

077699

Ej. 4

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE EL SALVADOR

543.086
P 6492
1960
F.C.C.QQ

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

"INCrustACIONES MINERALES Y
ALTERACIONES HIDROTERMALES EN LOS
CAMPOS FUMAROLICOS DE AHUACHAPAN"

TESIS
presentada por

A L I C I A P I N E D A N U Ñ E Z

EN EL ACTO PUBLICO DE SU DOCTORAMIENTO

Julio, 1960

San Salvador

El Salvador

Centro América





U N I V E R S I D A D D E E L S A L V A D O R

Dr. NAPOLEON RODRIGUEZ RUIZ

Rector

Dr. ROBERTO EMILIO CUELLAR MILLA

Secretario

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

Dr. FRANCISCO GONZALEZ SUVILLAGA

Decano

Dr. ROBERTO ANTONIO MACHADO

Secretario

JURADOS.-

PRIMER EXAMEN PRIVADO

Dr. ROBERTO ANTONIO MACHADO

Dr. FLORA M. ESPINOZA

Dr. CARLOS MATA GAVIDIA

SEGUNDO EXAMEN PRIVADO

Dr. FRANCISCO FLORES GONZALEZ

Dr. JULIO CESAR MORAN RAMIREZ

Dr. FRANCISCO ALONSO MARTINEZ

DOCTORAMIENTO PUBLICO:

Dr. FRITZ DURR

Dr. RAFAEL ARAUZ

Dr. RUDOLF SCHULZ

Agradezco al Dr. Fritz Dürr, Director del SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL, la valiosa ayuda que desinteresadamente me aportó para llevar a cabo este trabajo.

Y al Dr. Francisco González Suvillaga, Decano de la Facultad de Ciencias Químicas, por haberme proporcionado los Reactivos, material necesario y el Laboratorio de la Facultad para el desarrollo práctico de esta Tesis.-

DEDICATORIA

A mi padre:

Angel Ma. Pineda

A la memoria de mi madre:

María Nájera de Pineda

A mis hermanos

A mi cuñado:

Ricardo Arnolde Navarro

A mis queridos sobrinos y familiares

A mis Maestros

A mis compañeros y amigos

I N D I C E .-

	Pág.
Objetivo	1
La Región	2
Contenido Químico de Gases, Aguas y Vaporos ...	4
Proveniencia de las Muestras	6
Descripción de los Métodos Empleados en el Presente Estudio	7
Resultado de los Análisis Verificados	14
Cómo se Forman Tales Incrustaciones:	
a) Origen de los Compuestos Químicos	33
b) Formación de las Incrustaciones	37
Formación de las Incrustaciones en Ahuachapán ..	39
Conclusiones	40
Resumen	43
Bibliografía	45

OBJETIVO.-

Desde hace muchos años en algunos países tales como Italia, Nueva Zelandia, Islandia, se ha empleado la energía geotérmica para la producción de electricidad o con fines de calefacción. En otros, como Estados Unidos, México, Japón, entre ellos, se hacen estudios para ver si es posible tal aprovechamiento en sus suelos.

En EL SALVADOR, desde 1955, el SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL se encuentra realizando estudios en la zona geotermal de Ahuachapán, que es la que más probabilidades ofrece, para considerar la posibilidad de producir electricidad utilizando las riquezas naturales de vapor ahí existentes. Con tal objeto se han realizado varias perforaciones prospectivas, lo mismo que estudios geológicos y geofísicos de la zona.

En 1959, VALIENTE realizó un estudio químico de las aguas de dicha región y en el mismo año MONTERROSA analizó los gases y condensados provenientes de perforaciones.

En este estudio se trata de conocer la composición de las incrustaciones, o sea, los productos depositados por los gases, aguas y vapores al salir a la superficie provenientes del subsuelo.

Sabido es que es de primordial importancia para la utilización de las riquezas naturales de vapor el determinar su origen, es decir, si son de origen magmático, magmático o vadoso. Llámense de origen magmático y también juveniles las que proceden del magma mismo en proceso de cristalización. De origen vadoso son cuando aguas superficiales son infiltradas en una región recalentada por la presencia de una intrusión magmática aún caliente, por lo que se vaporizan y salen a la superficie como vapor y agua. De origen mixto son cuando vapores -

vapores juveniles atraviesan una capa freática, comunicándole su calor y vaporizándola en parte.

El contenido mineral de las emanaciones que se pueden depositar en parte bajo forma de incrustaciones puede dar indicios a este respecto.

Ahora bien, la importancia de determinar el origen de las emanaciones estriba en el hecho de que si son de origen magmático se asegura una mayor y más duradera producción.

Es también de importancia el conocer la composición de las incrustaciones para ver si no hay presencia de elementos corrosivos que pudieran atacar las instalaciones (tuberías, turbinas, etc.). Es necesario conocer, así mismo, las condiciones bajo las cuales se forman estas incrustaciones, pues en ciertos casos se podría, talvez, evitar su formación haciendo variar las condiciones

LA REGION.-

La región geotermal de Ahuachapán se encuentra en el extremo poniente de la República de El Salvador.

Geológicamente (DURR, 1960), la región está caracterizada por la presencia de un grabentectónico que atravieza el área en dirección WNW, acusando un ancho de unos 25 Km y un salto de 500 - 1000 m. En el borde S del graben se encuentra una zona volcánica, que parece estar limitada a las fallas tectónicas principales que limitan el graben hacia el S. El graben mismo cuenta con un encubrimiento de rocas piroclásticas, en gran parte redepositadas con un espesor entre 300 -500 m.

Los campos geotermales investigados en este trabajo se encuentran sobre las faldas - norteñas de la mencionada zona volcánica, oscilando su altura entre, aproximadamente, - 1180 - 750 m. sobre el nivel del mar.

Las manifestaciones geotermales de esta - región se encuentran en el área limitada hacia el N por la carretera que lleva de Atiquizaya a Ahuachapán y hacia el S por la Cadena Volcánica de Apaneca-Ataco.

Me limitaré a dar la explicación de los - lugares de donde proceden las muestras analizadas en el presente estudio y que son las siguientes:

- 1.- Los ausoles de EL PLAYON DE AHUACHAPAN ubicados en el cantón Santa Rosa Aca-calco (o Los Magueyes), en $13^{\circ}54,9'N$ y $89^{\circ}49,2' W$, a 750 m. de altura y a orillas del riachuelo Agua Caliente.
- 2.- Los ausores de AGUA SHUCA, en el cantón El Barro (o Barreal), en $13^{\circ}54,2' N$ y $89^{\circ}49,3' W$, a 845 - 870 m de altura, y a la par del mismo riachuelo que los anteriores, pero alrededor de 1.5 Km. río arriba.
- 3.- Ausoles de EL SAUCE y SAN JOSE, en el cantón Suntecumat y en $13^{\circ}54,2' N$ y $89^{\circ}48,3' W$ y a unos 1010 m. de altura
- 4.- Ausol SAN CARLOS, en el mismo cantón Suntecumat y en los terrenos de la finca del mismo nombre, en $13^{\circ}54,7' N$ y $89^{\circ}48' W$, a 1030 m. de altura.
- 5.- Ausol CERRO BLANCO, en $13^{\circ}53,9' N$ y a $89^{\circ}48' W$, en terrenos de la finca - Las Canarias, entre 1120-1185 m. de altura, en el mismo cantón Suntecumat

Todos estos campos geotermales cuentan con una descomposición bastante fuerte en la superficie. La roca adyacente se descompone por la influencia de los medios calientes, produciendo, por ejemplo, caolín y productos similares.

Perforaciones realizadas por el SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL comprobaron que también en el subsuelo existe una descomposición bastante adelantada. Fuera de tales descomposiciones se pueden observar la formación de nuevos minerales tanto en la superficie como en el subsuelo.

EL SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL comprobó que las incrustaciones formadas en el subsuelo están constituidas, sobre todo, por la calcita y cuarzo, mientras que, prácticamente no se observan la formación de sulfatos y cloruros.

CONTENIDO QUIMICO DE GASES, AGUAS Y VAPORES.-

En 1959 se hizo el primer estudio químico de las emanaciones en su parte líquida y en el mismo año se realizó también el estudio de la parte gaseosa. (VALIENTE, 1959; MONTERROSA, 1959).

A continuación expongo un cuadro comparativo del análisis promedio de las aguas provenientes de perforaciones y de manifestaciones naturales, tanto activas como apagadas (VALIENTE, 1959) :

	PERFORACIONES	MANIFESTACIONES	
		activas	apagadas
pH	6.7	3.2	6.3
SO ₄ "	112.0	433.1	9.1
Cl'	41.3 "	47.7	37.9
CO ₂ libre	87.9 "	1129.8	83.6
CO ₂ fijado	48.2	3.3	16.0
CO ₂ Agresivo	51.1 "	38.1	52.0
CaO	17.3 "	27.1	14.4
MgO	8.2 "	27.3	6.3
Na +	72.5 "	16.5	3.5
K +	14.1	7.3	3.4
R.Q.	830.0	1084.4	177.8
M.S.	1469.5	2355.4	100.5

Los resultados están dados en p.p.m.

R.Q. = Residuo Químico

M.S. = Material suspendido

Podemos notar las siguientes características:

- a) un pH menor corresponde a los ausoles activos, lo que está de acuerdo con su mayor contenido en sales, como ya veremos.
- b) los ausoles activos denotan un mayor contenido en SO₄" , CO₂ libre, R.Q. y M.S.
- c) un mayor contenido en Na⁺ y K⁺ corresponde a aguas provenientes de perforaciones, lo que se explica por el mayor poder disolvente con que éstas cuentan, debido, en gran parte, a su mayor temperatura.

El mayor contenido en SO₄" , CO₂ libre y R.Q. se explica por la influencia magnética de que gozan estas aguas, como ya lo demos -

tró VALIENTE (1959).

En el mismo año se hizo también un estudio acerca de la composición química de las emanaciones gaseosas y vaporíferas de las perforaciones realizadas en las áreas de AGUA SHUCA y EL PLAYON DE AHUACHAPAN. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

a) Análisis promedio de los gases:

CO2.....	50 %
SH2.....	35 %
O2	2 %
CO	0 %

b) Análisis promedio de los Vapores:

pH.....	4.7
SO4".....	25.7 ppm
Cl'	18.6 "
CO2 libre.....	93.3 "
CO2 fijado.....	3.5 "
CO2 agres.	80.0 "
CaO	0.046 "
MgO	0.201 "
NH3	6.44 "

Comparando datos obtenidos de condensados y aguas provenientes de las mismas perforaciones obtenidas en la misma fecha, se obtuvieron los siguientes resultados (MONTERROSA 1959) :

- a) las aguas provenientes de las perforaciones poseen un valor pH menor que el de los condensados, lo cual es debido al mayor contenido en SO4" y Cl' de las primeras.
- b) los valores más altos de CO2 libre y agresivo corresponden a los condensados.

c) ...

- c) valores más altos de Co_2 fijado corresponden, en cambio, a las aguas.
- d) el contenido en CaO y MgO es mayor en las aguas.

El menor contenido en sales de los condensados se explica por el hecho de que son destilados, y por lo tanto su contenido en sales fijas será menor.

PROVENIENCIA DE LAS MUESTRAS.-

Todas las muestras examinadas en este estudio fueron tomadas por el SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL en la superficie de los diferentes campos geotermales. Solamente se tomaron muestras de las incrustaciones más frecuentes y más típicas para los distintos campos.

En el SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL se guardan duplicados de las muestras examinadas para facilitar su reconocimiento en el campo.

Es natural que las muestras examinadas solamente podrán dar una idea acerca de las incrustaciones existentes en los diferentes campos geotermales, y, probablemente, no abarcan todos los minerales que se forman ahí por la influencia de los medios térmicos.

DESCRIPCION DE LOS METODOS EMPLEADOS EN EL PRESENTE ESTUDIO.

Para realizar un análisis se necesitaron, más o menos, 20 gr. de muestra.

Los métodos empleados en los análisis fueron los siguientes.

Determinación del pH.- Para la determinación del pH se usó el potenciómetro de Bek-

man, procediendo de la siguiente manera:
se pesan 2 gr. de muestra los cuales se des-
líen en 10 ml. de agua destilada, dejándose
en maceración durante 24 horas, después de
lo cual se filtra y en el filtrado se deter-
mina el pH haciendo las correcciones neces-
rias para el pH del agua.

Para hacer las determinaciones que a con-
tinuación se describen se preparó primeramen-
te una solución al 1 % en agua acidulada con
HCl salvo para la determinación de cloruros,
en cuyo caso se empleó agua destilada sola-
mente.

Determinación de Cloruros.-

Reactivos:

Sol. 1/10 N de ~~NO~~ de NO_3Ag

Sol. al 10 % de K_2CrO_4

Técnica : Tomar 100 ml. de la solución de la
muestra en agua destilada; agregar
.5 ml. del indicador de K_2CrO_4 y va-
lorar con la solución 1/10 N de -
 NO_3Ag hasta que aparezca una colo-
ración rojiza permanente, llevar a
la par un patrón con agua destilada

Cálculo:

1 ml. de sol. 1/10 N de NO_3Ag -
3.5457 pgms. de Cl'

Determinación de Sulfatos.-

Reactivos:

Sol. de Cl_2Ba al 10 %

Sol. de HCl - 2 N.

Técnica: Filtrar 200 ml. de la solución de
la muestra perfectamente agitada.

Ajustar el pH a 3 con la solución de HCl; evaporar a temperatura suave hasta tener, más o menos, la mitad. Agregar la solución de Cl_2Ba gota a gota y agitando, estando la muestra caliente, hasta precipitación total de los sulfatos. Agitar bien y dejar en reposo unos 2-3 minutos a temperatura suave. Para favorecer el crecimiento de los cristales dejar en reposo 2 horas, luego filtrar por papel especial para sulfatos (Wattman #42), lavar el precipitado con agua caliente ligeramente acidulada con HCl, calcinar a 750°C , enfriar y pesar. También puede hacerse la filtración a través de un crisol de Gooch previamente calcinado y tarado. Luego se calcina, se enfría y se pesa. La diferencia de peso será el peso del precipitado formado.

Cálculo:

$$\text{mg. SO}_4\text{Ba} \times 5 \times 0.4115 = \text{SO}_4 \text{ "p.p.m.}$$

Valoración Total de Carbonatos y Bicarbonatos.

Reactivos:

Sol. 1/10 N de HCl

Sol. indicadora de anaranjado de metilo.

Técnica: Tomar 100 ml. de la sol. de la muestra, agregar 2 gts. del indicador y valorar con la sol. de HCl hasta el cambio de color del amarillo al rosa naranja.

MA+ dureza carbonática total.

Cálculo:

1 ml. de sol. 1/10 N de HCl-2.8°D Ale
manes.

Determinación de CO2 libre.-

Reactivos:

Sol. 1/10 N de NaOH

Sol. indicadora de fenolftaleína

Técnica: Colocar 100 ml. de la sol. de la muestra en una probeta con tapón esmerilado evitando movimientos bruscos para no mezclar el CO2. Agregar 2-3 gotas de fenolftaleína como indicador y valorar con la solución 1/10 N de NaOH hasta que aparezca color rojo persistente.

Cálculo: 1 ml. de sol. 1/10 N NaOH = 44 mg.
CO2 libre.

Determinación del CO2 Fijado.-

$m \times 22 = \text{CO}_2 \text{ fijado}$

Determinación del CO2 Agresivo.-

CO2 libre + CO2 fijado = S valor que corresponde a G en la tabla Kut- OLSZENWSKI:

$G - \text{CO}_2 \text{ fijado} = \text{CO}_2 \text{ agresivo}$

Valoración de la mitad de los Carbonatos.-

Reactivos:

Sol. 1/10 N de HCl

Sol. indicadora de fenolftaleína.

Técnica: Tomar 100 ml. de la sol. de la muestra; agregar 2-3 gts. de sol.

indicadora de fenolftaleína y valorar con la sol. de HCl hasta decoloración completa.

PA * dureza carbonática.

Cálculo:

1 ml. HCl 1/10 N * 2.8° D alemanes.

Determinación del Oxido de Calcio.-

Reactivos:

Sol. 1/10 M de Tritriplex (sal disódica del ác. etilendiamino tetracético)

Sol. concentrada de NaOH

Murexida como indicador.

Técnica :Tomar 100 ml. de la sol. de la muestra, ajustar el pH con la sol. concentrada de NaOH al valor de 12 agregar .5 gr. murexida como indicador (o bién, 10 gts. de una sol. saturada que dura solamente 3 hrs.) tomando la muestra color rojo. Titular con la sol. de Tritriplex gota a gota hasta obtener una coloración violeta..

Cálculo:

1 ml. Tritriplex * 5.6084 mg.CaO

Determinación del Oxido de Magnesio.-

Reactivos:

Sol 1/10 M de Tritriplex

Sol. Buffer de NH₃ y ClNH₄ (que se prepara: 350 ml. NH₃ al 25 %

54 gr. de ClNH₄

H₂O c.s.p. 1000 ml.)

Sol. Alcohólica de negro de Eriocromo T al 2 %.

Técnica: Tomar 100 ml. de la muestra, agregar sol. buffer para ajustar el pH a 12; calentar a 40° C, más o menos, agregar 10 gts. de indicador de eriocromo T y valorar en caliente con la sol. de Tritriplex hasta que el color violeta pase a azul celeste.

Cálculo: restar los ml. de tritriplex gastados en la determinación del CaO.
1 ml. Tritriplex = 4.032 mg. de MgO.

Determinación del Azufre.-

Reactivos:

Sulfuro de Carbono

Técnica: Pesar de 5-20 gr. de muestra finamente pulverizada en un dedal de extracción tarado y se extrae con sulfuro de carbono. La extracción debe ser regulada de modo que una llena de la cámara tome, aproximadamente, 5 minutos. Es importante que la extracción sea parada tan pronto como la pérdida en peso del dedal y su contenido se vuelva constante, debido a que una extracción continuada mente larga arrastrará algo de S amorfo en solución.

Un aparato de extracción tipo Soxhlet es mejor que otros tipos donde el dedal no está sumergido en el líquido dando resultados errados a veces, a causa de la tendencia del sulfuro de C a arrastrar S en solución a la parte de arriba del dedal y allí depositar una costra dura de

de S.rómbico.

Cuando la extracción ha sido completa, el dedal y su contenido se liberán de S_2C por exposición a una rápida corriente de aire seco y entonces se seca por 30 minutos en un horno por el cual circula aire.

Determinación cualitativa para el Hierro.-

- A) tomar 3 ml. de la sol., agregar 5 ml. de HCl dil. y 2 ml. de sol. de rodanato de potasio al 50 %. En presencia de Fe se desarrolla una coloración roja.
- b) tomar 2 ml. de la muestra; agregar 1/4 de ml. de HCl dil.; luego se agregan gotas de ferrocianuro de potasio solución reactivo, en presencia de Fe se desarrolla una coloración azul.

Determinación Cualitativa para Nitratos.-

- (NO₃') Tomar 2 ml. de la sol. de la muestra; agregar despacio 5 ml. de $SO_4 H_2$ conc. esperar que se enfríe y agregar 5 mg. de brucina; mezclar. En presencia de nitratos se desarrolla una coloración roja.

Determinación Cualitativa para Nitritos.

- (NO₂') Se determinan de igual manera que los nitratos, dando en caso positivo una coloración rosada.

Determinación Cualitativa para Sodio.-

Tomar 2 ml. de la sol. de la muestra
Neutralizar con una sol. al 3% de
 NH_4OH y agregar gotas de una solu-
ción de piroantimoniato de potasio
dando un precipitado denso, blanco
cristalino, que se forma poco a po-
co, acelerándose la formación por -
frotación de las paredes del tubo -
con una varilla de vidrio.

También puede caracterizarse el Na-
por la coloración amarilla que co-
munica a la llama.

Determinación Cualitativa para el Potasio.

Reactivo:

cobaltinitrito de sodio $\text{Co}(\text{NO}_2)_6$

Na_3 en sol. preparada según técni-
ca especial (BIILMANN).

Se toman 2 ml. de la muestra, se -
calienta suavemente antes de proce-
der al ensayo para eliminar las sa-
les de amonio, si es que las hay, -
por que éstas dan un precipitado a-
nálogo.

Para verificar la reacción del K -
la muestra debe tener reacción neu-
tra o débilmente ácida. Se le agre-
gan gotas de reactivo y si la exis-
tencia del K es positiva, da un -
precipitado de cobaltinitrito de -
potasio cristalino.

Determinación Cualitativa para el Aluminio.

A unos 2 ml. de la sol. de la muestra se neutralizan y se les agregan gotas de una sol. alcohólica de morina. Produce una fluorescencia verde en caso positivo. Esta reacción goza de gran sensibilidad dando resultados aún con sólo vestigios de Al.

Determinación Cualitativa para los Fosfatos.

A 2 ml. de la sol. problema se le agregan gotas de NO_3H en sol. dil.; conseguida se le agrega exceso de sol. de molibdato de amonio, sol. reactivo, al calentarse produce un precipitado amarillo canario de óxido fosfomolibdico.

Determinación de la Humedad.-

Para la determinación de la humedad se parte de una cantidad previamente pesada (1 gr.), la cual se lleva a un horno a 100°C , más o menos, durante una hora; se deseca y se pesa anotando su peso. Se repite esta operación hasta que dos pesadas consecutivas sean iguales, lo que indica que ya toda el agua ha sido eliminada.

La diferencia de peso al principio y al final de la operación representa la cantidad de agua contenida en la muestra.

RESULTADO DE LOS
ANALISIS.-

Los resultados de los análisis se comunican en los cuadros siguientes en porcentajes, dando, además, un cuadro comparativo de todos los análisis para facilitar comparaciones. Las muestras se designan con el nombre del lugar de donde proceden; si varias proceden; si varias proceden de un mismo sitio, se distinguen por números arábigos a la par del nombre correspondiente.

S A N C A R L O S 1

Caracteres Físicos:

Color : blanco
Sabor : ácido estíptico
Olor : no característico
Estructura : terrosa.
Reacción : ácida.
pH : 3.1
Solubilidad : H₂O acidulada con HCl en caliente 93.64
H₂O dest.caliente: 88.64 %
HCl conc. frío y caliente: bastante soluble.
NO₃H conc.frío y caliente: bastante soluble.
Agua regia fría y caliente: bastante soluble.

Caracteres Químicos:

Porción soluble	_____	93.64 %
SO ₄ "	_____	45.5 %
Cl'	_____	.9 "
CaO	_____	.57"
MgO	_____	0.0 "
CO ₂	_____	.03"
Otros (Na,K,Fe,Al,etc)	_____	53.00
Azufre.....	_____	.30 %
Humedad	_____	5.04 "
Otros (Silicatos)	_____	1.02 "

S A N C A R L O S # 2

Caracteres físicos:

Color : blanco
Sabor : terroso
Olor : no característico
Estructura : granulosa
Reacción : ligeramente alcalina
pH : 7.9
Solubilidad : H2O acid. caliente : 5.08 %
H2O dest. caliente : 4.8 "
HCl conc. frío y cal.: poco soluble.
NO3H conc. frío y cal.: poco soluble.
Agua regia fría y caliente poco soluble.

Caracteres Químicos:

Porción disuelta	_____	5.08%
SO4"	_____ 12.9 %	
Cl'	_____ 1.3 "	
CO2	_____ 0.0013"	
CaO	_____ 6.75 "	
MgO	_____ 0.0 "	
Otros (Na,K,Fe,Al, etc.)	_____ 79.0487 "	
Azufre	_____	3.8 %
Humedad	_____	
Otros (silicatos)	_____	90.32"

S A N C A R L O S # 3

Caracteres Fisicos:

Color : blanco
Sabor : terroso
Olor : no característico
Estructura : granulosa
Reacción : ácida
pH : 3.5
Solubilidad : H2O acidulada con HCl en cal.:
6.03 %
H2O dest. en caliente: 1.79 %
HCl conc. frío y caliente: po-
co soluble.
NO3H conc, frío y caliente: -
bastante soluble.
SO4H2 conc. frío y caliente :
bastante soluble.
agua regia fría y caliente.
bastante soluble.

Caracteres Quimicos:

Porción soluble	_____	6.03 %
SO4"	_____ 30.7 %	
Cl'	_____ 9.7 "	
CO2	_____ 0.0011 "	
CaO	_____ 4.2 "	
MgO	_____ 1.5 "	
Otros (Na, K, Fe, Al, etc.)	_____ -53.8989 "	
Azufre	_____	0.00%
Humedad	_____	0.8 "
Otros (silicatos).	_____	93.17"

S A N C A R L O S 4

Caracteres Físicos:

Color : café
sabor : ácido estíptico
Olor : inodoro
Estructura : terrosa
Reacción : ligeramente ácida
pH : 6.1
Solubilidad : H₂O acid. con HCl en caliente:
11.9 %.
H₂O dest. caliente: 0.79 %
HCl conc. caliente y frío :
poco soluble.
SO₄H₂ conc. frío y caliente:
bastante soluble.
NO₃H conc. frío y caliente :
poco soluble.
Agua regia fría y caliente:
bastante soluble.

Caracteres Químicos :

Porción soluble	_____	11.9%
SO ₄ "	_____	25.0 %
Cl'	_____	23.0 "
CO ₂	_____	0.0008"
CaO	_____	2.43 "
MgO	_____	0.00 "
Otros (Na, K, Fe, Al, etc.)	_____	49.5692"
Azufre	_____	0.0 %
Humedad	_____	0.5 "
Otros (silicatos)	_____	87.6 "

C E R R O B L A N C O 1

Caracteres Físicos:

Color : blanco
Sabor : ácido estíptico
Olor : no característico
Estructura : polvo cristalino
reacción : ácida
pH : 3.6
Solubilidad : H2O acid. con HCl en caliente:
90.09 %.
H2O dest. caliente 85 %
HCl conc. frío y caliente; bas-
tante soluble.
SO4H2 conc. frío y caliente:
poco soluble.
NO3H conc. frío y caliente:
bastante soluble.
Agua regia fría y caliente:
bastante soluble.

Caracteres Químicos:

Porción soluble	_____	90.09 %
SO4"	_____	47.4 %
Cl'	_____	3.1 "
CO2	_____	0.0013"
CaO	_____	0.3 "
MgO	_____	0.61 "
Otros (Na,K,Fe,Al, etc.)	_____	48.5887"
Azufre	_____	0.0 %
Humedad	_____	8.45"±
Otros (silicatos)	_____	1.46"

C E R R O B L A N C O # 2

Caracteres Físicos:

Color : amarillo
sabor : no característico
Olor : no característico
Estructura : granulosa
Reacción : ligeramente alcalina
pH : 7.7
Solubilidad : H₂O acidulada con HCl en caliente : 2.1 %
H₂O dest. caliente: 1.2 %
HCl conc. frío y caliente :
poco soluble.
NO₃H conc. frío y caliente:
poco soluble.
SO₄H₂ conc. frío y caliente :
poco soluble.
Agua regia fría y caliente :
poco soluble.

Caracteres Químicos:

Porción soluble	_____	2.1 %
SO ₄ "	_____ 13.2	%
Cl'	_____ 15.0	"
CO ₂	_____ 0.0564"	
CaO	_____ 23.0	"
MgO	_____ 0.0	"
Otros (na, K, Fe, Al, etc.)	_____ 48.7436"	
Azufre	_____	95.9 %
Humedad	_____	.15"
Otros (silicatos)	_____	1.85"



C E R R O B L A N C O # 3

Caracteres Físicos:

Color : blanco
Sabor : astringente
Olor : no característico
Estructura : terrosa
Reacción : ácida
pH : 3.6
Solubilidad : H2O acidulada con HCl en caliente : 84.4 %
H2O dest. caliente : 81.5 %
HCl conc. frío y caliente : poco soluble.
NO3H conc. frío y caliente : poco soluble.
SO4H2 conc. frío y caliente : poco soluble.
Agua regia fría y caliente : poco soluble.

Caracteres Químicos :

Porción soluble	_____	84.4 %
SO4"	_____ 34.2	%
Cl'	_____ 1.5	"
CO2	_____ 0.0515	"
CaO	_____ 0.3	"
MgO	_____ 0.62	"
Otros (Na, K, Fe, Al, etc.)	_____ 63.3285	"
Azufre	_____	4.12 %
Humedad	_____	9.9 "
Otros	_____	1.58 "

E L S A U C E # 1

Caracteres Físicos :

Color : blanco
Sabor : metálico
Olor : no característico
Estructura : terrosa
Reacción : ácida
pH : 3.1
Solubilidad : H2O acidulada con HCl en ca-
liente : 87.86 %
H2O dest. caliente : 82.7 %
HCl conc. frío y caliente :
bastante soluble.
NO3H conc. frío y caliente:
poco soluble.
SO4H2 conc. frío y caliente :
poco soluble.
Agua regia fría y caliente :
bastante soluble.

Caracteres Químicos :

Porción soluble	_____	87.86 %
SO4"	_____	46.5 %
Cl'	_____	1.2 "
CO2	_____	0.0487"
CaO	_____	2.9 "
MgO	_____	0.0 "
Otros (Na, K, Fe, Al, etc.)	_____	49.3513"
Azufre	_____	.53 %
Humedad	_____	8.58 "
Otros (Silicatos)	_____	3.03 "

EL SAUCE - 2

Caracteres Físicos:

Color : rojo ladrillo
Sabor : no característico
Olor : no característico
Estructura : Terrosa
Reacción : ligeramente ácida
pH : 6.7
Solubilidad : H2O acidulada con Hcl en caliente : 12.7 %
H2O dest. caliente : 2.57 %
HCl conc. frío y caliente : poco soluble.
NO3H conc. frío y caliente : poco soluble.
SO4H2 conc, frío y caliente : bastante soluble.
Agua regia fría y caliente : bastante soluble.

Caracteres Químicos:

Porción soluble	_____	12.7 %
SO4"	_____	4.5 %
Cl'	_____	6.9 "
CO2	_____	0.0011 "
CaO	_____	4.0 "
MgO	_____	0.0 "
Otros (Na,K,Fe,Al, etc.)	_____	84.5989 "
Azufre	_____	.2 %
Humedad	_____	1.25"
Otros (silicatos)	_____	85.85"

S A N J O S E

Caracteres Fisicos :

Color : blanco grisáceo
Sabor : no característico
Olor : no característico
Estructura : granulosa
Reacción : ligeramente ácida
pH : 6.8
Solubilidad : H2O acidulada con HCl en caliente : 3.0 %
H2O dest. caliente : 12.4 %
HCl conc. frío y caliente : poco soluble.
NO3H conc. frío y caliente : poco soluble.
SO4H2 conc. frío y caliente : poco soluble.
Agua regia fría y caliente : bastante soluble.

Caracteres Químicos :

Porción soluble :	_____	3.0 %
SO4"	_____ 13.5	%
Cl'	_____ 1.4	"
CO2	_____ 0.0014	"
CaO	_____ 9.0	"
MgO	_____ 0.0	"
Otros (Na,K,Fe,Al,etc.)	_____ 76.0986	"
Azufre	_____	0.03 %
Humedad	_____	0.47 "
Otros (silicatos)	_____	96.50 "

P E R F O R A C I O N - P A 1

Caracteres Físicos:

Color : blanco
Sabor : no característico
Olor : no característico
Estructura : terrosa
Reacción : alcalina
pH : 10
Solubilidad : H2O acidulada con HCl en caliente : 61.62 %.
H2O dest. caliente : 14.10 %
HCl conc. frío y caliente : bastante soluble.
NO3H conc. frío y caliente - poco soluble.
SO4H2 conc. frío y caliente : poco soluble.
Agua regia fría y caliente : bastante soluble.

Caracteres Químicos:

Porción soluble	_____	61.62%
SO4	_____ 9.9	%
Cl'	_____ 2.52	"
CO2	_____ 0.0006	"
CaO	_____ 2.5	"
MgO	_____ 0.56	"
Otros (Na, K, Fe, Al, etc.)	_____ 84.5194	"
Azufre	_____	0.00
Humedad	_____	0.3
Otros (silicatos)	_____	38.08

PLAYON DE AHUACHAPAN 1

Caracteres Físicos:

Color : amarillo
Sabor : estípico
Olor : no característico
Estructura : granulosa
Reacción : ácida
pH : 2.8
Solubilidad : H₂O acidulada con HCl caliente : 87.21 %
H₂O dest. caliente : 76.78 %
HCl conc. frío y caliente : bastante soluble.
NO₃H conc. frío y caliente : poco soluble.
SO₄H₂ conc. frío y caliente : poco soluble.
Agua regia fría y caliente : bastante soluble.

Caracteres Químicos :

Porción Soluble _____	87.21 %
SO ₄ " _____	51.5 %
Cl' _____	1.1 "
CO ₂ _____	0.0584 "
CaO _____	3.0 "
MgO _____	0.21 "
Otros (Na, K, Fe, Al, etc. _____)	44.1316 "
Azufre _____	6.20 %
Humedad _____	6.03 "
Otros (silicatos) _____	0.56 "

PLAYON DE AHUACHAPAN # 2

Caracteres Físicos:

Color : amarillo
Sabor : estíptico
Olor : no característico
Estructura : escamosa
Reacción : ácida
pH : 3.4
Solubilidad : H₂O acidulada con HCl en caliente : 88.09 %
H₂O dest. caliente : 77.8 %
HCl conc. frío y caliente : bastante soluble.
NO₃H conc. frío y caliente : bastante soluble.
SO₄H₂ conc. frío y caliente: bastante soluble.
Agua regia fría y caliente : bastante soluble.

Caracteres Químicos :

Porción soluble	_____	88.09 %
SO ₄ "	_____ 47.3 %	
Cl'	_____ 0.9 "	
CO ₂	_____ 0.0446 "	
CaO	_____ 6.04 "	
MgO	_____ 5.2 "	
Otros (Na, K, Fe, Al, etc.)	_____ 40.5154 "	
Azufre	_____	1.0 %
Humedad	_____	4.77 "
Otros (Silicatos)	_____	6.14 "

PLAYON DE AHUACHAPAN # 3

Caracteres Físicos :

Color : blanco
Saber : metálico
Olor : no característico
Estructura : fibrosa
Reacción : ácida
pH : 3.7
Solubilidad : H2O acidulada con HCl en caliente : 83.3 %
H2O dest. caliente : 80.97 %
HCl conc. frío y caliente : bastante soluble.
NO3H conc. frío y caliente : bastante soluble.
SO4H2 conc. frío y caliente : poco soluble.
Agua regia fría y caliente : bastante soluble.

Caracteres Químicos:

Porción soluble: _____ 83.3 %
SO4" _____ 30.1 %
Cl' _____ 2.7 "
CO2 _____ 0.0557"
CaO _____ 14.0 "
MgO _____ 2.1 "
Otros (Na,K,Fe,Al,etc.) _____ 51.0443"

Azufre _____ 6.3 %
Humedad _____ 10.1 "
Otros (Silicatos) _____ 0.3 "

PLAYON DE AHUACHAPAN # 4

Caracteres Físicos :

Color : rojo ladrillo
Sabor : no característico
Olor : no característico
Estructura : laminar
pH : 7.2
Solubilidad : H2O acudulada con HCl en caliente : 22.63 %
H2O dest. caliente : .49 %
HCl conc. frío y caliente : poco soluble.
NO3H conc. frío y caliente : poco soluble.
SO4H2 conc. frío y caliente : poco soluble.
Agua regia fría y caliente : poco soluble.

Caracteres Químicos :

Porción soluble.	_____	22.63%
SO4"	_____ 6.1	%
Cl'	_____ 44.1	"
CO2	_____ 0.0046	"
CaO	_____ 12.2	"
MgO	_____ 0.0	"
Otros (Na,K,Fe,Al, etc.)	_____ 37.5954	"
Azufre	_____	0.0 %
Humedad	_____	0.86"
Otros (Silicatos)	_____	76.51"

A G U A S H U C A

Caracteres Físicos:

Color : blanco amarillento
Sabor : estíptico
Olor : no característico
Estructura : granulosa
Reacción : ácida
pH : 2.8
Solubilidad : H₂O acidulada con HCl caliente : 82.59 %
H₂O dest. caliente : 72.85 %
HCl conc. frío y caliente : bastante soluble.
NO₃H conc. frío y caliente : bastante soluble.
SO₄H₂ conc. frío y caliente : poco soluble.
Agua regia fría y caliente : bastante soluble.

Caracteres Químicos :

Porción Soluble	_____	82.59 %
SO ₄ "	_____ 50.5	%
Cl'	_____ 17.9	"
CO ₂	_____ 0.0584	"
CaO	_____ 0.0584	"
CaO	_____ 2.3	"
MgO	_____ 5.3	"
Otros (Na, K, Fe, Al, etc.)	_____ 23.9416	"
Azufre	_____ 6.1	%
Humedad	_____ 8.0	"
Otros (Silicatos)	_____ 3.31	"

CUADRO COMPARATIVO DE LOS ANALISIS DE LAS INCRUSTACIONES, REALIZADOS EN EL AREA GEOTERMAL DE AHUACHAPAN
(Los resultados son dados en p.p.m.)

Lugares	pH	SO ₄ ^u x10 ⁴	Cl ⁻ x10 ⁴	CO ₂	CaO x 10 ⁴	MgOx10 ⁴	S x 10 ⁴	Fe ⁺	Al	Na	K	NO ₂	NO ₃	PO ₄	Humed %
S.Carlos #1	3.1	45.5	0.9	0.03	0.57	0.00	0.3	+	+	+	+	-	-	-	5.04
S.Carlos #2	7.9	12.9	1.3	0.0013	6.75	0.00	3.8	+	+	+	+	-	-	-	0.8
S.Carlos #3	3.8	30.7	9.7	0.0011	4.2	1.5	0.0	+	T	+	+	-	-	-	0.8
S.Carlos #4	6.1	25.0	23.0	0.0008	2.43	0.00	0.0	+	-	T	+	-	-	-	0.5
C.Blanco #1	3.6	47.4	3.1	0.0013	0.3	0.61	0.0	+	+	+	+	-	-	-	8.45
C.Blanco #2	7.7	13.2	15.0	0.0564	23.0	0.00	95.9	+	T	+	+	-	-	-	0.15
C.Blanco #3	3.6	34.2	1.5	0.0515	0.3	0.62	4.12	+	+	+	+	-	-	-	9.9
El Sauce #1	3.1	46.5	1.2	0.0487	2.9	0.00	0.53	+	+	T	-	-	-	-	8.58
El Sauce #2	6.7	4.5	6.9	0.0011	4.0	0.00	0.2	+	T	T	T	-	-	-	1.25

C ontinuación

Lugares	pH	SO ₄ "x10 ⁴	Cl ⁻ x10 ⁴	CO ₂	CaOx10 ⁴	MgOx10 ⁴	Sx10 ⁴	Fe	Al	Na	K	NO ₂	NO ₃	P04	Humedad %
San Jose	6.8	13.5	1.4	0.0014	9.0	0.00	0.03	+	T	+	+	-	-	-	0.47
PA # 1	10.0	9.9	2.52	0.0006	2.5	0.56	0.00	+	T	+	+	-	-	-	0.3
Playón de Ahuachapán#1	2.8	51.5	1.1	0.0584	3.0	0.21	6.2	+	+	+	T	-	-	-	6.03
Playón de Ahuachapán#2	3.4	47.3	0.9	0.0446	6.04	5.2	1.0	+	+	+	T	-	-	-	4.77
Playón de Ahuachapán#3	3.7	30.1	2.7	0.0557	14.0	2.1	6.3	+	+	+	T	-	-	-	10.1
Playón de Ahuachapán#4	7.2	6.1	44.1	0.0046	12.2	0.00	0.00	+	T	+	T	-	-	-	0.86
AGUA SHUCA	2.5	50.9	17.9	0.0584	2.3	5.3	6.1	+	T	+	+	-	-	-	8.0

COMO SE FORMAN TALES
INCRUSTACIONES.-

A) Origen de los componentes químicos.-

El material de que están constituidas las incrustaciones puede tener los siguientes orígenes:

- a) origen magnético
- b) rocas parcialmente disueltas
- c) origen mixto

a) Origen Magnético: el magma se considera como una masa de materiales en fusión situada en el interior de la tierra, a partir de la cual cristalizan las rocas ígneas.

Más estrictamente hablando se puede decir que los magmas son soluciones mutuas a alta temperatura, de silicatos, sílice, óxidos metálicos, etc., todos en estado supercrítico y sustancias gaseosas y volátiles disueltas (H₂O, CO, CO₂, S, Cl, F, B,). La composición de un magma varía desde el extremo silíceo hasta el extremo básico.

Estando sometido a una enorme presión y a elevada temperatura, el magma se conserva fluido sin que sus constituyentes cristalicen, pero sucede que, como todo fluido a presión, el magma tiende a desplazarse a sitios de menor presión, lo cual hace a través de fallas y grietas existentes en el interior de la corteza terrestre, ayudado, en gran parte, por la presión de los gases que contiene en su interior. Al llegar a regiones de menor presión, los gases son expulsados espontánea o explosivamente, la temperatura decrece y los minerales empiezan a cristalizar.

Durante la cristalización de un magma se suelen distinguir tres estadios:

- a) estadio inicial
- b) estadio principal
- c) estadio final

Durante el estadio inicial los primeros elementos que cristalizan con el Mg y el Fe bajo la forma de Olivino. El Ca, Al y Si se pueden separar bajo la forma de plagioclasa cálcica.

Luego se separan los sulfuros fundidos que producen por cristalización principalmente: pirrotina $\text{FeS-Fe}_5\text{S}_6$ y pentlandita, $(\text{Fe, Co, Ni})_9\text{S}_8$. También se separa en este estadio ciertos óxidos, como la ilmenita (Fe, Ti, O_3) , la magnetita (Fe_3O_4) y la cromita FeCr_2O_4 . Durante este estadio muy pocos componentes volátiles se separan, concentrándose, en su mayor parte, en las masas fundidas y en las soluciones residuales.

En el segundo estadio cristalizan la mayor parte de los silicatos; el contenido en Ca alcanza su máximo durante las fases iniciales, disminuyendo hacia el final, en tanto que el Al se concentra algo en las primeras rocas que cristalizan en el estadio principal, aumentando al final de este período. El contenido en Si es máximo en las últimas fases de este período. Pertenecen a este período, por ejemplo, dioritas y granitos.

El estadio final de la cristalización se caracteriza porque un descenso insignificante de la temperatura es suficiente para que la cristalización se produzca, lo que es debido a su riqueza en agentes mineralizadores. Esta velocidad de cristalización da por resultado que agua y sustancias volátiles se concentren en el magma residual resultando,

critica y una masa fundida.

Al final del último estadio de la cristalización queda una solución supercritica cuyos componentes cristalizan a una temperatura superior a la crítica del vapor de agua (374°C) es el estadio neumatolítico. Luego viene el período hidrotermal, durante el cual los líquidos cristalizan a una temperatura inferior a la crítica del agua. La velocidad de cristalización disminuye en este último período y gran parte de los componentes volátiles se paran en la proximidad de la superficie terrestre bajo la forma de emanaciones volcánicas cuando su tensión sobrepasa la presión externa. Entre estos elementos se encuentran HCl , SH_2 , CO_2 , CO , HF , etc., constituyendo éstos un 5 % de las emanaciones, siendo el 95 % restante agua.

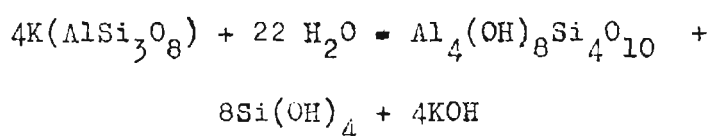
Durante el período neumatolítico y el hidrotermal se concentra el S en gran escala.

B) Rocas parcialmente disueltas: aguas superficiales infiltradas en regiones de gradiente geotermal elevado, se calentarán y al ascender hacia la superficie nuevamente irán atacando las rocas que encuentren en su camino incorporándose sus componentes, ya fijos, ya volátiles (CO_2 de las carbonáticas, SH_2 de las sulfurosas, etc.), así como también sufrirán pérdidas de algunos de sus componentes, principalmente por precipitación.

Estas aguas gozarán de mayor poder disolvente debido a su mayor temperatura y a su contenido en otros elementos que se hayan incorporado.

Hay que tomar en cuenta que en dichas regiones termales, por razón del calor ahí

existente, las rocas se encuentran alteradas siendo por esta razón más fácilmente erosionables. Considerando que los feldspatos son los minerales más solubles que se encuentran en mayor proporción en las rocas, serán principalmente atacados. La siguiente reacción nos da una explicación típica de este hecho.



Es decir, que por influencia del agua sobre la ortoclasa se forma kaolinita, hidróxido de potasio ó hidróxido silícico.

Siendo el KOH completamente soluble en el agua, es lógico que el contenido en K aumente (1957).

VALIENTE encontró los siguientes promedios analizando aguas subterráneas normales y aguas termales:

	Agua termal	Agua subterránea normal.
PH	4.9	6.6
SO4"	272.5 ppm	15.0 ppm
Cl'	44.5 "	52.5 "
CO2 libre	608.8 "	127.4 "
CO2 fij.	25.7 "	45.9 "
CO2 agre.	44.6 "	28.1 "
CaO	22.2 "	25.9 "
MgO	17.7 "	16.5 "
Na ⁺	44.5 "	17.6 "
K ⁺	10.9 "	6.2 "
R.Q.	957.2 "	284.7 "

Según este cuadro se pueden apreciar diferencias considerables en el contenido químico de los citados tipos de aguas, lo que se demuestra, sobre todo, en el contenido de sulfatos, CO₂ libre y residuo químico.

c) Origen mixto: los gases y vapores eliminados en la consolidación del magma, en su camino hacia la superficie atacan las rocas que encuentran en su trayecto. Dichos gases y vapores gozan de gran poder disolvente por su elevada temperatura y también por su elevado contenido químico. Al atacar las rocas precipitan algunos de sus componentes y se incorporan otros volátiles. De donde se deduce que se formará una mezcla de gases y vapores magmáticos y productos procedentes de la descomposición de las rocas.

b) Formación de las incrustaciones.- Los fluidos magmáticos eliminados en la consolidación de rocas intrusivas al salir a la superficie, por efectos del cambio de presión y temperatura precipitan algunos de sus componentes, los cuales se depositarán formando incrustaciones que quedarán expuestas a sufrir los efectos posteriores de la meteorización. Así, por acción del O del aire se oxidarán algunos de sus componentes, y en presencia del agua experimentarán hidrataciones. Los sulfuros son así oxidados a sulfatos, recordando que también pueden originarse éstos por descomposición de minerales que contienen grupos SO₄" ; mientras algunos de los sulfatos formados permanecen en solución otros precipitan formando yeso, barietina y anglesita, que son los menos solubles.

La transformación de la hematita, que es un óxido de hierro, en limonita, que es un hidróxido, es un ejemplo de las hidrataciones que pueden verificarse.

El SH_2 al salir a la superficie puede ser oxidado a sulfúrico y filtrarse luego hacia abajo para mezclarse con las soluciones ascendentes reaccionando con ellas o también con las rocas; la acidificación de una solución de sulfuro alcalino por SO_4H_2 precipita sulfuros de metales pesados.

En su ascensión los fluidos magmáticos pueden mezclarse con aguas superficiales y subterráneas y también con otras soluciones magmáticas, pudiendo producirse precipitación de algunos de sus elementos ya sea por reducción o por mezclarse dos líquidos que contengan unión común.

Puede, así mismo, verificarse la precipitación de algunos metales originalmente bajo forma de complejos, al mezclarse una solución mineral concentrada con aguas superficiales que la diluyen.

Un cambio en el pH puede también determinar precipitaciones; tal cambio puede ser originado por mezclas con aguas superficiales o subterráneas, por la adición de ciertos cuerpos provenientes del ataque a las rocas vecinas o también por la presencia de bacterias acidificantes.

Bacterias existentes en el suelo pueden, así mismo, intervenir en la formación de incrustaciones, sea apoderándose del O que necesitan para sus procesos vitales, sea liberando H ó CO_2 , bien produciendo precipitación de algunos metales, como el Mn, Fe, Au, Ag, etc. Algunas bacterias anaerobias -

precipitan S y sulfuros. Otras actúan descomponiendo las rocas y liberando Al de los silicatos aluminicos hidratados. Otras formas de vida, como las algas, precipitan travertino y silice.

No hay que olvidar también que pueden haber reacciones de los gases entre sí, o de ellos con los vapores, con los líquidos o con los sólidos. En ciertas regiones fumarólicas se han encontrado depósitos de minerales que fueron llevados a la superficie al estado de vapor, siendo depositados posteriormente por reacciones entre diferentes gases y vapores, pues se ha comprobado que en tales regiones en ninguna época hubo actividad de soluciones líquidas.

Como ejemplo de una reacción entre gases tenemos la precipitación de S a partir de la mezcla de SO₂ y SH₂, dos gases que no pueden existir juntos.

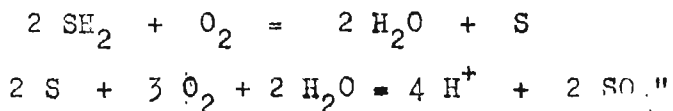
De gases con líquidos: la precipitación de sulfuro de cobre por el SH₂ a partir de aguas que contienen sulfatos de cobre.

Más importantes son, todavía, las reacciones entre los gases y los sólidos, que producen minerales de alta temperatura, por ejemplo, la asociación de silicatos raros metasomáticos de contacto, óxidos y sulfuros formados por la acción de emanaciones magnéticas sobre las rocas adyacentes, particularmente rocas de carbonato.

FORMACION DE LAS INCRUSTACIONES EN AHUACHAPAN.

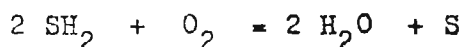
Según los análisis realizados, los compuestos más abundantes en las incrustaciones formadas en el área geotermal de Ahuachapan son: sulfatos, cloruros, azufre nativo y silicatos.

Sulfatos: existen preponderantemente en las incrustaciones de Ahuachapan. Su formación es debida a oxidación del SH₂, presente en las emanaciones hasta en un 34% (MONTERRO SSA, 1959) Por acción del O₂ del aire, principalmente, el SH₂ se oxida a SO₄" , formando sulfatos de los metales presentes (Al, Fe, Ca, Mg, Na, K,) La oxidación del SH₂ también es posible por acción de ciertas bacterias cerca de la superficie, que lo oxidan a S y SO₄" .



Magma _____ SH₂ _____ Oxid. _____ SO₄"
_____ precip.

Azufre: la presencia de azufre en las incrustaciones de Ahuachapán es debida, principalmente, a una oxidación del SH₂, aunque menor que la que origina los sulfatos:



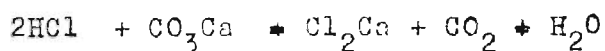
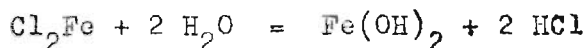
También puede formarse el S, como ya se dijo, a partir de mezclas de SO₂ y SH₂, dos gases que no pueden existir juntos:



magma _____ SH₂ _____ Oxidación _____ azufre

Cloruros: el vapor de agua reacciona con los cloruros metálicos procedentes del magma produciendo HCl, el cual ataca las rocas adyacentes formando cloruros y liberando Cl' que actúa también sobre los elementos existentes en dicha región, precipi-

tando, así, los cloruros de los metales ahí existentes.



Magma _____ Cl.M _____ Oxid. _____ HCl _____
Precipitación.

CONCLUSIONES.

El objeto primordial de este estudio ha sido conocer la composición de las incrustaciones existentes en la región fumarólica de Ahuachapán, para determinar, en primer lugar, su origen, ya que, como hemos dicho anteriormente, pueden ser de origen magmático, procedentes de rocas parcialmente disueltas, o bien de origen mixto, o sea, una combinación de los dos anteriores. En segundo lugar se trata de ver si se no hay presencia de elementos corrosivos que puedan causar daños en tuberías, turbinas, maquinarias etc.

Ya VALIENTE en 1959 comprobó una influencia magmática para las aguas de las manifestaciones geotermales de Ahuachapán, encontrando como indicios principales que señalan tal influencia:

- a) preponderancia de SO_4 "
- b) alto contenido químico
- c) alto contenido en CO_2

Posteriormente, MONTERROSA (1959), también comprobó una influencia magmática en las Manifestaciones gaseosas, lo que se manifiesta por la presencia abundante en dichas emanaciones de CO_2 y SH_2 .

Investigaciones geoquímicas revelaron que los metales que forman yacimientos mag-

máticos salen de magna como cloruros, los cuales son descompuestos posteriormente, - por lo que el cloro es indicio de influencia magnética.

La presencia de S también indicio de influencia magnética, pues procede, principalmente, como se dijo, de la oxidación moderada del SH₂, el cual tiene origen Magnético.

También es característico para yacimientos de origen magnético la presencia de Sílice SiO₂, la cual es aportada a la superficie por las aguas termales, que con frecuencia son ricas en sílice. Ya hemos visto que el Si se concentra hacia el final del estadio principal de la cristalización del magma, continuándose esta acumulación hasta - los periodos neumatolítico e hidrotermal.

La sílice se deposita por evaporación y por la acción de ciertas algas y bacterias de las fuentes termales, bajo forma de gel coloidal, que cristaliza después para formar cuarzo.

La preponderancia de SO₄^{''}, Cl['], S y silicatos en las incrustaciones de Ahuachapán parece pues, indicar una influencia magmática. Por otro lado tenemos que el subsuelo de la región está bastante descompuesto por la acción hidrotermal, lo que ha sido comprobado por las perforaciones realizadas por el SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL, por lo que, por lo menos, parte de los elementos químicos que forman las incrustaciones - puede provenir de estas rocas del subsuelo, las cuales son atacadas por la presencia de agentes mineralizadores de procedencia magnética.

El contenido de SO_4 en la región fumarólica de Ahuachapán varía entre 50.5 % como máximo y 4.5 % como mínimo, correspondiendo estos valores respectivamente, a Agua - Shuca y el Sauce #2, Como ya lo comprobó VALIENTE (1959) en las aguas, de la misma manera en las incrustaciones, a mayor valor de SO_4 corresponde menor pH.

Los valores encontrados para Cl' de muestran que el mayor porcentaje corresponde a El Playón de Ahuachapán #4, con un valor de 44 %; el mismo de 0.9 %, corresponde a la región fumarólica de San Carlos #1.

El azufre, considerado también como indicio de influencia magmática, tiene su valor máximo en Cerro Blanco #2 con 95,9 %, habiendo regiones que no acusan presencia de este elemento, tales como San Carlos #3, San Carlos #4, Cerro Blanco #1 y P A 1 (perforación).

Es digna de mencionarse la abundancia de Fe en los distintos campos fumarólicos: la presencia de Fe, ya sea bajo la forma de cloruro, hematita, pirita, etc. está relacionada con la actividad fumarólica.

Los metales pesados se presenta en las incrustaciones en forma de cloruros, óxidos oxiclорuros, cloruros hidratados y carbonatos. Algunos metales pueden ser característicos de ciertas regiones volcánicas, así, se considera el Cu característico de las fumarolas del Etna y el Pb de las del Vesubio, aunque los dos metales se encuentren en ambas regiones.

Hasta la fecha no se ha encontrado todavía un elemento químico que se pueda considerar característico para los campos geo-

termales de la región geotermal de Ahuachapán.

La abundancia de Al es característica en las siguientes regiones: San Carlos #1, San Carlos #2, Cerro Blanco #1, Cerro Blanco #3 El Sauce #1, Playon de Ahuachapán #1, #2 y #3.

Según se puede ver, la composición de las incrustaciones es la misma, habiendo nada más variaciones en cuanto a la cantidad de los elementos, por lo que se puede suponer que todas tienen el mismo origen.

Es de notar, que a pesar del tiempo transcurrido de actividad, las incrustaciones formadas en los ausoles de Ahuachapán son en realidad en cantidad muy limitada si se toma en cuenta que la actividad data ya por lo menos de 400 años (comprobada), y posiblemente mucho más, pero las primeras referencias que nos llegan son de GARCIA DE PALACIO (1576), FRAY ANTONIO DE CIUDAD REAL, acompañante del PADRE FRAY ALONSO PONCE (1586) y TOMAS GAGE (1633).

RESUMEN.

1.- El análisis promedio de las incrustaciones es el siguiente:

pH.....	5.1
SO4 ^u	28.68 %p
Cl ^l	8.32 "
CO2	0.0259%
CaO.....	5.8 "
MgO	2.1 "
S	11.3 "
Humedad	4.12 "

- 2.- Las incrustaciones de la región fumarólica de Ahuachapán están caracterizadas por la presencia de SO_4 , Cl , azufre nativo y silicatos.
- 3.- Las incrustaciones de las diferentes regiones fumarólicas de Ahuachapán no se distinguen esencialmente en su composición, variando solamente sus proporciones.
- 4.- El pH de las incrustaciones varía en razón directa con el contenido en SO_4 .
- 5.- Se atribuye a las incrustaciones de los ausoles de Ahuachapán un origen mixto, o sea, formadas por la acción de emanaciones juveniles sobre las rocas adyacentes.

- BATEMAN, A.M. (1957).- "yacimientos Minerales de Rendimiento Económico.- Ediciones Omega, S.A.- Casanova, 220, Barcelona.-
- CLARK, F.W. (1908).- "The Data of Geochemistry".- Government Printing Office.- Washington.-
- CENDRERO, O. (1953).- "Curso Elemental de Historia - Natural.- Geología".- Imprenta López, Perú 666, Buenos Aires Argentina.-
- DURR, F. (1960).- "Energía Geotérmica.- Informe No.1".- Servicio Geológico Nacional de El Salvador.- Marzo, 1960.-
- DURR, F. y STOBBER, C. (1956).- "Nota sobre Mediciones Magnéticas en los Ausoles de Ahuachapán.". Anales del Servicio Geológico Nacional de El Salvador,- Boletín No.2.-
- GREBE, W.H. (1956).- " Las fumarolas y Fuentes Termales en las Montañas Volcánicas de Mayor Edad en El Salvador.- Anales del Servicio Geológico Nacional de El Salvador,- Boletín No.2.-
- HALL, W.T. (1949).- "Química Analítica".- II Tomo.- Análisis Cuantitativo.- UTHEA.- México.-

- HOMES, A. (1951).- "Geología Física".- Traducción de la 8a. Edición Inglesa, 1951, por Rafael Candel Vila y Joaquina Comas de Candel.- Ediciones Omega, S.A. Barcelona.
- KUT-OLSZEWSKI. (1945).- "Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle Springer Verlag, Berlín.
- MEYER-ABICH, H. (1953).- "Los Ausoles de El Salvador con un Sumario Geológico Tectónico de la Zona Volcánica Occidental". Comunicaciones del Instituto Tropical de Investigaciones Científicas.-El Salvador Nos. 3 y 4.- Mayo de 1955.
- MONTERROSA, M, S. (1959).- "Análisis de Gases del Campo - Fumarólico de Ahuachapán.".- Tesis Doctoral. Octubre, 1959.- Fac.de Ciencias Químicas, Universidad de El - Salvador.-
- RANKAMA, K. y SAHAMA, TH.G. (1954).- "Geoquímica".- Aguilar, S.A. de Ediciones Madrid.-
- RENSON, C. y PUENTE, J. (1888).- "Informe sobre la Expedición - Científica a los Ausoles de Ahuachapán. Reproducción en Diccionario Historico Enciclopédico de Miguel A. García.- Tomo - III.- Pag. #73.- 1929.-
- TREADWELL, F.P. (1947).- "Tratado de Química Analítica" Editora Nacional, S.A.México. D.F.
- VALIENTE M, N. (1959). Aspectos Químicos de las Manifestaciones Geotermales de la Región de Ahuachapán, El Salvador.-".

Tesis doctoral.- Mayo, 1959.- Fac. de
Ciencias Químicas de la Universidad de
El Salvador.-

WILLIAMS, H. et alias. (1958).-" Petrography" An Introduction
to the Study of Rocks in thin Sections"
W.H. Freeman and Company, San Francisco,
1958.-