACION NATIVA.- Bosque, generalmente de hoja ancha.
- 3.- CLIMA.- Templado-frío o templado cálido.

- 4.- FACTORES RESPONSABLES DEL DESARROLLO.- Muchos coloides con calcio y suelo joven.
- 5.- DRENAJE NATURAL.- Bueno.

### 3.5.12 Rendsina

- 1.- PERFIL.- Pardo-grisáceo oscuro a negro, granular, decrece a gris o amarillo, material muy suelto y calizo.
- 2.- VEGETACION NATIVA.- Generalmente gramíneas, algo de bosque de hoja ancha.
- 3.- CLIMA.- Frío a caluroso; húmedo a semiárido.
- 4.- FACTORES RESPONSABLES DEL DESARROLLO.- Gran contenido en carbonato de cal, aprovechable en el material primario.
- 5.- DRENAJE NATURAL.- Bueno.

### 3.5.13 Litosol

- 1.- PERFIL.- Solum incompleto o sin expresar claramente morfología, consiste en masas recién meteorizadas de roca dura.

- 2.- VEGETACION NATIVA.- Depende del clima.
- 3.- CLIMA.- Todos los climas; más característico el de desierto y menor el tropical húmedo.
- 4.- FACTORES RESPONSABLES DEL DESARROLLO.- Topografía abrupta, material primario generalmente consolidado.
- 5.- DRENAJE NATURAL.- Bueno a excesivo.

#### 3.5.14 Tundra

- 1.- PERFIL.- Capas de turba pardo-oscuro sobre horizontes grises moteados con óxido; substratos de material siempre helado.
- 2.- VEGETACION NATIVA.- Líquenes, musgo, plantas con flor, arbustos.
- 3.- CLIMA.- Húmedo y frío.
- 4.- DRENAJE NATURAL.- Reducido.

#### 3.5.15 Desierto

- 1.- PERFIL.- Gris pálido o gris-pardo pálido, escasa materia orgánica, muy mezclado con material calizo.
- 2.- VEGETACION NATIVA.- Matojos esparcidos.

3.- CLIMA.- Templado a frío; árido.

4.- DRENAJE NATURAL.- Bueno a imperfecto.

### 3.5.16 Chernozem

1.- PERFIL.- Hasta una profundidad de 90 a 120 cm, suelo negro o gris oscuro, pasando a color más claro o blanquecino, por la acumulación de cal.

2.- VEGETACION NATIVA.- Gramíneas de pradera altas y mezcladas.

3.- CLIMA.- Templado a frío; subhúmedo.

4.- DRENAJE NATURAL.- Bueno.

### 3.5.17 Chernozem Degradado

1.- PERFIL.- Casi negro en A; algo gris en A, incipiente más compacto B y vestigios de acumulación de cal en las capas más profundas.

2.- VEGETACION NATIVA.- Bosque invadiendo gramíneas altas tipo pradera.

3.- CLIMA.- Templado a frío; subhúmedo a húmedo.

4.- DRENAJE NATURAL.- Bueno.

### 3.5.18 Podsol

- 1.- PERFIL.- Una capa de hojas y un humus ácido, un horizonte A, muy estrecho de color gris-oscuro un A; estrecho gris-blanquecino, un horizonte B, color pardo o café oscuro y un B, pardo amarillento, muy ácido.
- 2.- VEGETACION NATIVA.- Bosque de coníferas o mezcla de coníferas y caduco.
- 3.- CLIMA.- Templado-frío, excepto en ciertas zonas en que es templado; húmedo.
- 4.- DRENAJE NATURAL.- Bueno.

### 3.5.19 Podsólico Grisáceo (Gris de Bosque)

- 1.- PERFIL.- A, moderadamente ancho; A, orgánico-mineral no muy ancho; A, color blanquecino; B, pardo, con más arcilla, bloques o nuciforme; b, de color más claro y quebradizo o C, moderadamente ácido.
- 2.- VEGETACION NATIVA.- Bosque mixto de coníferas y hoja caduca.
- 3.- CLIMA.- Subhúmedo a semiárido; frío.
- 4.- DRENAJE NATURAL.- Bueno.



### 3.5.20 Podsólico Pardo

- 1.- PERFIL.- Capa de hojas y humus ácido sobre A, delgado gris obscuro; A, no muy ancho pardo-gris o pardo amarillento; B, sólo un más pesado que el suelo superficial; el solum no tiene más de 60 cm de espesor.
- 2.- VEGETACION NATIVA.- Bosque caduco o mixto de coníferas y hoja caduca.
- 3.- CLIMA.- Frío; humedad efectiva, ligeramente menor que en el Podsol.
- 4.- DRENAJE NATURAL.- Bueno.

### 3.5.21 Podsólico Pardo Grisáceo

- 1.- PERFIL.- Lecho de hojas delgadas, sobre humus más suave, de 5 a 10 cm de ancho, sobre un suelo superficial de color obscuro. Horizonte de lixiviación pardo grisáceo. Horizonte B, pardo y pesado; menos ácido que el Podsol.
- 2.- VEGETACION NATIVA.- Bosque en su mayoría de hoja caduca, mezclado con coníferas en ciertos lugares.
- 3.- CLIMA.- Templado; húmedo.
- 4.- DRENAJE NATURAL.- Bueno.

### 3.5.22 Podsolico Rojo Amarillo

- 1.- PERFIL.- A, orgánico de poco espesor; A, orgánico mineral. A, de color blanqueado. Horizonte B, rojo, rojo-amarillento, con más arcilla. Descendiendo se llega al material primario silíceo.
- 2.- VEGETACION NATIVA.- Bosque de coníferas o mezclado con hoja caduca.
- 3.- CLIMA.- Templado cálido a tropical húmedo.
- 4.- DRENAJE NATURAL.- Bueno.

#### 4. DISCUSION

Se basa, principalmente, en el hecho de que el alumno de agronomía debe tener un conocimiento bien fundamentado de las reacciones químicas del suelo y su función en los vegetales.

Hasta la fecha, sabemos que el 90%, aproximadamente, del organismo vegetal, se compone de Carbón, de Hidrógeno y de Oxígeno, los cuales proceden del aire y del agua. Pero también se sabe que estos vegetales necesitan unos dieciocho elementos químicos que podrían constituir el otro 10% de los tejidos.

Sabiéndose que para que se desarrolle una planta, cumplen un papel imprescindible los elementos esenciales llamados también "macroelementos", los cuales son: Nitrógeno, Fósforo, Azufre, Potasio, Calcio y Magnesio. A medida que se han ido perfeccionando las técnicas analíticas y experimentales, se ha demostrado que existen los llamados "oligoelementos", como son: Boro, Zinc, Cobre, Cloro, Hierro, Manganeso y Molibdeno.

El concepto de esenciabilidad de un elemento, se basa en que la ausencia de este elemento impide el proceso completo de desarrollo vegetativo o reproductor. El síntoma

carencial es específico y puede ser corregido solamente por adición de este elemento y el elemento que desempeña un papel directo en la nutrición de la planta, no tiene que ver con algún factor ajeno al organismo.

También es importante mencionar en esta discusión, que el Ingeniero Agrónomo, cuya misión principal es alimentar a la sociedad, debe tener un conocimiento bien fundamentado en el campo de la Ecología, llevar prácticas de manejo y conservación de los recursos naturales, analizar la dinámica de movilización de los minerales en cada año y con cada cultivo. Ver qué relación tienen los principales minerales que nutren a las plantas y el grado de infestación de plagas y enfermedades de los cultivos agrícolas, analizar los fenómenos de erosión, y en forma muy principal, ver los movimientos del Sodio y del Aluminio dentro de un terreno, los cuales pueden hacer que éste con el tiempo se convierta en desierto o en suelo salino sódico o que tenga un cambio en la acidez o en la alcalinidad, afectando el desarrollo en la productividad agrícola y pecuaria.

Este trabajo se basa en la investigación documental, en la descripción de los elementos minerales que están en juego en el campo agropecuario, tratando de auxiliar a catedráticos, alumnos y productores, en general, en la comprensión de la nutrición, de la fertilización y de la erosión de los suelos para que en forma racional pueda seguirse explotando el campo en forma productiva.

## 5. CONCLUSIONES

Se sabe que el geólogo está principalmente interesado en la corteza rocosa de la Tierra. El Ingeniero Agrónomo tiene la necesidad de conocer los minerales que son los bloques constituyentes de la corteza terrestre. La definición de un mineral, siempre nos dice que estos son elementos o compuestos químicos que ocurren naturalmente dentro de la corteza de la Tierra. Son inorgánicos y tienen composición química definida, así como un arreglo de átomos ordenado, que constituye la estructura cristalina; sin embargo, las rocas son agregados o mezcla de minerales y cuya composición puede variar mucho.

Toda materia, incluyendo a los minerales, está compuesta de uno o más elementos. Un elemento es una sustancia que no puede ser dividida en sustancias más pequeñas o sencillas, por medios químicos ordinarios. Teóricamente, si tuvieramos que tomar una cierta cantidad de un elemento, y romperla en pedazos cada vez menores, retendrían los pedazos más pequeños las características del elemento. Estas diminutas partículas son los átomos. Se sabe que el núcleo de un átomo está compuesto de protones y neutrones. Fuera del núcleo y girando rápidamente a su alrededor,

están las partículas llamadas electrones.

Algunos minerales, tales como el oro y la plata, están formados de un solo elemento. Con más frecuencia, los minerales constan de dos o más elementos, unidos para constituir un compuesto. La calcita, por ejemplo, es un compuesto químico llamado carbonato de calcio. La composición química de un compuesto puede expresarse por medio de una fórmula ( $\text{CaCO}_3$ ), en el caso de la calcita, en la cual cada elemento está representado por un símbolo. El símbolo se deriva de la abreviación del nombre latino a inglés del elemento que representa. Para muchos elementos, únicamente la primera letra de su nombre se utiliza, así "H" para designar un átomo de Hidrógeno, y la "C" para un átomo de Carbón. Si los nombres de dos elementos empiezan con la misma letra, dos letras pueden ser usadas en lugar de una, para distinguir sus símbolos. Algunos símbolos se derivan de una abreviación del nombre latino de los elementos. Los números pequeños que se observan en una fórmula química, significa la proporción en la cual cada elemento está incluido en el compuesto.

Se encuentran 92 elementos minerales, sin embargo, 8 de ellos son tan abundantes que constituyen más del 98% de peso de la corteza terrestre. Estos elementos, sus símbolos y sus pesos, se clasifican como sigue:

Oxígeno	(O)	46.60
---------	-----	-------

Silicio	(Si)	27.72
Aluminio	(Al)	8.13
Hierro	(Fe)	5.00
Calcio	(Ca)	3.63
Sodio	(Na)	2.83
Potasio	(K)	2.59
Magnesio	(Mg)	2.09
		<u>98.59</u>

Como se indica en la tabla, el Oxígeno y el Silicio constituyen, aproximadamente 3/4 del peso de las rocas. Ambos elementos son "no metálicos", pero los seis restantes son "metales". Los metales se caracterizan por su capacidad de conductores de calor y electricidad, por su habilidad al ser laminados finamente (maleabilidad), o ser estirados en alambres (ductibilidad) y por su brillo.

Los minerales no metálicos o industriales, no poseen las mencionadas características.

Algunos minerales no metálicos típicos son el Azufre, el Diamante y la Calcita.

## 6. LITERATURA CITADA

- 1.- AGUIRRE, P.F. 1977. Evaluación del Levantamiento Fisiográfico de los Valles Centrales de Oaxaca en un Programa de Productividad de Cultivos. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- 2.- CACHON, A.E.H. Nery y H.E. Cuanalo. 1976. Los Suelos del Area de Influencia de Chapingo. Ed. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- 3.- CARVAJAL H.S. 1981. Florística y Ecología de las Plantas Arvenses del Maíz de Temporal en Ixtlahuacán del Río, Jalisco. Tesis Profesional. Esc. de Agricultura. U. de G. Guadalajara, Jal. pp. 118.
- 4.- CERDA, R.N. 1976. Levantamiento Fisiográfico del Area de Influencia del Plan Zacapoaxtla. Tesis Prof. Esc. Nacional de Agricultura. Chapingo, México.
- 5.- CONTIN, A. 1973. Investigación de Suelos, Métodos de Laboratorio y Procedimientos para Recoger Muestras. Ed. Trillas. México.



- 6.- CUANALO de la C., H.R. 1975. Manual para la Descripción de Perfiles en el Campo. Ed. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- 7.- DERRUAU, M. 1970. Geomorfología. Ed. Ariel, S.A. Barcelona, España.
- 8.- DIRECCION de Estudios del Territorio Nacional. 1974. Carta Uso del Suelo. DETENAL. F-13-D-56 Cuquio. Escala 1:50,000.
- 9.- DIRECCION General de Geografía del Territorio Nacional. 1981. Carta Estatal de Vegetación, Topografía, Posibilidades de Uso Pecuario, Posibilidades de Uso Agrícola de Suelos. SPP-INEGI. Escala 1:100,000.
- 10.- ESTRADA-BERG, W.J. 1977. Claves para la Identificación de Rocas. C.P.-ENA. Mimeografiado.
- 11.- FONT-ALTABA, M. 1978. Atlas de Mineralogía. Ed. Jover, España.
- 12.- FUENTES P.R. 1971. Ecología del Valle de Atemajac del Estado de Jalisco. Tesis Profesional. Esc. de Agricultura. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco. pp. 7-68.
- 13.- HURLBUT, C.S. 1960. Manual de Mineralogía de Dana. 2a. Edición. Ed. Reverte. Barcelona, España.