



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN**

**“DETERMINACIÓN DE SALES SOLUBLES PARA EL  
RESCATE DE LOS SUELOS SALINOS, UTILIZADOS EN  
LA ALFARERÍA DE SAN AGUSTÍN OAPAN, GRO.”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERA AGRÍCOLA  
P R E S E N T A :  
MARÍA DEL CARMEN MARTÍNEZ CRUZ**

**DIRECTOR DE TESIS: M.C. EDVINO JOSAFAT VEGA ROJAS**

**CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.**

**2008**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS**

Por darme la oportunidad de existir y estar siempre a mi lado guiando mis pasos para concluir esta etapa de mi vida.

### **A LA UNAM**

Por permitirme ser privilegiada de haber estudiado en ella, me enorgullece egresar de la máxima casa de estudios de este país mi "Alma Máter".

### **A FONART**

Por dejarme colaborar en esta institución a promover el desarrollo humano, social y económico de los artesanos de México.

### **A MI ASESOR**

Mi más sincero agradecimiento al M. C. Edvino J. Vega Rojas por su gran apoyo, asesoría, interés y tiempo tan valioso para concluir este trabajo. Gracias.

### **AL HONORABLE JURADO**

Por los valiosos conocimientos que compartieron en la revisión del presente trabajo.

## **DEDICATORIAS**

### **A DIOS**

Por darme todo lo que tengo y no dejarme caer nunca

### **A MI MADRE**

Que ha sabido compartir todos sus consejos y amor en cada esfuerzo que realizó para que hoy tuviera la mejor herencia "Mi educación". Mi ejemplo de fortaleza, sabiduría y paz, es la gran mujer que le debo todo lo que soy.

### **EN MEMORIA DE MI PADRE**

Que aún cuando no estuvo físicamente en mi vida, siempre lo sentí presente en cada uno de mis logros.

### **A MIS HERMANOS**

Luís, Lidia, Pipo, Juan, Rosa, Cecilia, Antonio, y Guadalupe Martínez Cruz por estar siempre juntos en los momentos más difíciles de nuestras vidas y porque cada uno aportó su grano de arena para alcanzar este objetivo.

### **A MIS SOBRINOS**

En los cuales me reflejo y todos son mi orgullo. Los quiero mucho....

### **A MANE**

A ti por haber aparecido y cambiado mi vida.

### **AL MAESTRO CERAMISTA MARIO COVARRUBIAS PÉREZ**

Por darme la confianza y oportunidad de aprender de su experiencia, compartir sus conocimientos conmigo e inspirar en mi mucha admiración.  
Mil Gracias.....

### **A LAS ARTESANAS DE SAN AGUSTIN OAPAN.**

En especial a la Familia Cabrera, por compartir conmigo sus conocimientos ancestrales y aceptarme como un miembro más de su familia. Gracias

### **A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS**

En especial a la décima novena generación de Ingeniería Agrícola.

**“DETERMINACIÓN DE SALES SOLUBLES, PARA EL RESCATE DE LOS SUELOS SALINOS, UTILIZADOS EN LA ALFARERÍA DE SAN AGUSTÍN OAPAN, GRO.”**



**Alumno:** Maria del Carmen Martínez Cruz  
**Asesor de Tesis:** M. C. Edvino J. Vega Rojas

## INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1	
1. ORIGEN Y FORMACIÓN DE LOS SUELOS CON PROBLEMAS DE SALINIDAD Y SODICIDAD.....	4
1.1. Naturaleza de las sales solubles.....	4
1.2. Solubilidad de las sales.....	6
1.3. Origen de los suelos salinos.....	6
1.3.1. Origen de las sales.....	7
1.3.1.1. Causas naturales.....	7
1.3.1.2. Contaminación antrópica.....	9
1.4. Origen de los suelos sódicos.....	9
1.5. Origen de los suelos salino-sódicos.....	11
1.6. Distribución geográfica mundial de la salinidad.....	12
1.7. Distribución geográfica nacional de la salinidad.....	13
1.7.1. Clasificación de los suelos en la República Mexicana.....	14
1.8. Parámetros utilizados para la caracterización de los suelos con problemas de salinidad.....	16
1.8.1. Conductividad eléctrica (CEs).....	16
1.8.2. Reacción del suelo-pH.....	17
1.8.3. Medidas de sodicidad: PSI y RAS.....	18
1.9. Propiedades físicas y químicas de los suelos con problemas de salinidad.....	19
1.9.1. Suelos salinos.....	19
1.9.1.1. Propiedades físicas.....	20
1.9.1.2. Propiedades químicas.....	20
1.9.2. Suelos sódicos.....	22
1.9.2.1. Propiedades físicas.....	22
1.9.2.2. Propiedades químicas.....	22
1.9.3. Suelos salino-sódicos.....	24
1.9.3.1. Propiedades físicas.....	24
1.9.3.2. Propiedades químicas.....	24

CAPÍTULO 2	
2. RECUPERACIÓN DE LOS SUELOS CON PROBLEMAS DE SALINIDAD Y/O SODICIDAD.....	25
2.1. Métodos de recuperación.....	25
2.1.1. Recuperación por métodos físicos.....	27
2.1.2. Recuperación por métodos hidrotécnicos.....	27
2.1.3. Recuperación por métodos químicos.....	27
2.1.3.1. Elección de mejorador.....	28
2.2. Propuesta para la recuperación de los suelos salinos y/o sódicos.....	30
CAPITULO 3	
3. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO. (SAN AGUSTÍN OAPAN GRO.).....	31
3.1. Ubicación / Localización.....	31
3.2. Antecedentes.....	32
3.3. Climatología.....	33
3.3.1. Temperatura.....	33
3.3.2. Precipitación.....	33
3.4. Hidrografía.....	33
3.5. Principales ecosistemas.....	34
3.5.1. Flora.....	34
3.5.2. Fauna.....	35
3.6. Uso del suelo.....	35
3.7. Actividad económica.....	35
3.7.1. Proceso de elaboración de piezas de alfarería.....	38
3.7.1.1. Recopilación de materiales.....	38
3.7.1.2. Formación de la pieza.....	39
3.7.1.3. Quema de la pieza.....	43
CAPITULO 4	
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	45
4.1. Reconocimiento y descripción de la zona de estudio.....	45
4.2. Determinación del diseño muestreo.....	45
4.2.1. Materiales e instrumentos para muestreo.....	46
4.2.2. Ubicación de los puntos o pozo de muestreo.....	47

4.2.3. Excavación de los pozos.....	47
4.2.4. Descripción de la ubicación de los pozos.....	47
4.3. Toma de muestras.....	49
4.3.1. Características que deben reunir las muestras para sus análisis.....	50
4.4. Trabajo de laboratorio.....	52
4.4.1. Registro y preparación de las muestras.....	52
4.4.1.1. Secado.....	52
4.4.1.2. Disgregado.....	53
4.4.1.3. Tamizado.....	53
4.4.2. Análisis físicos y químicos.....	54
4.4.2.1. Análisis físicos.....	55
4.4.2.1.1. Determinación del color.....	55
4.4.2.1.2. Determinación de Textura.....	55
4.4.2.1.3. Determinación de Densidad real, Densidad aparente y Por ciento de espacio poroso.....	57
4.4.2.1.4. Determinación del pH.....	57
4.4.2.2. Análisis químicos.....	57
4.4.2.3. Análisis especiales.....	58
4.5. Acciones realizadas.....	59
 CAPITULO 5	
5. RESULTADOS.....	65
5.1. COLOR.....	65
5.2. TEXTURA.....	66
5.3. DENSIDAD REAL, DENSIDAD APARENTE Y PORCIENTO DE ESPACIO POROSO.....	67
5.4. pH.....	68
5.5. CALCIO Y MAGNESIO.....	69
5.6. PORCIENTO DE CARBONATOS.....	70
 ANÁLISIS.....	71
CONCLUSIONES.....	72
RECOMENDACIONES.....	73
GLOSARIO.....	74
BIBLIOGRAFÍA.....	78
ANEXOS.....	81



## LISTA DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> Composición de la corteza terrestre según Clark.....	<b>4</b>
<b>TABLA 2.</b> Coeficiente de energía según Fersman.....	<b>5</b>
<b>TABLA 3.</b> Solubilidad en agua de algunas sales a 20° de temperatura.....	<b>6</b>
<b>TABLA 4.</b> Suelos afectados por sales.continentes y sub continentes.....	<b>13</b>
<b>TABLA 5.</b> Valores del Agua en diferentes ambientes.....	<b>17</b>
<b>TABLA 6.</b> Valores del pH y sus características.....	<b>18</b>
<b>TABLA 7.</b> Frecuencia, grados de solubilidad y los efectos tóxicos particulares, de las sales presentes en los suelos salinos .....	<b>21</b>
<b>TABLA 8.</b> Métodos de recuperación para suelos salinos, sódicos y salino-sódicos.	<b>26</b>
<b>TABLA 9.</b> Correctores para suelos con Carbonato de Calcio.....	<b>29</b>
<b>TABLA 10.</b> Localidades de la zona de estudio.....	<b>32</b>
<b>TABLA 11.</b> Actividades económicas.....	<b>37</b>
<b>TABLA 12.</b> Cuadro de texturas.....	<b>56</b>
<b>TABLA 13.</b> Cuadro de interpretación Calcio y Magnesio Kg./Ha.....	<b>59</b>

## LISTA DE ANEXOS

<b>Procesos Físicos</b> .....	<b>83</b>
<b>Anexo 1.</b> Determinación del color.....	<b>83</b>
<b>Anexo 2.</b> Técnica para la Determinación de la textura del suelo por el método de Bouyoucos.....	<b>84</b>
<b>Anexo 3.</b> Determinación de Densidad aparente.....	<b>88</b>
<b>Anexo 4.</b> Determinación de Densidad real y por ciento de espacio poroso.....	<b>89</b>
<b>Anexo 5.</b> Determinación de pH.....	<b>91</b>
<b>Procesos Químicos</b> .....	<b>92</b>
<b>Anexo 6.</b> Determinación de Conductividad. Eléctrica.....	<b>92</b>
<b>Anexo 7.</b> Determinación de capacidad de intercambio catiónico total.....	<b>94</b>
<b>Anexo 8.</b> Determinación de Carbonatos y Bicarbonatos (método volumétrico).....	<b>95</b>
<b>Anexo 9.</b> Determinación de Ca <sup>++</sup> y Mg <sup>++</sup> .....	<b>97</b>
<b>Anexo 10.</b> Determinación de Cloruros.....	<b>103</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

En gran parte del territorio mexicano principalmente en las zonas marginadas, las tierras se han mantenido ocupadas en una actividad de siembra de autoconsumo ya que existen un sin número de razones por las cuales los campesinos no comercializan la producción, más como una alternativa complementaria de vida y sin olvidar sus raíces los dueños de estas, dan otra utilidad a ellas, dando paso a la creación de artesanías, utilizando solo sus manos y el material que tienen cerca de ellos como es el caso de la arcilla y así se convierten en artesanos.

Las arcillas son constituyentes esenciales de gran parte de los suelos y sedimentos debido a que son, en su mayor parte, productos finales de la meteorización de los silicatos que, formados a mayores presiones y temperaturas, en el medio exógeno se hidrolizan.

Las distintas arcillas se formaron, primero a partir de la descomposición de las formaciones rocosas y, por la acción de distintos factores, presión tectónica, movimientos sísmicos, distintos tipos de erosión, etc., y segundo por la adquisición, durante el viaje hasta su lugar de sedimentación, de diferentes impurezas de origen mineral; por lo tanto, dependiendo de las características de la roca de origen, existen innumerables tipos de arcillas, cada una de las cuales posee propiedades particulares. El término arcilla se usa habitualmente con diferentes significados:

- Desde el punto de vista mineralógico, engloba a un grupo de minerales (minerales de la arcilla), filosilicatos en su mayor parte, cuyas propiedades físico-químicas dependen de su estructura y de su tamaño de grano, muy fino (inferior a 2 micras).
- Desde el punto de vista petrológico la arcilla es una roca sedimentaria, en la mayor parte de los casos de origen detrítico, con características bien definidas. Para un sedimentólogo, arcilla es un término granulométrico, que abarca los sedimentos con un tamaño de grano inferior a 2 micras.
- **Para un ceramista una arcilla es un material natural que cuando se mezcla con agua en la cantidad adecuada se convierte en una pasta plástica. Desde el punto de vista económico las arcillas son un grupo de minerales industriales con diferentes características mineralógicas y genéticas y con distintas propiedades tecnológicas y aplicaciones.**

El presente trabajo de investigación se enfoca al manejo de las arcillas con fines de alfarería, en un poblado del Municipio de Tepecoacuilco de Trujano, llamado San Agustín Oapan, ubicado a un costado del río Balsas.

### **PROBLEMATICA**

La Alfarería es una actividad económica de suma importancia en esta localidad, ya que de ella depende la mayoría de la población, las piezas creadas y comercializadas por el Fondo Nacional Para el Fomento de las Artesanías FONART en los últimos años han presentado un problema de sales que migran a la superficie de la pieza ya decorada, provocando su destrucción total o parcial y es por esta razón que nuestro estudio se encuentra enfocado a la determinación de sales solubles en los suelos destinados a dicha actividad y a la posibilidad de dar algunas opciones neutralizadoras e inhibidoras que ayuden a los artesanos del lugar.

Así que el FONART ha comisionado al Programa de Desarrollo Artesanal PRODAR que sea el encargado de la investigación aunando a esto las posibles alternativas para solucionar dicho problema. Por lo tanto el Maestro Ceramista Mario Covarrubias Pérez Coordinador de este Proyecto, a encargado a una servidora la C. Maria del Carmen Martínez Cruz para que supervisada por el Profesor M. C. Edvino J. Vegas Rojas dentro de las instalaciones de la UNAM Campo-4 sean las personas que hagan dicha investigación.

En el marco de este contexto sociocultural y artístico ya ubicado el problema, se pretende dar apoyo a los artesanos alfareros de la región en el terminado de sus piezas, que presentan ciertas deficiencias técnicas las cuales habrán de mejorarse para que las comercialicen en éste y otros mercados a mejores precios.



Vasija con pies de serpiente



Pieza tradicional reproducción de un Toro

### **OBJETIVO GENERAL:**

Inhibir y / o precipitar sales solubles en la alfarería de San Agustín Oapan, Gro. para detener la destrucción de piezas artesanales.

### **OBJETIVOS PARTICULARES:**

- Determinar el tipo de sales solubles presentes en los suelos de la zona de estudio.
- Encontrar el método idóneo para reducir o eliminar las sales solubles contenidas en las arcillas utilizadas en la alfarería.
- Dar resultados, recomendaciones y conclusiones.

## CAPITULO 1

### 1. ORIGEN Y FORMACIÓN DE LOS SUELOS CON PROBLEMAS DE SALINIDAD Y SODICIDAD

#### 1.1. Naturaleza de las sales solubles

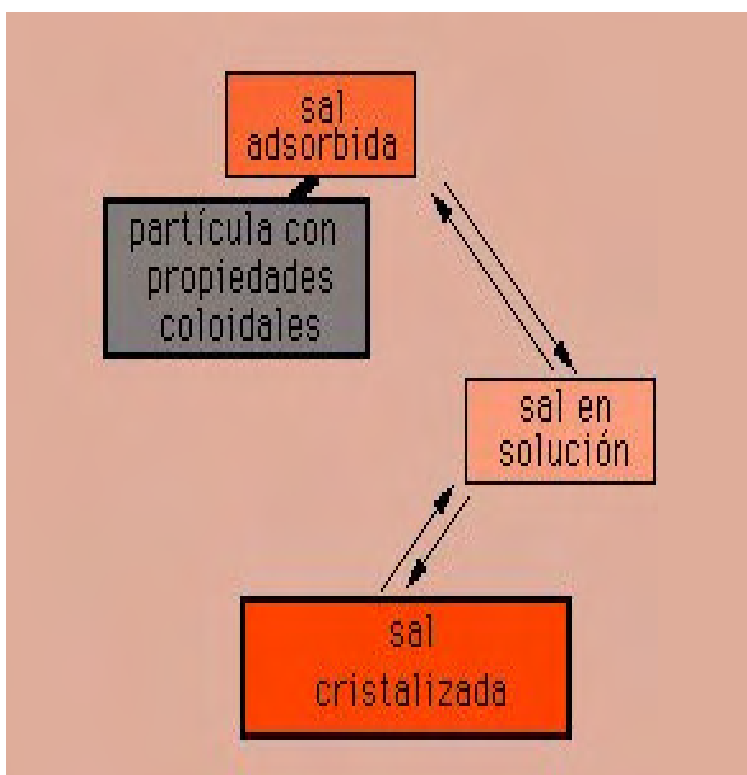
Las sales pueden encontrarse en el suelo de varias formas: precipitadas bajo la forma de cristales, disueltas en la solución, o bien retenidas, adsorbidas, en el complejo de cambio.

El contenido en sales en cualquiera de estas tres situaciones está cambiando continuamente al ir cambiando la humedad edáfica, pasando las sales de una posición a otra. Así en el:

Período seco: la cristalización aumenta, las sales en solución disminuyen (aunque la solución se concentra) y aumentan las adsorbidas.

Período húmedo: el comportamiento es inverso.

En cuanto a su composición, estas sales son el resultado de la combinación de unos pocos elementos químicos, fundamentalmente: O, Ca, Mg, Na, K, Cl, S, C, N. Estos elementos necesarios para la formación de las sales son muy frecuentes en la corteza terrestre. (7), (11)



Composición de la corteza terrestre, según Clark (en %)	
Oxígeno	49,13
Silicio	26,00
Aluminio	7,45
Hierro	4,20
Calcio	3,25
Sodio	2,40
Magnesio	2,35
Potasio	2,35
Hidrógeno	1,00
Titanio	0,61
Carbono	0,35
Cloro	0,20
Fósforo	0,12
Azufre	0,10
Manganeso	0,10

Fuente: Fitz. Patrick :1985

Las sales proceden fundamentalmente de la meteorización de las rocas ígneas y se acumulan en rocas sedimentarias, suelos y aguas. Otra parte de sus iones constituyentes, fundamentalmente cloro y azufre proceden de las emanaciones volcánicas. (1), (7)

La secuencia de liberación de los iones constituyentes de las rocas y minerales, su movilidad y su facilidad para acumularse en las depresiones fisiográficas, dando suelos salinos, son inversamente proporcionales al coeficiente de energía de estos iones. (1), (7)

Tabla No. 2

<b>Coeficiente de energía, según Fersman</b>			
<b>ANIONES</b>			<b>CATIONES</b>
<b>NO<sub>3</sub></b>	<b>0,18</b>		<b>K</b>
<b>Cl</b>	<b>0,23</b>		<b>Na</b>
<b>SO<sub>4</sub></b>	<b>0,66</b>		<b>Ca</b>
<b>CO<sub>3</sub></b>	<b>0,78</b>		<b>Mg</b>
<b>SiO<sub>3</sub></b>	<b>2,75</b>		<b>Al</b>
			<b>Fe</b>
			<b>0,36</b>
			<b>0,45</b>
			<b>1,75</b>
			<b>2,10</b>
			<b>4,25</b>
			<b>5,15</b>

Fuente: Fitz. Patrick :1985

Por tanto, los nitratos, cloruros, sulfatos y carbonatos de iones alcalinos y alcalinotérreos, son las sales que con mayor facilidad han de formarse como consecuencia de la meteorización de la corteza terrestre. (1)

Los elementos químicos pueden ser agrupados en cinco categorías de acuerdo con su movilidad durante la meteorización y su capacidad de migración:

Grupo 1. Virtualmente no lavable: Si (en cuarzo)

Grupo 2. Débilmente lavable: Fe, Al, Si

Grupo 3. Lavable: Si, P, Mn

Grupo 4. Fuertemente lavable: Ca, Na, K, Mg, Cu, Co, Zn

Grupo 5. Muy fuertemente lavable: Cl, Br, I, S, C, B

La posibilidad de encontrar estos compuestos en los suelos salinos y aguas salinas es mayor cuanto más alta sea la categoría en que se encuentran clasificados los elementos. Los grupos cuarto y quinto constituyen los principales compuestos acumulados como resultado del proceso de salinización.

Las sales más frecuentemente encontradas son:

CLORUROS: NaCl, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, KCl

SULFATOS: MgSO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,

NITRATOS: NaNO<sub>3</sub>, KNO<sub>3</sub>

CARBONATOS: Na<sub>2</sub> CO<sub>3</sub>

BICARBONATOS: NaCO<sub>3</sub>H

Los cloruros junto con los sulfatos son las principales sales formadas en este proceso. El calcio, el magnesio y el sodio son los cationes que mayoritariamente se unen a los cloruros y a los sulfatos para formar las sales, con menor frecuencia se encuentra el potasio y los bicarbonatos, carbonatos y nitratos. (9)

## 1.2. Solubilidad de la sales

Se trata de una propiedad muy importante, pues además de afectar a la movilidad y precipitación, va a regular su máxima concentración en la solución del suelo. Y cuanto mayor sea ésta, más importante va a ser su efecto perjudicial. Las sales más tóxicas son, pues, las que presentan elevadas solubilidades, que darán soluciones muy concentradas. Por el contrario las sales con baja solubilidad no representarán ningún problema ya que precipitarán antes de alcanzar niveles perjudiciales. (31)

En general, la solubilidad de las sales aumenta con la temperatura. En soluciones complejas, la presencia de sales con iones comunes disminuye la solubilidad de estas sales. Por el contrario, cuando los iones son diferentes se suele aumentar la solubilidad de la sal menos soluble.

Como puede verse en la siguiente tabla, los cloruros y nitratos son los más solubles, después los bicarbonatos junto a los sulfatos, siendo en general los menos solubles los carbonatos. Por tanto serán estos últimos los primeros en precipitar, seguidos del sulfato cálcico y no serán considerados dentro del concepto de sales solubles, concepto que se refiere a sales muy solubles, concretamente empiezan a partir del carbonato sódico.(31)

Tabla No. 3

Solubilidad en agua de algunas sales a 20° de temperatura, en gramos/litros	
CaCO <sub>3</sub>	0,01
MgCO <sub>3</sub>	0,10
CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	2,40
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	71,00
KNO <sub>3</sub>	150,00
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	195,00
MgSO <sub>4</sub>	262,00
Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	262,00

Fuente: Fitz. Patrick :1985

## 1.3. Origen de los suelos salinos

El incremento de los contenidos en sales solubles en el suelo constituye un problema que se manifiesta en multitud de suelos. Es el resultado de diversos procesos, entre los cuales se pueden citar los siguientes:

1. Acción del agua subterránea. Cuando el nivel freático de un acuífero salinizado se sitúa cerca de la superficie, tiene lugar la incorporación de sales a todo el perfil edáfico.



2. Migración de sales contenidas en las aguas de riego o como resultado de la aplicación de ciertos compuestos.

Además estos fenómenos pueden provocarse por un drenaje insuficiente combinado con una elevada evapotranspiración, por la implantación de regadíos en suelos con escasa permeabilidad o próximos al mar o por aportaciones de sal procedente de la brisa marina. (2), (3)

El proceso de acumulación de sales en los suelos con predominio del Ca y el Mg se le denomina salinización. Cuando es el Na el que predomina netamente el suelo evoluciona de muy distinta manera, desarrollándose un proceso, con resultados completamente distintos, que es el llamado alcalinización.

Un suelo salino es aquel que tiene una cantidad de sales solubles elevadas. Se distinguen dos situaciones, con morfologías, propiedades, génesis y usos de los suelos muy diferentes, según que el catión predominante en el complejo de cambio sea el  $\text{Na}^+$  o el  $\text{Ca}^{2+}$  (2), (3)

#### 1.3.1 Origen de las sales

Las sales, tanto las de Ca, Mg, K como las de Na, proceden de muy diferentes orígenes. En líneas generales, pueden ser de origen natural o proceder de contaminaciones antrópicas. (1), (2)

Si el catión predominante es el  $\text{Ca}^{2+}$ , las sales solubles son muy abundantes en el suelo. El perfil se encuentra muy poco diferenciado, pero su estructura tiende a ser estable, como resultado de la acción floculante del  $\text{Ca}^{2+}$ . La alta presión osmótica de la solución del suelo es la responsable de la baja productividad. A estos suelos se les denomina suelos salinos (o suelos halomorfos). El suelo representativo es el [Solonchak](#). (1), (29)

Cuando es el  $\text{Na}^+$  el catión dominante se produce la dispersión de las arcillas, lo que lleva a una destrucción de la estructura. Por otra parte, la hidrólisis de las arcillas sódicas conduce a la alcalinización del perfil, y ésta provoca intensa alteración mineral. El perfil queda bien diferenciado desde el punto de vista morfológico. A estos suelos se les llama suelos sódicos (en ocasiones alcalinos) y su clase representativa es el [Solonetz](#). (1), (29)

Por otra parte cuando existe un alto contenido en sales y éstas son sódicas, el sodio predomina en el complejo de cambio y los suelos son [salino-sódicos](#). (8)

Son suelos típicos de las regiones de clima seco, pues dada la alta solubilidad de las sales éstas tienden a moverse bajo clima húmedo. Así son abundantes en las [regiones áridas](#) (8)

##### 1.3.1.1. Causas naturales

En primer lugar pueden proceder directamente del material original. Efectivamente algunas rocas, fundamentalmente las sedimentarias, contienen sales como minerales constituyentes.

En otros casos ocurre que si bien el material original no contiene estas sales, se pueden producir en el suelo por alteración de los minerales originales de la roca madre. (9)

Por otra parte, también las sales disueltas en las aguas de escorrentía, se acumulan en las depresiones y al evaporarse la solución se forman acumulaciones salinas. Muchos de los suelos salinos deben su salinidad a esta causa. (9)

También frecuentemente los suelos toman las sales a partir de mantos freáticos suficientemente superficiales (normalmente a menos de 3 metros). Los mantos freáticos siempre contienen sales disueltas en mayor o menor proporción y en las regiones áridas estas sales ascienden a través del suelo por capilaridad. En general, la existencia de mantos freáticos superficiales ocurre en las depresiones y tierras bajas, y de aquí la relación entre la salinidad y la topografía. (17)



La contaminación de sales de origen eólico es otra causa de contaminación. El viento en las regiones áridas arrastra gran cantidad de partículas en suspensión, principalmente carbonatos, sulfatos y cloruros que pueden contribuir en gran medida a la formación de suelos con sales. (30)

El enriquecimiento de sales en un suelo se puede producir, en las zonas costeras, por contaminación directa del mar, a partir del nivel freático salino y por la contribución del viento. (30)

En algunas ocasiones, la descomposición de los residuos de las plantas, liberan sales que estaban incluidas en sus tejidos y contribuyen de esta manera a aumentar la salinidad del suelo; otras veces las plantas contribuyen a la descomposición de minerales relativamente insolubles y a partir de ellos se forman sales. De cualquier manera, aunque este efecto ha sido mostrado por varios autores (examinando la salinidad de suelos sin vegetación y suelos con un determinado tipo de vegetación) globalmente este efecto carece de importancia. (30)

### 1.3.1.2. Contaminación antrópica

La salinidad del suelo también puede producirse como resultado de un manejo inadecuado por parte del hombre. La agricultura, desde su comienzo, ha provocado situaciones de salinización, cuando las técnicas aplicadas no han sido las correctas. (9)

La actividad agraria y especialmente el riego, ha provocado desde tiempos remotos procesos de salinización de diferente gravedad: cuando se han empleado aguas conteniendo sales sin el debido control (acumulándose directamente en los suelos o contaminando los niveles freáticos), o bien cuando se ha producido un descenso del nivel freático regional y la intrusión de capas de agua salina, situadas en zonas más profundas, como consecuencias de la sobre explotación. (29)

También se ocasionan problemas graves de salinización en superficies de costas bajas, cuando se realizan transformaciones de riego de áreas situadas en zonas altas y no se ha previsto su influencia en aquellas otras. Directamente por la acción de las aguas de riego, pero también se puede producir por las movilizaciones de tierras que pueden provocar la aparición de rocas salinas en la superficie del terreno que además de contaminar a los suelos in situ provocarán su acumulación en los suelos de las depresiones cercanas por acción de las aguas de escorrentía. (29)

El empleo de elevadas cantidades de fertilizantes, especialmente los más solubles, más allá de las necesidades de los cultivos, es otra de las causas que provocan situaciones de altas concentraciones de sales, que contaminan los acuíferos y como consecuencia los suelos que reciben estas aguas. Todas estas situaciones son muy típicas de zonas más o menos áridas sometidas a una actividad agrícola muy intensa. (29)

Finalmente la actividad industrial, en ocasiones, puede acarrear situaciones serias de acumulación de determinadas sales en los suelos situados bajo su zona de influencia, por medio de la contaminación atmosférica o mediante las aguas que desechan hacia los mantos acuíferos. (29)

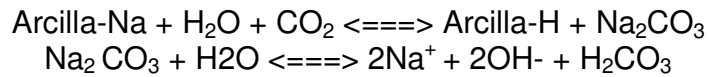
## 1.4. Origen de los suelos sódicos

La sodicidad o alcalinización se desarrolla cuando en la solución del suelo existe una concentración elevada de sales sódicas capaces de sufrir hidrólisis alcalina, de tipo carbonato y bicarbonato de sodio. Junto a estas sales de base fuerte NaOH y ácido débil ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), existen importantes cantidades de sales sódicas neutras carentes de propiedades alcalinizantes (principalmente cloruros y sulfatos) y sales de calcio y magnesio.

Un elevado contenido en  $\text{Na}^+$  en la solución del suelo, en relación con el  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ , da lugar al incremento de este ión en el complejo de cambio, lo que provocaría, dada su baja densidad de carga (elevado radio de hidratación y baja carga), el aumento del espesor de la doble capa difusa, los efectos de repulsión entre los coloides y, con ellos, la dispersión de la arcilla y la solubilización de la materia orgánica. Según varios autores la concentración de  $\text{Na}^+$  frente al  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  en la solución del suelo ha de ser superior al valor límite del 70% para que el  $\text{Na}^+$  pueda desplazar al  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  en el complejo de cambio, dada la menor energía de adsorción del sodio.

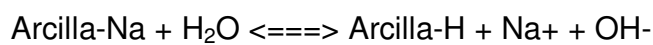
Es generalmente admitido que para que el sodio juegue un importante papel en la evolución del suelo, es decir, para que se produzca la alcalinización la concentración de sodio adsorbido frente a los otros cationes ha de superar el valor crítico del 15%, o sea  $Na/S > 15\%$  ( $S$  = suma de otros cationes adsorbidos). (12)

Las arcillas saturadas en  $Na^+$  tienen propiedades particulares, en presencia de agua de lluvia por tanto con  $CO_2$  disuelto, se hidrolizan, liberando  $Na^+$  y  $OH^-$  según la siguiente ecuación: (12)



Como consecuencia el medio se alcaliniza rápidamente, alcanzándose valores de pH progresivamente cada vez más altos; 9, 10 o incluso más.

Las ecuaciones anteriores se pueden simplificar en una:



La alcalinización del perfil produce una serie de consecuencias desfavorables para las propiedades fisicoquímicas del suelo. Así tanto las arcillas sódicas como el humus se dispersan, los agregados estructurales se destruyen. Las arcillas y los ácidos húmicos se iluvian, acumulándose en el horizonte B, formándose un horizonte de acumulación de arcillas sódicas, es decir, que se origina un horizonte nátrico (si la intensidad de la iluviación es suficiente). Los cambios estacionales producen el hinchamiento y contracción de las arcillas sódicas (montmorillonita) formándose una estructura prismática fuertemente desarrollada. Finalmente, como el medio se ha vuelto fuertemente alcalino, la cristalinidad de las arcillas disminuye, se vuelven inestables, parte de ellas se descomponen, se destruyen los vértices y aristas superiores de los prismas originándose una estructura muy peculiar llamada columnar que presenta la cara superior de los prismas redondeada. En ocasiones, los humatos sódicos iluviados se acumulan en estas superficies revistiéndolas de colores muy oscuros. (12)

Este proceso se puede dar directamente en el suelo o puede aparecer a continuación del proceso de salinización, cuando se produce el lavado de las sales más solubles y se acumulan los carbonatos y bicarbonatos sódicos. (12)

En los suelos sódicos, es el sodio el que causa la toxicidad, que podemos centrar en tres vías distintas: efecto nocivo del sodio activo para el metabolismo y nutrición de las plantas; toxicidad debida a los bicarbonatos y otros iones; elevación del pH a valores extremos por acción del carbonato y bicarbonato sódicos (Simón, 1996).

De las sales solubles son los sulfatos los que menos toxicidad presentan. Las sales cloruradas son altamente tóxicas. Las sales sódicas presentan una toxicidad muy alta y además su efecto adverso se ve aumentado por el elevado pH que originan (9,5 a 10,5). (12)

El  $Na^+$  intercambiable en los suelos sódicos causan floculación de los coloides, ésta se produce cuando las cargas de los coloides están neutralizadas y provoca destrucción de las unidades estructurales del suelo lo que vuelve al suelo más o menos impermeable y retarda la entrada de agua e impide el drenaje. (12)

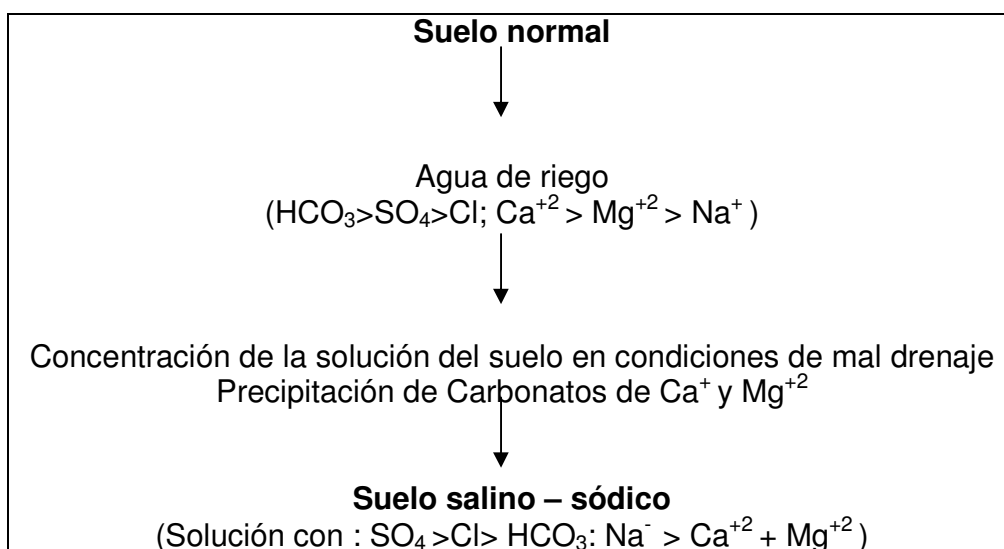
## 1.5. Origen de los suelos salinos-sódicos

Esta clase de suelos es el resultado de la combinación de procesos de salinidad y acumulación de sodio. Cuando existe un alto contenido de sales y éstas son sódicas, el sodio predomina en el complejo de cambio. Los suelos salinos-sódicos son típicos de las regiones de clima seco, ya que debido a la alta solubilidad de las sales éstas tienden a movilizarse bajo clima húmedo. (23), (26)

Cuando presentan un exceso de sales son similares a los suelos salinos, es decir su valor de pH rara vez es mayor de 8.2 y las partículas permanecen floculadas en estas condiciones, presentan un porcentaje de sodio intercambiable (SI) mayor de 15 % y una conductibilidad eléctrica específica mayor de  $4 \text{ dSm}^{-1}$  a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ . La apariencia general es similar a la de los suelos salinos especialmente cuando el contenido de sales es muy alto, puede presentarse igual manchas blancas en el suelo. (23), (26)

Cuando en estos suelos el exceso de sales es lixiviado, originan la mayoría de las veces suelos sódicos, debido a que la parte de sodio intercambiable se hidroliza para formar hidróxidos de sodio, desfloculándolo para darle una condición física desfavorable. Cuando estos suelos contienen calcio se disminuye o reemplaza al sodio intercambiable, dándose así la eliminación de este catión en forma simultánea con el exceso de sales. (28), (17)

La diferencia más importante entre los suelos salinos y los salinos-sódicos reside en que los últimos deben recibir una rectificación antes de ser lavados. El lavado sin un mejoramiento previo, convierte a los suelos salino-sódicos en sódicos que son mucho más difíciles de restaurar. El proceso de desarrollo de dichos suelos puede representarse esquemáticamente (PLA 1967) en la forma siguiente: (28), (17)



Fuente: PLA 1997. Diagrama de transformación de un suelo normal a uno salino.

## 1.6. Distribución geográfica mundial de la salinidad

En el año de 1800, la tierra irrigada en el mundo era de 8 millones de hectáreas y en 1990 la FAO reporta 220 millones de hectáreas. La concentración de sales solubles de los suelos ha causado problemas durante toda la historia, principalmente en las regiones más áridas del mundo. (10,), (21) (22)

Diversas fuentes bibliográficas mundiales, señalan la presencia de sales en los suelos, afectando adversamente los rendimientos y empeorando las condiciones socioeconómicas en estas regiones. Una explicación sencilla que oriente sobre la aparición de suelos salinos es que inevitablemente la irrigación lleva a la salinización de los suelos y aguas. La sal contenida en el agua de riego se va acumulando en el suelo porque la evaporación del agua a la atmósfera se hace en forma pura a través del proceso de evapotranspiración. Es común que se apliquen láminas de riego pesadas que percolan el sustrato y salen con un manto freático elevado en las tierras de menor elevación provocando a través del proceso de evaporación la formación de suelos salinos. (1), (10), (21), (22)

Los principales procesos que deterioran el suelo causando el empobrecimiento de las naciones son la desertificación y la salinización. Los procesos son diferentes pero están interrelacionados. (1), (10), (21), (22)

La desertificación amenaza a una tercera parte de la superficie del mundo. En América latina y el caribe, según el Global Environment Outlook, aproximadamente el 47% de las tierras de pastoreo ha perdido su fertilidad como resultado de la erosión, el sobre-pastoreo, la salinización y la alcalinización. Uno de los procesos esenciales que contribuyen directamente a la desertificación, es la salinización de suelos y aguas, lo cual ocurre en el 50% de la superficie de las regiones áridas y semiáridas del mundo. (1), (10), (21), (22)

La causa de la salinización de la tierra y el agua es la acumulación de las sales solubles. La química de las sales puede ser diferente y consecuentemente se desarrollan diversos tipos de suelos salinos, bajo diferentes condiciones ambientales. Los suelos afectados por las sales se presentan en todos los continentes, cubriendo un 10%. La salinidad y alcalinidad se presenta en todos los tipos de climas, pero se desarrollan más bajo condiciones áridas. Ésta es una de las razones por las que la salinidad y desertificación están interrelacionadas. (1), (10), (21), (22)

Estos comentarios permiten deducir lo siguiente: La salinidad es uno de los problemas más importantes en el mundo, ya que aproximadamente 340 millones de hectáreas están afectadas. El 6. % de la superficie de la tierra tiene niveles importantes de sales. La salinidad reduce la productividad de 20 millones de hectáreas irrigadas en el mundo. Los suelos con un alto contenido de sales, son un problema mundial ya que abarcan el 10% de la superficie en más de 100 países. (1), (10), (21), (22)

Tabla No. 4

SUELOS AFECTADOS POR SALES. CONTINENTES Y SUBCONTINENTES	MILES DE HECTÁREAS.
AMÉRICA DEL NORTE	15 755
MÉXICO Y CENTRO AMÉRICA	1 965
AMÉRICA DEL SUR	129 163
ÁFRICA	80 538
ASIA DEL SUR	87 608
NORTE Y CENTRO DE ASIA	211 688
SURESTE DE ASIA	19 983
AUSTRALIA	357 330
EUROPA	50 804
<b>TOTAL:</b>	<b>954 834</b>

Fuente: Instituto de Geografía, Atlas Nacional de México. UNAM.

Desde 1950 en China han recuperado suelos salinos a base de reforestaciones, empleando métodos de conservación de aguas, utilizando métodos de control biológico con las prácticas agroforestales que utilizan especies tolerantes a la salinidad. (10), (21) (22)

En Paquistán un tercio de la tierra irrigada tiene problemas de salinidad y ésta debe vigilarse para no provocar su abandono.

En Sri Lanka (Ceylan) tienen problemas de conducción en el sistema de irrigación, por lo que optaron por entubarla, lo cual está reduciendo los acuíferos y causan problemas de salinidad.

### **1.7. Distribución geográfica nacional de la salinidad**

Evaluaciones recientes del estado actual de la salinidad del suelo, indican que el 15% del territorio nacional mexicano está afectado.

En la República Mexicana existen 80 millones de hectáreas con diversos grados de salinidad, tanto en zonas naturales, de temporal, como de riego; una gran parte de estas últimas, aproximadamente 5 millones de hectáreas están bajo un proceso de salinización, en algunos casos muy acelerado. En México, el ensalitramiento bajo riego ha adquirido magnitudes considerables, en 600 000 ha provocando que en la actualidad, el 33.0% de la superficie bajo riego se encuentre afectada, disminuyendo notablemente la productividad de algunos distritos de riego y causando pérdidas económicas considerables al país. (22)

Manejo del suelo y agua salada. La salinidad de los suelos en México y en el mundo es un problema creciente con el que vamos a tener que aprender a convivir. Esta problemática, adquiere ya tintes muy graves en zonas del Golfo de México y Pacífico. (22)

El problema es causado por diversos factores como el confinamiento del agua en grandes vasos, la deforestación de la zona, la introducción de cultivos en ella y la actividad de Petróleos Mexicanos que introduce una gran salinidad en los suelos mediante sus procesos de perforación y extracción, la sobre explotación de los acuíferos costeros que provocan la inducción salina, irrigación con aguas salinas que se han acumulado en la capa arable del suelo y la generación de mantos freáticos elevados, sube la sal a zonas radicales.(22)

#### 1.7.1. Clasificación de los suelos en la República Mexicana

Ya que los suelos son difíciles de catalogar dada su extrema variabilidad, existen en el mundo una multitud de sistemas de clasificación de los mismos. En muchas ocasiones las clasificaciones se adecuan a las expectativas y utilidad que representan para cada nación en particular, por lo que es difícil establecer equivalencias entre las mismas. Sin embargo, la FAO, en colaboración con la UNESCO, (1970) propuso un sistema suficientemente sencillo que puede ser aplicado por cualquier nación, sin importar el grado de profundidad en que se hubieran estudiado sus suelos. (1), (10), (19), (21), (22)

Este sistema fue adoptado por México a través del INEGI y con una serie de adaptaciones, sirvió de base para establecer el inventario de suelos nacionales. Recientemente, el Instituto de Geografía de la UNAM publicó el Atlas nacional de México, con el que se actualiza parte de la información originalmente generada por el INEGI y que en este trabajo es utilizada como fuente.

Ya que el clima es uno de los factores que ejercen una influencia más notable sobre el desarrollo de los suelos, se optó por referirlos a las características climáticas reportadas por el Instituto de Geografía (1991.)

Cabe mencionar que, dado que nuestro objetivo es dar un panorama general de este tema en poco espacio, nos enfocaremos a dar la clasificación de los suelos de la región VIII donde se encuentra ubicado nuestro campo de trabajo (El alto Balsas)

**Región VIII Balsas-Valle de Oaxaca; Observa un clima que va de semiárido a subhúmedo con temperaturas cálidas, el régimen de lluvias es de verano. Incluye el sur de Jalisco, del estado de México y de Hidalgo; la franja central de Michoacán; los estados de Morelos, Puebla y Guerrero (salvo la costa) y la franja central de Oaxaca. Comprende el 7.5% del territorio nacional.**

**Los suelos que ocupan mayor superficie en esta región son:**

■ **Regosoles (32%).** Suelos profundos, bien drenados que se forman a partir de materiales no consolidados. Las características que los diferencian de otros suelos aún no se desarrollan y pueden convertirse, al paso del tiempo, en otros tipos de suelo. Al interior de esta región su limitado desarrollo se debe a sequías prolongadas. Se ubican en muy diversas posiciones topográficas, en caso de que se presenten sobre laderas son susceptibles de erosionarse fácilmente.

■ **Leptosoles (21%).** Los Leptosoles (anteriormente Litosoles y Rendzinas; FAO, 1970). Son suelos muy someros y pedregosos, de poco desarrollo y con pocas características particulares; pero en este caso su formación se lleva a cabo sobre rocas consolidadas y su ubicación topográfica se asocia a las zonas montañosas, por lo que son altamente susceptibles a la erosión. Se les puede encontrar bajo muy diversas condiciones climáticas.



■ **Cambisoles (13%).** Los Cambisoles son suelos que exhiben un grado mínimo de desarrollo, apenas es apreciable una capa de acumulación de materiales finos (horizonte B incipiente), son comunes en zonas templadas, aunque en climas tropicales pueden asociarse con materiales de reciente depositación o a fuertes pendientes.

■ **Luvisoles (9%).** Los luvisoles son suelos propios de climas húmedos pero que presentan una estación de secas. Bajo climas tropicales se forman en materiales de reciente depositación. El suelo está dotado de un exceso de agua que fluye a través del mismo en forma de drenaje. Esta agua de drenaje arrastra minerales arcillosos y complejos órgano-minerales que paulatinamente se van acumulando a cierta profundidad del suelo (horizonte b). A pesar del exceso de drenaje poseen una reserva de nutrimentos relativamente alta. Naturalmente presentan vegetación de bosque o de selva y son altamente susceptibles a la erosión

**Otras unidades menos extendidas son:**

■ **Andosoles (7%).** Son suelos formados a partir de cenizas volcánicas; por tanto, se asocian a relieves montañosos. Poseen una capa superficial muy suelta con abundante materia orgánica, muy frecuentemente se presenta una capa endurecida de drenaje deficiente como límite interno (tepetates); por estas circunstancias son muy susceptibles a la erosión. En cuanto a su potencial de aprovechamiento, dado que su distribución no está restringida a un tipo de clima particular encontrándolos tanto en climas templados como tropicales, puede ser muy variable; aunque debe dársele preferencia al uso forestal debido a las limitantes que poseen para su aprovechamiento agrícola: retienen fuertemente ciertos elementos nutritivos, tales como el fósforo y el potasio, son suelos relativamente ácidos y pueden llegar a desarrollar toxicidad por exceso de aluminio. Como se mencionó, las condiciones topográficas en que se ubican restringen el uso de maquinaria. En esta región, los andosoles son especialmente importantes pues se presentan a todo lo largo del eje neovolcánico.

■ **Feozems (7%).** Son suelos en los que se observa la influencia de climas más húmedos. Se forman sobre materiales no consolidados de reacción alcalina. Son relativamente profundos con un desarrollo medio (parte de las arcillas han sido eliminadas de la parte superior del suelo y se han acumulado a cierta profundidad, horizonte b), ya no presentan acumulaciones de calcio en el perfil; los aportes de materia orgánica son mayores que en los casos anteriores y le imprimen un color oscuro a la capa superficial del suelo, además de hacerla suave y esponjosa. La humedad no llega a ser excesiva, evitándose el arrastre y la pérdida de nutrimentos debido al drenaje, por lo que su potencial agrícola es alto. Se utilizan intensivamente para la producción de granos y hortalizas, en muchas ocasiones con el auxilio del riego. En condiciones naturales, pueden ser susceptibles a la erosión según el relieve particular en que se presenten; sin embargo, la principal amenaza para este tipo de suelos deriva de las técnicas agrícolas intensivas: compactación por el uso de maquinaria pesada y el uso indiscriminado de agroquímicos.

■ **Acrisoles (6%).** Son suelos similares a los Luvisoles (presentan horizonte b), pero los efectos del agua de drenaje son más drásticos. Muchas veces exhiben colores rojizos, que son indicadores de un drenaje muy eficiente y condiciones de buena aireación (ambiente oxidante). Son suelos en donde la alta acidez restringe el tipo de cultivos que prosperarían en tales condiciones.

Poseen, además, un reserva de nutrimentos relativamente baja y el horizonte b es susceptible de endurecerse, evitando la penetración de raíces. Se les califica de moderada tendencia a la erosión. Son suelos que han estado sometidos a prácticas agrícolas tradicionales, tales como la roza-tumba-quema que, debido a presiones demográficas, ha ido perdiendo su carácter de sustentabilidad

■ **Vertisoles (4%).** Se desarrollan en climas tropicales y subtropicales con una marcada diferencia entre estaciones seca y húmeda. Estas condiciones ambientales favorecen la formación de arcillas que tienen la propiedad de hincharse cuando están húmedas y encogerse al secarse. La superficie del suelo en época de secas presenta grietas que llegan normalmente hasta 50 cm. de profundidad. Son susceptibles a sufrir acumulación de sales. Como en el caso de los Feozems, la maquinaria pesada y el exceso de agroquímicos, pueden llegar a dañarlos.

■ **Calcisoles (1%).** (Antes Xerosoles y Yermosoles; FAO, 1970). Suelos propios de zonas áridas y semiáridas en donde la deficiencia de humedad impide el lavado de sustancias solubles (como sales y carbonatos). Esta limitante impide que se desarrollen suelos profundos y hace que los aportes de materiales orgánicos sean mínimos. Presentan acumulaciones, en mayor o menor grado, de carbonatos, especialmente de calcio en su perfil. (1), (10), (19), (21), (22)

## **1.8. Parámetros utilizados para la caracterización de los suelos con problemas de salinidad**

### **1.8.1. Conductividad eléctrica (CEs)**

La conductividad eléctrica ha sido el parámetro más extendido y el más ampliamente utilizado en la estimación de la salinidad. Se basa en la velocidad con que la corriente eléctrica atraviesa una solución salina, la cual es proporcional a la concentración de sales en solución. Hoy día las medidas se expresan en dS/m (dS=deciSiemens), siendo ambas medidas equivalentes (1 mmhos/cm = 1 dS/m). Por tanto la CEs refleja la concentración de sales solubles en la disolución.

Para distinguir suelos salinos de no salinos, se han sugerido varios límites arbitrarios de salinidad. Se acepta que las plantas empiezan a ser afectadas de manera adversa cuando el contenido en sales excede del 1%. La clasificación americana de suelos, Soil Taxonomy, adopta el valor de 2 dS/m como límite para el carácter salino a nivel de gran grupo y subgrupo, pues considera que a partir de ese valor las propiedades morfológicas y fisicoquímicas del perfil (y por tanto la génesis) quedan fuertemente influenciadas por el carácter salino. Mientras que el laboratorio de salinidad de los EE.UU.

En base a la CEs el United States Salinity Laboratory de Riverside establece los siguientes grados de salinidad.

- 0 - 2. Suelos normales
- 2 - 4. Suelos ligeramente salinos.
- 4 - 8. Suelos salinos.
- 8 - 16. Suelos fuertemente salinos.
- 16. Suelos extremadamente salinos.

En lo referente a las aguas en la siguiente tabla se resumen sus valores normales en diferentes ambientes.

Tabla No. 5

	<b>CE a 25° en dS/m</b>
<b>Agua de lluvia</b>	<b>0,15</b>
<b>Agua de río</b>	<b>0,30</b>
<b>Agua del Mar Mediterráneo</b>	<b>63</b>
<b>Agua de riego</b>	<b>0,75 - 2,25</b>

Fuente: United States Salinity

La CE de un suelo (CEs) cambia con el contenido en humedad, disminuye en capacidad máxima (se diluye la solución) y aumenta en el punto de marchitamiento (se concentran las sales). Se ha adoptado que la medida de la CEs se hace sobre el extracto de saturación a 25°C. A una muestra de suelo se le añade agua destilada a 25°C hasta conseguir la saturación y se extrae el agua de la pasta mediante succión a través de un filtro. (5), (12)

#### 1.8.2. Reacción del suelo-pH

El valor de pH es de vital importancia, ya que la concentración de iones hidrógeno nos puede indicar algunas valencias del suelo como exceso de sodio cuando el pH es ácido. Cuando el valor de pH del suelo es cercano a 8 (ocho) podemos estar en presencia de altas concentraciones del ion sodio, el cual provoca la dispersión de las partículas del suelo, haciendo que el mismo pierda su estructura acarreado problemas de permeabilidad y retención de agua. (16), (12), (17)

Si el pH es cercano a 8 (ocho), pero no muy superior, y se requiere determinar si hay exceso de sodio, se medirá el pH en una solución 1:10; si el resultado de esta medición es de más de un punto arriba de la medición 1:2.5, estamos en presencia de altas concentraciones de sodio.

Para medir el pH en el suelo, es preciso, de no contar con un aparato de lectura directa, hacer la solución de suelo. (Ver anexos)

A continuación le proporcionamos un cuadro informativo con los valores y significados del pH en 1:2.5.

El pH es una característica muy importante que tienen todos los suelos, los sustratos y las aguas de riego. La definición, si no tienes conocimientos de química, no te dirá nada. El pH se expresa con un número y puede estar comprendido entre 1 y 14, pero en el 99% de los casos estará entre 3 y 9.

Tabla No. 6

Valor del Ph	Características
4.0 - 4.5	Muy fuertemente ácida
4.5 - 5.5	Fuertemente ácida
5.5 - 6.5	Ácida
6.5 - 6.8	Ligeramente ácida
6.8 - 7.2	Neutra
7.2 - 7.5	Ligeramente alcalina
7.5 - 8.5	Alcalina
8.5 - 9.5	Fuertemente alcalina

VALENCIA I., C. E. y Hernández B., A

- Suelo ÁCIDO tiene un pH menor 7
- Suelo NEUTRO tienen un pH igual a 7
- Suelo BÁSICO O ALCALINO tiene pH mayor de 7

En la medición de pHs aplicadas a nuestras muestras de suelos se clasificaron según la tabla anterior entre los de ligeramente alcalino hasta los fuertemente alcalinos por tanto la siguiente anotación:

La caliza alcaliniza en el suelo, sube el pH. Un suelo con abundante caliza suele tener un pH alto. Digamos que si un suelo es calizo es de pH alcalino, aunque no siempre es así. A nivel práctico nos quedamos con esto: suelo calizo=suelo alcalino=suelo con pH alto. (16), (12), (17)

### 1.8.3. Medidas de sodicidad: PSI y RAS

La concentración en Na se puede medir bien en la solución del suelo o bien en el complejo de cambio. En el primer caso se denomina relación de adsorción de sodio (RAS) y en el segundo hablamos del porcentaje de sodio intercambiable (PSI).

En los suelos es muy importante determinar que tipo de cationes predominan en el complejo adsorbente (si es el Ca<sup>++</sup> o por el contrario el Na<sup>+</sup>). El porcentaje de Na<sup>+</sup> respecto a los demás cationes adsorbidos se denomina porcentaje de sodio intercambiable (PSI).

$$PSI = 100 \times Na / CIC$$

Siendo CIC la capacidad de intercambio de cationes (en ocasiones llamada capacidad de cambio de cationes y representada por CIC).

Se considera que un suelo puede empezar a sufrir problemas de sodificación y dispersión de la arcilla cuando el PSI > 15%.

Otra manera de determinar la sodicidad de un suelo es evaluar la concentración de Na<sup>+</sup> en la solución del suelo en vez de medir su concentración en el complejo adsorbente como hace el PSI. Para estimar así el grado de sodificación, Richards et al., (1954) proponen la relación de adsorción de sodio (RAS), calculada a partir de las concentraciones de Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup> en mmol / dm<sup>3</sup> de las soluciones salinas:

RAS = concentración. de Na<sup>+</sup>, dividido por la raíz cuadrada de la suma de las concentraciones de Ca<sup>++</sup> y Mg<sup>++</sup>

A partir del RAS se puede calcular el porcentaje de sodio intercambiable (PSI):

PSI = 100 (-0,0126 + 0,01475 RAS), dividido por 1 + (-0,0126 + 0,01475 RAS)

Se puede relacionar, así mismo, la presión osmótica (OP) con la conductividad eléctrica del extracto (ECs), mediante la siguiente ecuación:

$$OP = 0,36 \times ECs \text{ (mmhos/cm)}$$

De esta forma se evalúan los suelos sódicos, cuando la CEs es menor de 4 dS/m a 25°C y el PSI es mayor de 15%, siendo los suelos salinos-sódicos aquellos que tienen una CEs mayor de 4 dS/m a 25°C y un PSI mayor de 15%.

Quedan por consiguiente establecidas las siguientes [categorías de suelos](#):

Suelos Normales: CEs < 4 dSm<sup>-1</sup> a 25°C y PSI < 15%

Suelos Salinos: CEs > 4 dSm<sup>-1</sup> a 25°C y PSI < 15%

Suelos Sódicos: CEs < 4 dSm<sup>-1</sup> a 25°C y PSI > 15%

Suelos Salino-Sódicos: CEs > 4 dSm<sup>-1</sup> a 25°C y PSI > 15%

FAO ponen de manifiesto la importancia climática en la formación de estos suelos. Consideran que existe un alto riesgo de salinización de suelos cuando el índice P/ETP es inferior de 0,75. (10), (24), (28)

## 1.9. Propiedades físicas y químicas de los suelos con problemas de salinidad

El conocer las propiedades tanto físicas como químicas de los suelos salinos, es de suma importancia ya que nos brinda una pauta metodológica para su rehabilitación ó recuperación.

### 1.9.1. Suelos salinos.

Generalmente, los suelos salinos presentan un aceptable estado de agregación, debido al exceso de sales solubles que aminoran el efecto de la "doble capa difusa" en los coloides, de tal modo que el suelo permanece defloculado y mantiene condiciones físicas adecuadas como permeabilidad óptima al aire y agua.

#### 1.9.1.1. Propiedades físicas.

En cuanto a la estructura, los suelos salinos carecen de una característica específica que los identifica, en cambio, su propiedad más importante es la textura, pues de ella va a depender la capacidad de retención de humedad y su permeabilidad que a su vez, influirá sobre la dilución y lixiviación de los materiales salinos.

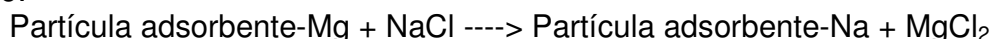
#### 1.9.1.2. Propiedades químicas.

Las propiedades químicas de los suelos salinos están conferidas por la acumulación de sales solubles en el perfil del suelo y por el tipo de sales. Entre las más comunes podemos mencionar sales neutras del tipo  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$  y  $\text{MgCl}_2$  por ésta razón los pH son menores de 8.5., como se podrán dar cuenta los principales aniones son los cloruros y sulfatos, algunas veces nitratos, casi nunca carbonatos en cantidades apreciables. (10), (24), (28)

#### **Cloruros**

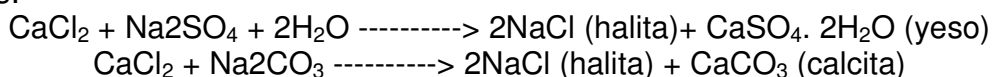
El cloruro sódico es la sal más frecuente en los suelos salinos, junto con los sulfatos sódico y magnésico, y suele formar parte de las eflorescencias blancas que aparecen en la superficie del suelo durante la estación seca. Su toxicidad es alta.

El cloruro magnésico se acumula en suelos que tienen una salinidad extremadamente alta. Es una sal de toxicidad muy elevada y se puede formar en suelos con alto contenido en  $\text{NaCl}$ , en los que el  $\text{Na}^+$  se intercambia con el  $\text{Mg}^{2+}$  adsorbido en las posiciones de intercambio:



Es una sal muy higroscópica, pudiendo absorber humedad del aire. Sus eflorescencias tienen un sabor amargo.

El cloruro cálcico, si bien su solubilidad es muy alta, es una sal muy poco frecuente en suelos debido a la mayor estabilidad de otras sales cálcicas, como los sulfatos o los carbonatos:

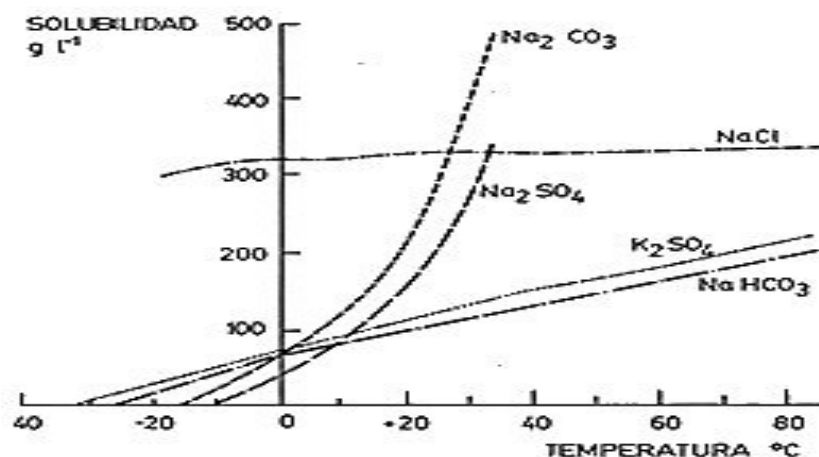


Tanto el yeso como el carbonato cálcico precipitan y la reacción progresa hacia la derecha.

El cloruro potásico presenta unas propiedades análogas a las del  $\text{NaCl}$ , aunque es poco frecuente en los suelos debido a que el  $\text{K}$  se inmoviliza en el suelo, bien en la estructura de las arcillas de tipo illita o bien en la biomasa debido a su carácter de macro nutriente.

#### **Sulfatos**

El sulfato sódico es frecuente en los suelos salinos. Sus eflorescencias tienen un sabor jabonoso-salado. Su solubilidad se ve afectada fuertemente por la temperatura, lo que hace que tienda a concentrarse en la superficie del suelo, ya que durante el período cálido asciende a la superficie del suelo formando parte de las [eflorescencias](#) (rasgo muy típico de los suelos salinos) y durante el período húmedo, que en nuestro clima coincide con el frío, se lava menos que las otras sales. Mucho menos tóxica que el sulfato magnésico.



El sulfato magnésico es una sal frecuente en los suelos salinos, muy soluble y altamente tóxica.

El sulfato potásico, es escaso, en general, en los suelos salinos, por lo que no suele ser responsable de salinizaciones en condiciones naturales, aunque puede crear problemas cuando se hace un mal uso de los abonos, generalmente en invernaderos. Junto con el KCl son las sales menos tóxicas.

Respecto a los cationes la característica más notable, es que el calcio y el magnesio son los predominantes en cambio el sodio es raro que llegue a la mitad del total de los cationes, lo que explica que los suelos salinos tengan valores de PSI menores de 15 %. (9), (10) (24), (28)

Tabla No.7		
Frecuencia, grados de solubilidad y los efectos tóxicos particulares, las sales presentes en los suelos salinos		
Clase	Presencia en los suelos salinos	Solubilidad
<b>CLORUROS</b>		
Sódico	común	alta
Magnésico	común	alta
Cálcico	raro	alta
Potásico	baja	alta
<b>SULFATOS</b>		
Sódico	común	muy variable
Magnésico	común	media
Potásico	baja	alta
<b>CARBONATOS</b>		
Sódico	en suelos sódicos	media
<b>BICARBONATOS</b>		
Sódico	en suelos sódicos	media

## 1.9.2. Suelos sódicos.

### 1.9.2.1. Propiedades físicas.

Las propiedades físicas de este tipo de suelos, son el reflejo de un exceso de sodio absorbido en el complejo coloidal del suelo.

Los efectos que presentan los suelos con cantidades elevadas de sodio son los siguientes:

- Alteración física de las suspensiones coloidales.
- Impermeabilidad del suelo
- Cambio en la estructura y relaciones de humedad.
- Formación de un "Clay-pan" (capa de arcilla, horizonte de arcilla endurecida) ó un "hard-pan" cuando existe  $\text{Ca CO}_3$  precipitado.

Estos efectos no son independientes sino interrelacionados; se ha demostrado que suelos saturados con sodio tienden a permanecer dispersos, y los agregados no se reconstruyen por medio de los procesos naturales, ya que la agregación está estrechamente relacionada con la defloculación, y el comportamiento de la doble capa difusa. Bajo esas circunstancias, los suelos sódicos están defloculados debido a la fuerte hidratación del Ion sodio que dispersa a los coloides del suelo; y a esto se le suma el efecto de  $\text{H}_2\text{CO}_3$  sobre los silicatos coloidales, que en conjunto reducen el tamaño y el diámetro de los poros, reduciéndose la velocidad de infiltración y permeabilidad del suelo al aire y al agua.

Otras características físicas de los suelos sódicos originados por esa defloculación son la impermeabilidad, una fuerte tendencia a amarrarse, una alta plasticidad cuando húmedos, una elevada dureza y compactación al secarse y así se forman grandes terrones. (9), (10) (24), (28),

### 1.9.2.2. Propiedades químicas

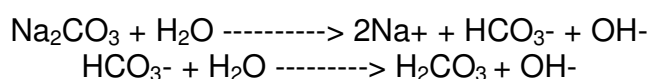
Estas propiedades están de manifiesto con la desalinización de un suelo salino, por tal motivo los valores de conductividad eléctrica presentes son menores de  $4 \text{ d S m}^{-1}$  La remoción de las sales se inicia con los cloruros y nitratos, seguidos por los sulfatos, carbonatos y bicarbonatos, tanto los cloruros como los sulfatos ya han sido tocados anteriormente en las propiedades químicas de los suelos salinos, así que a continuación daremos una breve explicación sobre las sales restantes. (9), (10) (24), (28),

#### **Nitratos**

El nitrato sódico es una sal muy soluble y tóxica, aunque, en general, muy poco frecuente y rara vez supera el 0,05 %

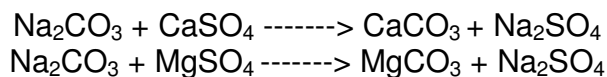
#### **Carbonatos y Bicarbonatos**

Los carbonatos y bicarbonatos sódicos presentan una solubilidad elevada, aunque dependiendo de la temperatura. Su presencia en suelos en cantidades relativamente elevadas implica condiciones de alcalinidad ( $\text{pH} > 9$ ) debido a la formación de  $\text{OH}^-$  :





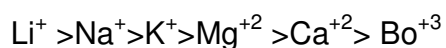
La presencia de otras sales solubles en la solución del suelo limita la formación del carbonato y bicarbonato sódico, por lo que estas sales suelen ser abundantes cuando la salinidad total es baja, ya que se pueden producir reacciones como:



en las que el  $\text{CaCO}_3$  y el  $\text{MgCO}_3$  son poco solubles y precipitan, con lo que las reacciones se desplazan hacia la derecha. En presencia de  $\text{NaCl}$ , la solubilidad del carbonato y bicarbonato sódico disminuye igualmente por efecto del ion común.

El bicarbonato sódico es menos alcalino que el carbonato, debido a que el ácido carbónico neutraliza en parte el efecto alcalino. Su solubilidad es también menor que la del carbonato.

Como los electrolitos son removidos por lavado, los coloides del suelo se peptizan, y ese grado de peptización depende del tipo de catión y de su cantidad en el complejo de intercambio, que en este caso se satura con sodio. El efecto de los cationes sobre la dispersión (medida de peptización) disminuye en el orden siguiente:



Al lavarse los electrolitos, los efectos del  $\text{Na}_2 \text{CO}_3$  se hacen prominentes y se inician los rasgos distintivos del suelo sódico.

Los aniones más comunes en los suelos sódicos son: cloruros, sulfatos, carbonatos y bicarbonatos.

Se puede decir que las características, químicas de un suelo sódico son:

- Escasa presencia de sales solubles.
- Valores de PSI mayores del 15%
- Valores de pH mayores de 8.5
- Escasa presencia de calcio y magnesio solubles.

Las características desfavorables que imparten a los suelos se pueden modificar desplazando de las miscelas coloidales ese exceso de sodio adsorbido por un catión que restaure las condiciones físicas deseables, dependiendo la utilidad que se le dará a éste. (9), (10) (24), (28),

### 1.9.3 Suelos salinos-sódicos

#### 1.9.3.1. Propiedades físicas.

Encontramos problemas originados por la dispersión de los coloides, estas costras bloquean los poros. La permeabilidad del suelo desciende de valores tan bajos, que en algún caso es inferior a la tasa de evaporación y dificulta mucho la aplicación de correctores químicos para corregir el problema.

Los suelos salinos-sódicos tiene la misma apariencia e iguales propiedades físicas de los suelos salinos mientras exista el exceso de sales solubles del suelo que ocasionan la defloculación, si estas son eliminadas por lluvia o riegos se modifican sus propiedades físicas, llegando a tener las propiedades físicas de un suelo sódico. Por eso no es recomendable lavar las sales solubles de los suelos salinos-sódicos, más allá de cierto límite.

#### 1.9.3.2. Propiedades químicas.

Los problemas químicos se originan por la reducida disponibilidad de fósforo, de potasio y las deficiencias en hierro son especialmente frecuentes en suelos alcalinos. Bernstein, Francois y Clark (1974). (9), (10) (24), (28),

## CAPITULO 2

### 2. RECUPERACIÓN DE SUELOS CON PROBLEMAS DE SALINIDAD Y/O SODICIDAD

#### 2.1. Métodos de recuperación

Los principios generales para la recuperación de los suelos con salinidad o exceso de sodio son en lo general de aplicación universal. Para la recuperación de suelos salinos es necesario el lavado de las sales las cuales son evacuadas a otras zonas, por medio de drenes.

El manejo del suelo, para la eliminación de las sales, se realiza de distinta manera y con resultados diferentes según sea el problema tóxico ya sean las sales solubles o el sodio en el complejo de cambio (carbonato y bicarbonato sódicos).

En el primer caso su planteamiento es muy sencillo y su realización práctica también es relativamente fácil, en general, pero si el problema de toxicidad lo representan las sales alcalinas de sodio el problema es más complejo y los resultados son aún más problemáticos.

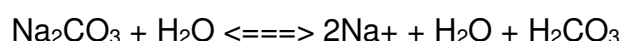
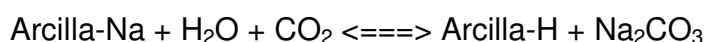
Para eliminar las sales solubles, basta con regar abundantemente con lo que se produce el lavado de las sales que no se habría producido por causa de la aridez.

El tipo de sales presentes va a condicionar las posibilidades de recuperación:

Para los cloruros sódicos el lavado es relativamente fácil en suelos con yeso, en los que el  $\text{Ca}^{2+}$  que se libera no permite que el  $\text{Na}^+$  pase a forma intercambiable.

Además de regar, en la gran mayoría de los casos, es necesario extraer artificialmente el agua que se ha infiltrado en el suelo, drenes (tubos de recogida del agua) o bien mallas en bastidores que evacua esta agua a unos canales de desagüe.

Pero si en el suelo son abundantes las sales sódicas de reacción alcalina como los carbonatos y bicarbonatos sódicos, el lavado artificial del suelo provoca efectos contraproducentes, ya que al añadir más agua lo que se consigue es que el suelo sea cada vez más alcalino, pues como ya hemos visto.



En estos casos, el problema puede solventarse (aunque con graves dificultades prácticas) utilizando mejoradores que consiguen cambiar el anión de la sal sódica. Estos mejoradores pueden ser de varios tipos, aunque los más frecuentemente empleados son de tres clases: otras sales solubles de calcio, como el yeso, ácidos o formadores de ácido, azufre, ácido sulfúrico, sulfatos de hierro o aluminio y sales de calcio de baja solubilidad, como la caliza molida o subproductos de la industria azucarera.

Actualmente se encuentran en el mercado productos, denominados desalinizadores que actúan especialmente sobre la humedad del suelo.

Para su recuperación y/o rehabilitación, normalmente se realiza una combinación de técnicas, como a continuación se menciona:

- a) Medidas químicas; que consisten en la aplicación de mejoradores.
- b) Medidas hidrotécnicas como son: lavado, drenaje y control de la calidad del agua

Los métodos de recuperación se clasifican, principalmente, en técnicas auxiliares y técnicas básicas, en éstas últimas se consideran dos técnicas principales, el método hidrotécnico y el método químico.

El método hidrotécnico es utilizado para extraer las sales de los suelos cuando el problema es salinidad se aplica una cierta cantidad de agua a través del suelo que arrastre las sales existentes. Cuando el problema es sodicidad el principal problema es el sodio por lo que el lavado no surtirá efecto ya que se necesita liberar el sodio y esto se logra mediante el uso de los métodos químicos.

En cuanto a las técnicas auxiliares, tienen la función de aumentar la eficiencia de las técnicas básicas, no precisamente de recuperación del suelo sino en la aplicación de actividades como la fractura y disgregación del suelo, su molido y tamizado. (9), (10) (24), (28), (29)

La clasificación de los métodos de recuperación para suelos salinos, sódicos y salino-sódicos se esquematiza en la tabla Num. 8

TIPO DE TECNICAS	TIPO DE MÉTODO	DESCRIPCIÓN	TIPO DE SUELO
Básicas	Químicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación de correctores químicos</li> </ul>	Sódico
	Hidrotécnicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación de láminas de agua (lavados)</li> </ul>	Salinos principalmente. Ya que para los sódicos se utiliza como una técnica complementaria
Auxiliares	Físicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fragmentación</li> <li>• Molido</li> <li>• Tamizado</li> </ul>	Salinos, sódicos y salinos-sódicos
	Técnicas de riego	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnicas de riego</li> </ul>	Salinos principalmente. Para los sódicos se usa sólo como complemento al método químico

### 2.1.1. Recuperación por métodos físicos.

El propósito básico de las medidas físicas, consiste en incrementar directamente la permeabilidad del suelo, basándose en la mezcla del material fino y grueso de capas texturales, la fragmentación, el molido, el tamizado y el adiconamiento de arenas a las arcillas, lo que le dará el llamado cuerpo a nuestro suelo con fines de alfarería.

Estos métodos pueden o no aplicarse como auxiliares o complementarios en su recuperación, la mayoría constituye medidas prácticas y muy económicas. En general se puede asumir que estas medidas se encaminan a facilitar el lavado pues el problema principal de los suelos sódicos estriba en sus condiciones físicas. (2), (7), (29), (28)

### 2.1.2. Recuperación por métodos hidrotécnicos.

Los métodos hidrotécnicos comprenden el lavado y el drenaje; el principio de estos métodos es muy simple: "las sales deben ser eliminadas y removidas del área afectada, para que el lavado de un suelo sea efectivos se necesita crear un drenaje artificial, el cual puede ser suplido simplemente con una malla 100 o 120 de acero inoxidable la cual solo dejara filtrar el agua con el cual se lavan las arcillas. (2), (7), (29), (28)

El lavado consiste en la eliminación de las sales por medio de volúmenes de agua, en cantidades suficiente para ello, basado en el sentido del movimiento y la capacidad del agua para disolver y arrastrar dichas sales.

El lavado es el método específico por excelencia para los suelos salinos y como caso especial para los suelos sódicos ricos en contenidos de carbonatos de calcio o yeso. En cambio en los suelos salinos-sódicos el lavado se utiliza como complemento o auxiliar de otros métodos, y su fin es solubilizar los mejoradores y eliminar las sales de sodio desplazadas del complejo de intercambio. (2), (7), (29), (28)

Podría afirmarse que sin el lavado, sea natural o artificial, no habría recuperación de suelos salinizados.

En el caso de los suelos sódicos ricos en  $\text{CaCO}_3$  o  $\text{CaSO}_4$  al agregarles agua se solubilizan estas sales llevan calcio en solución y reemplazan al sodio adsorbido. (2), (7), (29), (28)

### 2.1.3. Recuperación por métodos químicos

Los métodos químicos se basan en la adición de sustancias y/o compuestos químicos al suelo llamados mejoradores o correctores cuyos fines son neutralizar su pH.

En la actualidad existen varios tipos de mejoradores, al grado que se precisa una diferenciación claramente delimitada conforme a su naturaleza y reacción. Estos se han dividido de la siguiente forma:

#### 1.- Sales cálcicas solubles

- Yeso
- Cloruro de calcio

## 2.- Ácidos y formadores de ácidos

- Azufre
- Ácido sulfúrico
- Sulfatos de hierro y aluminio
- Polisulfuro de calcio
- La piritita

## 3.- Compuestos cálcicos de baja solubilidad

## 4.- Otros tipos de mejoradores o acondicionadores para suelos con problemas de sodio

### 2.1.3.1. Elección del mejorador.

Para elegir el mejorador que deberá utilizarse en suelos con problemas de sodicidad es importante que se tomen en consideración los siguientes factores

- Factor económico

Se considera que el costo de un mejorador debe ser determinado sobre la base de la cantidad por unidad de peso y no por costo comercial del mejorador por unidad de peso; es decir, se debe considerar el costo de un mejorador en función de la pureza y cantidad neta aportada.

- Factor tiempo.

Aquí debe considerarse la rapidez con lo que los diferentes materiales recuperan un suelo, independientemente de su costo comercial y basándose en ello al tiempo deseado de recuperación, realizar el balance para elegir el material más económico.

- Factor suelo

Respecto a la elección del material mejorador basándose en el suelo, existen dos propiedades del mismo, que definen el uso de determinados mejoradores; estas propiedades son:

- ❖ El valor del pH
- ❖ El contenido de carbonatos alcalino-térreos

- Disponibilidad local del mejorador.

Este factor adquiere importancia solo cuando el mercado es distante y la transportación al área afectada incrementa el costo total de la recuperación, por lo que se tendría que optar por adquirir el mejorador que exista localmente.

Tipos de mejoradores

Si el suelo contiene carbonato de calcio se pueden recomendar varios mejoradores, de lo contrario solo se deben usar los mejoradores que contienen calcio. (2), (7), (9), (29)

Tabla No. 9			
CORRECTORES BASE	FÓRMULA QUÍMICA	TONELADAS RECOMENDADAS DE MATERIAL EQUIVALENTE A:	
		1 TON DE YESO PURO	1 TON DE AZUFRE
100%.			
YESO	Ca SO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O	--	5.38
AZUFRE	S	0.19	1.0
ACIDO SULFÚRICO	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.61	3.2
SULFATO FERROSO	Fe 2 (SO <sub>4</sub> ).9 H <sub>2</sub> O	1.09	5.85
CAL VIVA	Ca SX	0.78	4.17
CLORURO DE CALCIO	Ca cl <sub>2</sub> . H <sub>2</sub> O	0.86	--
NITRATO DE CALCIO	Ca(NO <sub>3</sub> )2. H <sub>2</sub> O	1.065	--
SULFATO DE ALUMINIO	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	--	6.34

Los correctores que contienen calcio como el yeso, reaccionan en el suelo de la siguiente manera:

a) Yeso (+) Na - Suelo ----- Ca-Suelo + Na-Sulfato.

Se procede a lavar el sulfato de sodio, aplicándose el proceso en repetidas ocasiones. Se usan mas de 1.5 toneladas de yeso por hectárea porque no es altamente soluble en agua y en muchos casos la reacción química toma su tiempo.

b) 1. Acido sulfúrico + cal del suelo ----- yeso + CO<sub>2</sub> + agua

2. yeso + sodio del suelo ----- calcio del suelo + sulfato de sodio.

c) 1. Azufre + oxígeno + agua ----- ácido sulfúrico.

2. Ácido sulfúrico + cal del suelo ----- yeso + CO<sub>2</sub> + agua.

3. Yeso + sodio del suelo ----- calcio del suelo + sulfato de sodio.

Los pasos pueden llevar años, se forman materiales ácidos como sulfuro y al inicio requieren intervención microbial para la reacción de oxidación.

Si el yeso aplicado tiene partículas muy finas habrá una oxidación microbial más rápida, en cambio el yeso áspero es menos soluble y tomará más años en activarse.

Los mejores químicos en el desplazamiento de sodio Na<sup>+</sup> intercambiable son: Yeso fino > H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>>yeso granulado.

Para incrementar la permeabilidad: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>>CaS5>Macrosul>azufre>yeso grueso>yeso fino. El H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> mejora las propiedades químicas del suelo.

La floculación de suelos arcillosos dependen del poder cationico y de la deshidratación osmótica debido a la concentración electrolítica. Los efectos del pH del suelo en la dispersión-floculación de arcillas sódicas están relacionados con el balance de las partículas con carga en las arcillas del suelo. La movilidad electroforética de las arcillas ha demostrado variación en el balance de cargas que está influenciado por el pH para manejar los suelos alcalinos sódicos.

La aplicación de yeso, materia orgánica, reforestación, rotación de especies tolerantes, son una medida de rescatar suelo alcalino sódico, pero hay evidencias experimentales de que la producción de ácido de las plantas reduce el efecto de la sodicidad.

Se produce una acidificación con la extracción de nutrientes del suelo ya que un cultivo saca de 40-80 kg de Ca CO<sub>3</sub>/ha/año y hay que pensarlo bien antes de agregar cal de nuevo. (2), (7), (28), (29)

## **2.2. Propuesta para la recuperación de los suelos salinos y/o sódicos**

Para atacar un problema de salinidad y/o sodicidad se recomienda combinar varios métodos de recuperación; para poder determinarlos, es necesario conocer primero el tipo de problema que se quiere resolver, por lo que se recomienda la siguiente metodología:

- Investigar condiciones climáticas.
- Colectar datos de las propiedades y características de los suelos tales como: textura, infiltración y permeabilidad, estado de la afectación salina, distribución cuantitativa de las sales en el perfil, tipo y clase de sales incluyendo su grado de solubilidad mediante análisis químicos.
- Hacer un análisis geomorfológico e hidrológico de fuentes de sales, pendiente, niveles freáticos, su profundidad y mineralización, la cantidad de agua disponible y las posibilidades de drenaje y métodos a usar.

En trabajos de investigación, consultados sobre la recuperación de suelos salinos y sódicos se ha determinado que la mejor forma de rehabilitar suelos salinos y salinos-sódicos es con la aplicación de mejoradores químicos combinados con lavados

El método más utilizado para la recuperación de suelos salinos es el lavado o la lixiviación de las sales solubles con agua de baja salinidad; este método consiste básicamente en aplicar una lámina grande de agua para disolver las sales y removerlas de la zona radical del cultivo. Aunque para lavar un suelo salino es indispensable que éste sea permeable y que exista una salida para el agua de drenaje, pero también la tolerancia del cultivo a establecer es importante (Keren y Miyamoto, 1990).

Aceves (1979) mencionó que el método hidrotécnico consiste en manejar la cantidad y calidad química de las aguas disponibles para mantener las sales solubles y las intercambiables a un nivel que no afecten, directa o indirectamente.(2), (7), (9),(28), (29)



## CAPITULO 3

### 3. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO (San Agustín Oapan, Gro.)

#### 3.1. Ubicación / localización

San Agustín Oapan pertenece al municipio de Tepecoacuilco de Trujado en el Estado de Guerrero. Se ubica a 47 Kilómetros del municipio de Iguala, situado en un camino que comienza entre la carretera federal de este municipio y Chilpancingo, Guerrero.

Viajando por la carretera federal México-Acapulco, la entrada está al sur a 1 kilómetro de los soportes indicadores de las artesanías de Xalitla, camino adentro se localiza San Juan, el cual pasa a la derecha del río Balsas.

El clima aquí es caliente y seco excepto durante la estación de lluvias.

Comunidad de habla náhuatl, perteneciente a la región del alto Balsas, San Agustín Oapan

La serranía y cañadas ofrecen variedad de productos naturales que los habitantes indígenas aprovechan al máximo. Aunque la precipitación pluvial es muy escasa, el río Balsas les provee de agua suficiente para consumo humano, dado que no cuentan con recursos para comprar bombas de agua, la utilizan para el riego de huertos.

En la región, se encuentran diferentes yacimientos minerales, dentro de los que destacan la piedra caliza y el hierro. Recursos que aun no han sido de todo explotados a diferencia de los materiales y bancos de arenas sílicas, caolines y los abundantes barros que ahí se localizan.

En la zona serrana se le denomina Rio Mezcala, justo la zona central de la denominada región del Alto Balsas, región compuesta por diez pueblos que elaboran objetos artesanales: Tulimán, San Francisco Ozomatla, Ahuehuepan, Ahuelican, San Juan Tetelcingo, Ameyaltepec, Maxela, Xalitla, Mezcala y San Agustín Oapan. (20) (18)

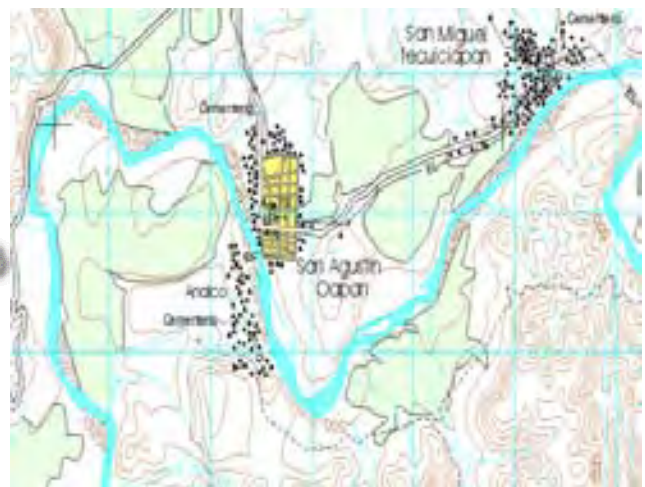
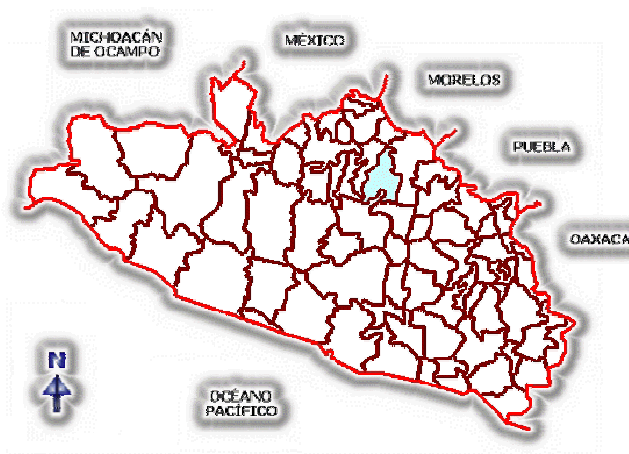


Tabla No. 10					
CLAVE DE LA LOCALIDAD	NOMBRE	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	FUENTE
0001	TEPECOACUILCO DE TRUJANO	18° 17' 11"	099° 27' 48"	830	Carta Topográfica
0002	ACAYAHUALCO	18° 13' 25"	099° 28' 52"	800	Carta Topográfica
0003	AHUEHUEPAN	18° 00' 18"	099° 30' 00"	870	Carta Topográfica
0004	COL. LAZARO CARDENAS (LAZARO CARDENAS)	18° 09' 51"	099° 33' 13"	760	Carta Topográfica
0005	COL. VALERIO TRUJANO (VALERIO TRUJANO)	17° 56' 24"	099° 35' 21"	500	Carta Topográfica
0006	CUEXCONTLAN	18° 18' 14"	099° 25' 40"	860	Carta Topográfica
0007	MAXELA	18° 03' 14"	099° 35' 36"	950	Carta Topográfica
0008	MAYANALAN	18° 10' 21"	099° 26' 02"	850	Carta Topográfica
0009	PALULA	18° 05' 46"	099° 32' 26"	670	Carta Topográfica
0010	EL RINCON (RINCON CHIQUITO)	18° 11' 24"	099° 23' 27"	1010	Carta Topográfica
0011	RINCON DE LA COCINA	18° 14' 34"	099° 28' 07"	810	Carta Topográfica
0012	SABANA GRANDE	18° 09' 27"	099° 32' 58"	750	Carta Topográfica
<b>0013</b>	<b>SAN AGUSTIN OAPAN</b>	<b>17° 57' 08"</b>	<b>099° 26' 14"</b>	<b>500</b>	<b>Carta Topográfica</b>
0014	SAN JUAN TETELCINGO	17° 55' 18"	099° 31' 04"	490	Carta Topográfica
0015	SAN MIGUEL TECUIXIAPAN	17° 57' 39"	099° 24' 41"	500	Carta Topográfica
0016	SANTA CRUZ	18° 12' 25"	099° 24' 19"	930	Carta Topográfica

FUENTE: Los nombres de las localidades se recabaron en campo a través del formato Registro de Actualización de Localidades (IT-03) y validada por las Autoridades Municipales.

### 3.2. Antecedentes.

Retomando su añeja tradición, los artesanos de la comunidad son el centro de atención de la comunidad, actividad que se transmite de generación en generación a través de la palabra y las costumbres. En cada salida al cerro, alimentan en los pequeños la curiosidad, enseñan las características de las plantas, sus beneficios; con esto los niños aprenden a seleccionar los materiales y su significado en la vida.

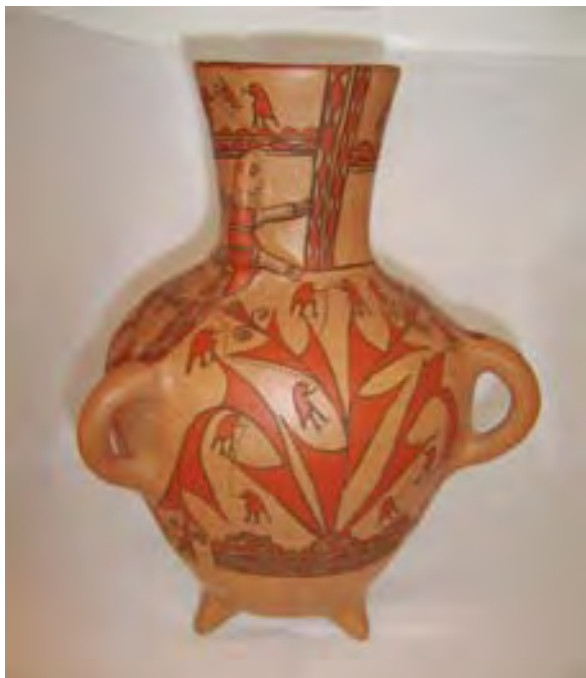
En la casa materna realizan sus primeras incursiones en la artesanía, primero jugando con el barro, la arena y el algodón, luego quemando las piezas en el solar familiar. Sobre todo lo primero que aprenden los niños es decorar con rojo los cantaros y los bulitos para el agua.

Las mujeres no solamente son las reproductoras de la cultura, sino también lo son de la técnica de la alfarería con reminiscencias prehispánicas de San Agustín Oapan. Aquí se conservan vivas las formas, materiales y diseños que se pierden en el tiempo y que siguen vivos en sus manos. (18), (19), (20), (21)

En cada pueblo se forja todos los días su identidad y su vida con cada objeto que representa el entorno de la naturaleza en la que habitan, plantas aves y animales y que ellos mismos dicen la vida es así, dura y es alegre.

Solo en dos pueblos se trabaja la alfarería así, en Tulimán se elaboran cajetes y cantaros que se venden en los mercados cercanos, su manufactura es impecable, pero les falta el

alma plasmada en la decoración que es la característica de los artesanos de San Agustín Oapan que es la otra comunidad alfarera de la región del Balsas como se muestra en las siguientes imágenes.



Piezas decoradas a mano por las artesanas de San Agustín Oapan Gro.

### **3.3. Climatología**

#### **3.3.1. Temperatura**

Presenta dos tipos de clima que son el subhúmedo-cálido y subhúmedo-templado, ocupando la mayor parte el primero; se registran temperaturas máximas de 31.5° C y mínimas de 24.8° C, con una evaporación anual de 2,786.16 milímetros la máxima y una mínima de 2,509.39 milímetros. (18), (19), (20), (21)

#### **3.3.2. Precipitación.**

La temporada de lluvias se presenta en los meses de junio, julio, agosto y septiembre con precipitaciones anuales que varían entre 700 a 1,100 milímetros. Por otro lado existen vientos moderados con dirección sureste, con variaciones de acuerdo a las estaciones del año. (18), (19), (20), (21)

### **3.4. Hidrografía**

El principal recurso hidrológico con que cuenta esta comunidad es el Río Balsas que sirve de límite natural con los municipios de Eduardo Neri y Mártir de Cuilapan; existen además el arroyo Agua Bendita y varios pozos de extracción de agua.

El Río Balsas gigante va creciendo con los afluentes que lo alimentan a su paso por los estados de Puebla, Morelos y Oaxaca, siendo en el estado de Guerrero donde cobra su mayor volumen, su longitud es de 840 kilómetros, desde su nacimiento en el volcán Matlacuéyatl, Tlaxcala, hasta su desembocadura en las azules aguas del Océano Pacífico, en Lázaro Cárdenas, Michoacán. (18), (19), (20), (21)



Vista del Río Balsas desde la entrada de Carretera, por el puente de solidaridad.



El Río Balsas y la vegetación que Depende de el

### 3.5. Principales ecosistemas

#### 3.5.1. Flora

En este espacio aún sobreviven especies de vegetación consistentes en selva caducifolia, caracterizadas por su cambio de follaje en épocas de otoño; también existe el matorral crasicaule y en mínima escala presenta bosque de pino-encino. (18), (19), (20), (21)



Vegetación predominante camino a San Agustín Oapan, Gro.

### 3.5.2. Fauna

Los animales salvajes y su medio paulatinamente se han ido extinguiendo, como sucede en gran parte del territorio Guerrerense. En el monte aún se pueden observar de vez en cuando especies como: Conejo coyote, culebra, gavián, paloma, zopilote, armadillo, tejón, venado, víbora, alacrán, diversos pájaros, zorrillo, mapache, tlacuache, etc. Aunque el animal que predomina dentro de la comunidad de San Agustín Oapan con distintos usos el cerdo (18), (19), (20), (21)



Representación artesanal del animal predominante en la comunidad "el cerdo"



Estos animalitos son el equipo de limpieza

### 3.6. Uso del suelo

El uso que se le da a este recurso es para agricultura de autoconsumo y principalmente para elaboración de alfarería combinando los suelos de la localidad que aunque pequeña en extensión encontramos suelos variados.

### 3.7. Actividad económica.

La principal actividad económica es la decoración con pinturas tanto vinílicas sobre piezas de barro traídas de Cuernavaca hechas en tornos y la decoración con engobes de su propia alfarería así como la realización de las mismas, también decoran sobre otros materiales como el papel ámate, madera, corcho, etc . Los llamados pintores del Balsas como los conocemos ahora, surgen en la década de los sesentas su antecedente, es la decoración del barro con engobes minerales. La habilidad del dibujo y la maravillosa creatividad para plasmar los más diversos temas populares, les ha dado fama mundial.

En la alfarería, habría que agregar la capacidad e imaginación que poseen los artesanos para concebir sus ideas en tres dimensiones. (18), (19), (20), (21)



Las mujeres jóvenes pintan con pinturas vinílicas piezas pequeñas compradas en fabricas y hechas en serie



Los hombres jóvenes pintan con pinturas vinílicas piezas grandes compradas en fabricas y hechas en serie



a) Muñeca Tradicional  
En proceso de decorado, creada totalmente por artesanas mayores, es firmada en la parte inferior por su creadora.



b) Pieza delineada con engobes oscuros, solo falta a agregar el engobe rojos para terminar de decorar la muñeca.

Con los mismos procedimientos y materiales que usaron sus antepasados, la cerámica que elaboran las mujeres de San Agustín Oapan, se realiza para el consumo en poblaciones cercanas, para las fiestas de mayordomía y para ofrendar a los santos. La loza más codiciada es la de uso común. Las tinajas son insustituibles para mantener el agua fría. Los barros locales se amalgaman con arena, a la masa se le agrega algodón silvestre que recolectan de noviembre a mayo

Todas las piezas se levantan a mano, no existen moldes ni torno, cada pieza requiere de moldeado único, solo las bases de las ollas y las faldas de las muñecas se forjan con grandes tortillas pegadas a improvisados moldes de piezas. (18), (19), (20), (21)



a) Sra. Cirenía torteando la arcilla y utilizando Su traste de peltre para realizar un plato

b) Platos creados con el tortillado de la Sra. Cirenía y su molde de peltre.

De acuerdo con cifras al año 2000 presentadas por el INEGI, la población económicamente activa del municipio se presenta de la siguiente manera:

Sector	Porcentaje
Primario. (Artesanía, Agricultura, Ganadería, Caza y Pesca)	22.07
Secundario. (Minería, Petróleo, Industria manufacturera, Construcción y Electricidad)	40.16
Terciario. (Comercio, Turismo y Servicios)	35.12
Otros	2.65

**Aunque viajan constantemente, los mercaderes no rompen relaciones con sus pueblos de origen. Han creado múltiples estrategias para conservar su lengua y su cultura.**

La actividad artesanal se realiza durante todo el año, y se va acomodando a las otras tareas de vida en el campo, como es la agricultura el cuidado de los animales, la participación en las fiestas y el trabajo doméstico. (18), (19), (20), (21)

### 3.7.1 Proceso de elaboración de piezas.

#### 3.7.1.1. Recopilación de materiales

Para comenzar con la creación de esas obras artesanales se inicia preparando los materiales que utilizarán en el siguiente orden.



- Limpian el algodón silvestre con el objetivo de eliminar las impurezas esto lo realizan golpeándolo con una varita y manualmente extrayendo las semillas que contienen como se muestra en la siguiente fotografía



- Ellas mismas recolectan sus arcillas ya que los yacimientos se encuentran en la misma comunidad y procuran enseñar a los hijos a diferenciar los materiales



### 3.7.1.2. Formación de la pieza

- A mezclar los ingredientes

Ya con los materiales (arcilla, arena, algodón, y agua) a su alcance los van mezclando en proporciones que solo ellas determinan según su experiencia, hasta crear una masa la cual es el resultado de la combinación de las mismas



Nana Luisa agregando algodón a su arcilla

- Comienza el amasado.

Primero, la arcilla es amasada para que la humedad y demás partículas se distribuyan homogéneamente y para sacar cualquier burbuja de aire que tenga en su interior (lo que puede provocar explosiones durante el [horneado](#) o quema) Luego es modelada manualmente o mediante diversas herramientas. El [agua](#) es utilizada para mantener la plasticidad de la arcilla durante el modelado, sin que aparezcan rajaduras. La consistencia (humedad) de la arcilla es un asunto de suma importancia si posee la debida firmeza para la hechura manual, es fácil de trabajar, pero si es excesivamente húmeda o seca, puede convertirse en prácticamente intratable. (25)



Amasando y agregando arena a la masa



Sra. Timotea terminando de amasar

- Después la tortilla:

Al tener ya una masa con cuerpo, las artesanas van creando una tortilla primero separan una porción, hacen una bola la cual van golpeando con la palma de su mano hasta extenderla según su necesidad. (la figura que pretendan hacer)



Con golpecitos va extendiendo su masa hasta Formar una tortilla

- Los moldes

Ya que se tiene la tortilla ésta es extendida sobre el molde que se va a utilizar los cuales son rústicos y variados y con los dedos se van manejando las arcillas hasta darles el grosor y forma que ellos prefieran, para después exponerlos al sol por un tiempo relativamente corto aproximadamente 30 minutos.



Moldes en forma de piedras, ollas, planos y sobrantes de piezas de alfarería



Molde circular, con los dedos miden la altura y el grosor de la tortilla extendida sobre el molde)



a) Tortilla de arcilla extendida con los dedos en un molde



B) Después de estirlarla dentro del molde esta lista para ponerla al sol para una máscara

- **Secado al sol:**

La arcilla húmeda y sobre o dentro de los moldes, es expuesta a los rayos del sol, al transcurrir un determinado tiempo, son desmontadas y se le deja secar nuevamente para que pierda el resto de la humedad que aún contiene, cuando la pieza está totalmente seca, su color es más claro, y adquiere mayor dureza. En este momento es cuando se le suele pasar una [lija](#) fina. (25)



Piezas de soles recién extendidas en sus moldes y expuestas a los rayos del sol



Piezas ya desmontadas y puestas al envés para secarse al sol y pierda completamente toda la humedad

- **El Bruñido**

Al estar seca la pieza (con dureza de cuero), se comienzan a bruñir. El **bruñido**, es una técnica para alisar, pulir y sacar brillo a la arcilla, para lo cual se requiere frotar la superficie de la pieza contra otra superficie pulida (generalmente se utilizan agatas o piedras de río), aquí hasta las arcillas más ásperas quedan pulidas y brillantes, hay que realizarlo con mucho cuidado ya que esto aumenta el riesgo de quebraduras (13), (25)



Vasija en plena actividad del bruñido



Soles ya bruñidos cheque el brillo que tienen

- **Decorado:**

Con la habilidad que solo los pintores del Balsas poseen van dándole vida a las figuras con sus decorados en pincel, usando solo su imaginación y utilizando los colores rojizos y negros



Artesana decorando con su pincel



Piezas bruñidas y decoradas.  
Piedras de río (superior derecha)

### 3.7.1.3. Quema de la pieza

Para endurecer y consolidar las formas hechas con barro, es necesario someterlas al fuego. Para ello se utilizan diferentes métodos.

A esta operación se le llama "cochura o quema". La quema que realizan los artesanos del Balsas sigue con sus tradiciones, y es realizada de la siguiente manera:



**a) Forman una base con boñiga (estiércol de ganado)**



**b) Posteriormente se comienzan a acomodar las piezas que se van a quemar, cuidadosamente se colocan una por una.**

**c) Al terminar de acomodarla, se comienza a cubrir con el resto de boñiga.**



d). Terminando de cubrir todas las pzas con la boñiga se prende un papel, cartón o directamente a la boñiga si es que ésta está muy seca.



Al consumirse la boñiga y dar paso a las cenizas se dejan enfriar y posteriormente se introducen en el agua

Desde siempre, las mujeres de Oapan, y después las de Ameyaltepec, han elaborado piezas de barro de uso doméstico: coladeras para lavar nixtamal, cántaros para acarrear agua de los pozos y otros de mayores dimensiones para almacenar el agua en las cocinas, fruteros, cantimploras y platos para servir comida, al igual que piezas para uso ceremonial incensarios, candeleros, platos y jarros especiales para las ofrendas. Asimismo, hacen pequeñas figuras humanas y de animales, que sirven de juguetes a los niños. (18)



Artesanía representativa de San agustín Oapan  
(Utilitaria y decorativa)

## CAPITULO 4

### 4. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 4.1. Reconocimiento y descripción de la zona de estudio

San Agustín Oapan se encuentra en la entidad 12, del municipio 059 con número de localidad 0013 a un a altitud de 500 msnm y con coordenadas de longitud de 99°26'14" y latitud 17°57'08", en esta localidad el 85.62 % hablan lengua náhuatl, se encuentra a 47 Kilómetros del municipio de Iguala viajando por la carretera federal México- Acapulco, perteneciente a la región del alto Balsas el cual les provee de agua suficiente para el consumo humano. Los yacimientos de arcillas, arenas y caolines se encuentran a nivel del suelo.(18), (19), (20). (21)



Calle de San Agustín Oapan, Gro.

Para iniciar nuestro trabajo experimental además de contar con información documental sobre San Agustín Oapan, también fueron necesarias muestras físicas del material con que se elaboran las piezas artesanales, éstas han sido obtenidas por un trabajo de campo que se realizó en la zona de estudio, llamado muestreo de suelos, el cual consiste en tomar muestras de las diferentes arcillas utilizadas y a continuación se explica sobre la metodología seguida.

#### 4.2. Determinación del diseño de muestreo

El diseño del muestreo que se realizó en San Agustín Oapan fue el llamado "Diseño no probabilístico" también llamado por "criterio", "selectivo" o "basado en el juicio del investigador".

Este diseño consiste en tomar las muestras en los lugares que el investigador considera los más adecuados, cuando se sigue un diseño de muestreo no probabilístico, no deben prepararse muestras compuestas.

Decidimos realizar el Diseño no probabilístico resultado de distintas conversaciones realizadas con los artesanos del lugar, los cuales nos dieron a conocer los tres lugares de donde extraen los materiales para la formación de sus 2 distintos barros, más la adición de arenas. (32), (33)

#### 4.2.1. Materiales e Instrumentos para muestreo

El material y equipo para el muestreo de suelos se divide en función del empleo que se le dará en:

##### a) Material de apoyo

- Mapas de carreteras actualizadas
- Cartas (topográficas, edafológica, climática, etc.)
- Cámara fotográfica
- Guía de campo
- Regla graduada
- Libreta de anotaciones
- Estuche con reactivos para pruebas de campo
- Tablas Munsell

##### b) Material para la orientación y ubicación de los pozos de muestreo y para medir la zona

- Altímetro
- Brújula
- Cinta métrica

##### c) Instrumentos para cavar el pozo y tomar las muestras

- Pala
- Pico
- Cuchara de albañil
- Espátula
- Navaja

##### b) Material para guardar y transportar las muestras

- Bolsa de polietileno gruesas, resistentes y limpias,
- Carretilla

##### e) Material para etiquetar y marcar las muestras

- Etiquetas adheribles
- Cinta adhesiva
- Lápiz
- Etiquetas para colgar
- Marcador indeleble



#### 4.2.2. Ubicación de los puntos o pozos de muestreo

Los puntos en donde se ubicaron los pozos para observar los perfiles deben ser los menos perturbados del área y se escogen siguiendo un diseño no probabilístico o por criterio como se había mencionado anteriormente si en una zona alterada se sigue alguno de los diseños de muestreo probabilísticos, podría suceder que los lugares seleccionados no fuesen los más representativos de los tipos de suelos del área. (32), (33)

#### 4.2.3. Excavación del pozo

La excavación de los tres pozos se hizo bajo las siguientes recomendaciones:

- Se orientó de forma que la cara en la que se tomaron las muestras estuviera bien iluminada
- Durante la excavación no se alteró ni dañó la vegetación que crece en la parte superior del pozo de muestreo
- El suelo que se quitó no se colocó en la parte superior del lado donde se hará la extracción del suelo.
- Por último la excavación fue poco profunda ya que el material de trabajo se extrae a profundidades pequeñas. (32), (33)

#### 4.2.4. Descripción de la ubicación de los pozos.

Se realizó una investigación sobre los lugares donde los artesanos recurrían para conseguir sus materiales y todas coincidieron que en general eran tres las zonas principales de la extracción.

A continuación se muestran cada uno de los lugares donde tomamos las muestras y se hace un acercamiento de los mismos para una mejor comprensión.

Trabajan con dos tipos de arcillas la primera llamada negra la cual encontramos dentro del mismo pueblo y a flor de suelo, la otra la conocen como roja.



Banco de materia para engobe



Banco de material para arcilla Negra

Para la obtención de la segunda arcilla caminamos hacia la carretera que lleva a San Miguel Tecuiciapan aproximadamente 1 Kilómetro para extraer muestras de una arcilla roja que presenta una humedad considerable,



Banco de arcilla roja, seca en el exterior y húmeda en el interior.



Arcilla roja húmeda y con sales a la vista

Las dos arcillas tanto la negra como la roja son mezcladas con arena extraída también de los alrededores del poblado, ésta es ocupada para hacer más maleable la pasta que utilizarán para la creación de las piezas de alfarería, ya que los materiales antes mencionados presentan un alto grado de adhesión. La adhesividad es la cualidad del suelo para pegarse a los objetos. Y la arena le proporciona el espacio poroso necesario para su manejo este material es extraído al norte de la comunidad.

Este banco de arena es el que encontramos a nivel mas profundo, es decir en la zona mas baja de la montaña. Este material lo utilizan para combinarlo con las dos diferentes arcillas antes mencionadas.



Banco del material arena



Manchas blancas en el banco de arena

### 4.3. Toma de muestras.

Para todas las tomas de muestras se limpio el lugar y se tomaron aproximadamente 2 Kilos de material húmedo por nivel de 0 a 30 cm y de 30 a 60 cm. se toman a esta profundidad con el objetivo de conocer como se comportan las sales a distintos niveles de profundidad.

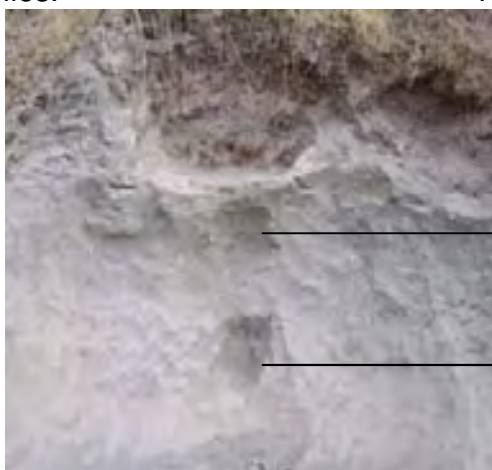
La toma de muestras se hizo siguiendo las técnicas y usando los materiales antes mencionados, se obtuvieron cuatro muestras por pozo, dos de 0 a 30 cm y otras dos de 30 a 60 cm haciendo un total de 6 muestras de aproximadamente 2 Kilos de cada una, dicha toma se realizó de la parte inferior a la superior para evitar contaminación de las mismas como se muestra en las siguientes fotografías:



Limpiando los perfiles.



Toma de las muestras.



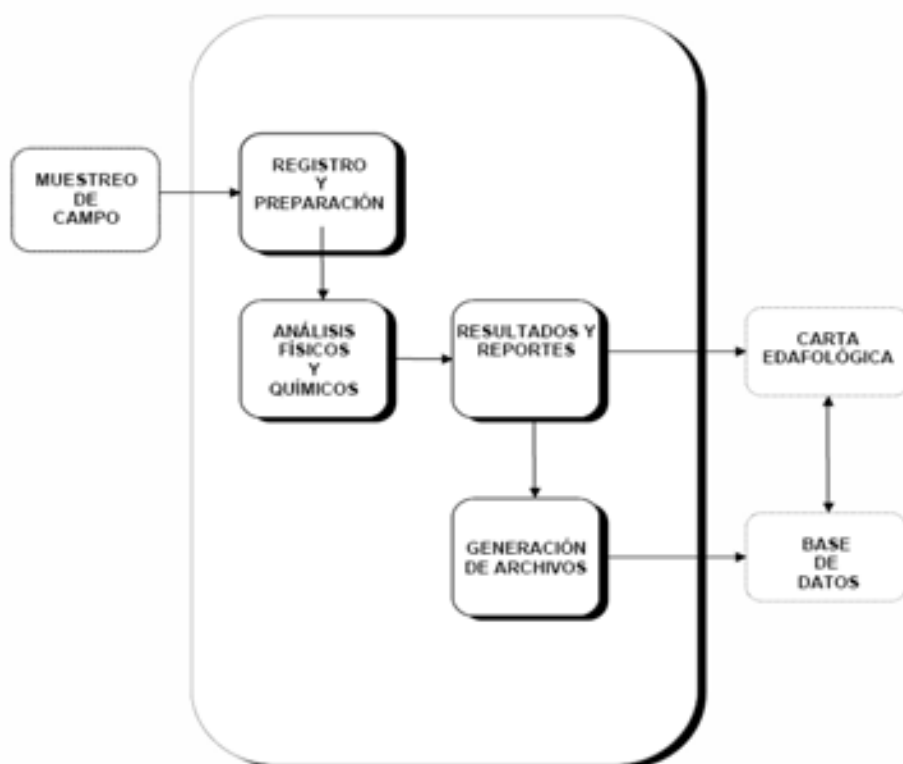
0 a 30 cm.

30 a 60 cm.

Pozo con las marcas de la extracción de muestras.

El esquema muestra las relaciones entre el muestreo de campo, el proceso de análisis físicos y químicos y la integración de resultados. (30), (32), (33)

#### ESQUEMA DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO



#### 4.3.1. Características que deben reunir las muestras para su análisis.

Es fundamental señalar que, del cuidado que se tenga en la obtención de la muestra dependerá, en gran parte, la confiabilidad del resultado de los análisis, ya que:

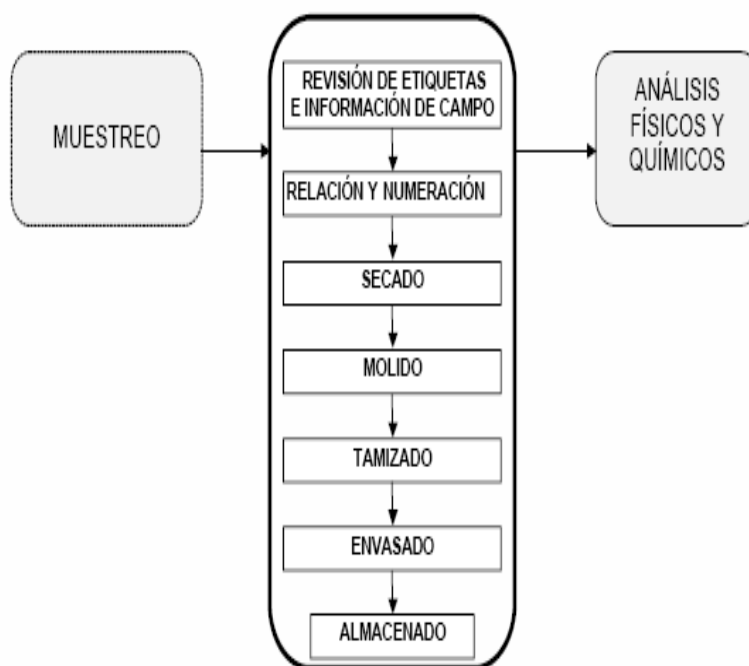
Las muestras colectadas en campo por los especialistas deberán cumplir con la siguiente normatividad:

1. La cantidad de muestra de suelo deberá ser de un kilogramo mínimo, se colectará en bolsas de plástico doble y grueso, para evitar pérdida o contaminación de la misma.
2. Las muestras se identificarán con etiquetas, para anotar los datos de
  - Fecha en que se tomó la muestra
  - No. de pozo, que corresponde al sitio de muestreo
  - Lugar de donde es la muestra
  - Profundidad
  - Nombre del colector

3. Se utilizará tinta indeleble en las etiquetas, para la identificación de las muestras en campo.

4. Las muestras deberán ser enviadas al laboratorio mediante documento que contenga la relación de las mismas y en el caso de que el total de muestras recibidas no coincida con lo relacionado, se notificará a la persona responsable del muestreo para su aclaración. (32), (33)

#### REGISTRO Y PREPARACIÓN



Esquema del proceso

La etapa de registro consiste en ordenar y controlar las muestras de suelo, que son trasladadas al laboratorio, así como organizar la información recopilada en campo para tener un control del muestreo.

La preparación de las muestras es tan importante como el muestreo y análisis de las mismas, ya que los errores cometidos en este proceso pueden afectar el resultado del análisis químico.

A continuación se describirán los puntos del diagrama anterior

1. Se revisó que cada muestra portará la etiqueta con los datos requeridos para su identificación.
2. Se elaboró una relación de las muestras y se asignó un número interno que las identificará en el proceso de análisis y reporte de resultados, formato de control de muestras de suelo.

3. Se colocaron las muestras en charolas protegidas con cartón para el secado, las muestras se dejaron secar al aire, a temperatura ambiente y se evitaron las corrientes de aire, esto con el fin de eliminar el exceso de agua y la actividad biológica.

5. Se utilizó un mazo de madera para disgregar las muestras, disgregar los terrones y así facilitar el proceso de tamizado del suelo.

6. Se paso la muestra de suelo por un tamiz de malla de 2mm, con el objeto de separar gravas, fragmentos de roca, etc.

7. Se utilizaron botes de cartón con tapa para envasar las muestras y evitar reacciones y/o contaminar la muestra.

8. Se almacenaron y guardaron para poder verificar resultados y posibles repeticiones a solicitud.

Todas las actividades anteriores se ilustrarán posteriormente en el capítulo de trabajo de campo y trabajo de laboratorio donde se presentan las acciones realizadas.

#### **4.4. Trabajo de laboratorio**

##### **4.4.1. Registro y preparación de las muestras**

Para la preparación de las muestras, se siguieron una serie de acciones como son:

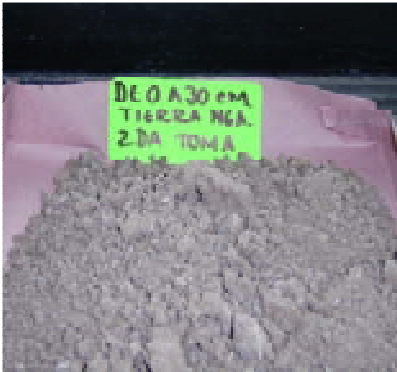
- Revisar que cada muestra porte la etiqueta con los datos requeridos para su identificación.
- Elaborar una relación de las muestras y asignar un número interno que las identificará en el proceso de análisis y reporte de resultados, formato de control de muestras de suelo LAMS 02 (Ver ANEXO 2).
- Colocarán las muestras en charolas de cartón para que se realice el secado, las muestras se dejan secar al aire, a temperatura ambiente y se evitan las corrientes de aire, esto con el fin de eliminar el exceso de agua y la actividad biológica. (Secado)
- Utilizar un mazo de madera para disgregar las muestras, disgregar los terrones y así facilitar el proceso de tamizado. ( Disgregado)
- Se pasó la muestra de suelo por un tamiz de malla de 2mm, con el objeto de separar gravas, fragmentos de roca, etc. (Tamizado)
- Se utilizaron bolsas de plástico para evitar reacciones y/o contaminar la muestra.
- Se almacenaron y guardaron por un periodo de tiempo, para poder verificar resultados y posibles repeticiones a solicitud del especialista.

El orden en que se realiza cada uno depende fundamentalmente del estado de humedad, compactación y agregación de la muestra. (32), (33), (34)

##### **4.4.1.1. Secado**

En condiciones naturales los suelos poseen diferentes grados de humedad y antes de proceder al análisis, las muestras deben secarse para evitar los cambios que se producen en el estado químico de los iones y en la materia orgánica del suelo, cuando las muestras se almacenan húmedas. Sólo en ciertas circunstancias especiales, deben analizarse suelos a humedad de campo. (32), (33), (34)

Secado a temperatura ambiente:



Secado. Muestra de arcilla de 0 a 30 cm. prof.



Secado. Muestra de arena de 0- a 30 cm. prof.



Secado. Muestra de arcilla roja de 0 a 30 cm. prof.

#### 4.4.1.2. Disgregado

Esta operación consiste exclusivamente en la fractura de agregados hasta que la muestra pasa a través del tamiz cuyo tamaño de malla en estos análisis fue del No. 10



Tamiz malla No. 10 y mazo de madera para disgregar



Muestras secas y disgregadas

#### 4.4.1.3. Tamizado

El tamizado tiene que ser fino ya que sólo tienen verdadero interés las partículas con diámetro de 2 mm a menores, en cuya superficie se verifican casi la totalidad de los procesos físicos y químicos del suelo; por ello, antes de analizar las muestras deben pasarse, a través de un tamiz con orificios de 2 mm de diámetro. El proceso de tamizado consiste en:

- Pasar las muestras a través del tamiz frotando con los dos dedos o con un tapón de goma para facilitar el procedimiento.
- Romper los agregados del suelo que no pasan por el tamiz.

- c) Se continúa así hasta que en el tamiz, sólo permanezcan los fragmentos gruesos para volverse a fragmentar con el mazo.

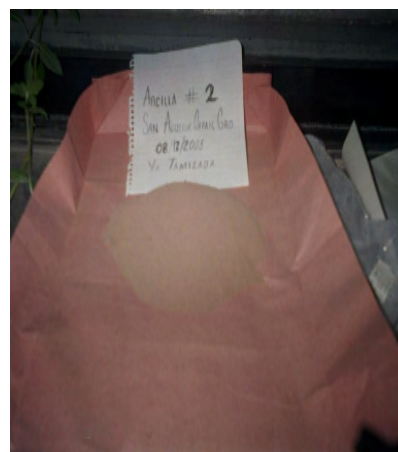
Se termina la preparación de las muestras con el mezclado, ya que a pesar de que el secado, disgregado y tamizado, producen la mezcla del suelo, durante el análisis es necesario, mezclarla nuevamente para asegurarse que esté lo más homogénea posible y así evitar tomar datos de una muestra mal mezclada ya que ésta puede alterar muy drásticamente nuestros resultados. (32), (33), (34)



Muestra de arcilla roja,  
Tamizada



Muestra de arena tamizada



Muestra de arcilla negra  
tamizada

El primer paso que realizamos en el laboratorio al tener nuestras muestras de suelo ya separadas y preparadas, fue una muy sencilla pero con una revelación que en su momento nos asombró, esta consistió en colocar dentro de una placa de porcelana, una pequeña cantidad de los distintos suelos: arcillas, arenas y engobes, posteriormente se les agrego una gota de Ácido Clorhídrico, en todos los casos hubo presencia de efervescencia, lo que nos indicaba presencia de carbonatos, ¿Cuántos? Y ¿En qué forma estaban presentes? eso estaba por comprobarse con los siguientes análisis químicos. Cabe mencionar que en el caso del engobe se desapareció el material casi por completo

#### 4.4.2. Análisis físicos y químicos

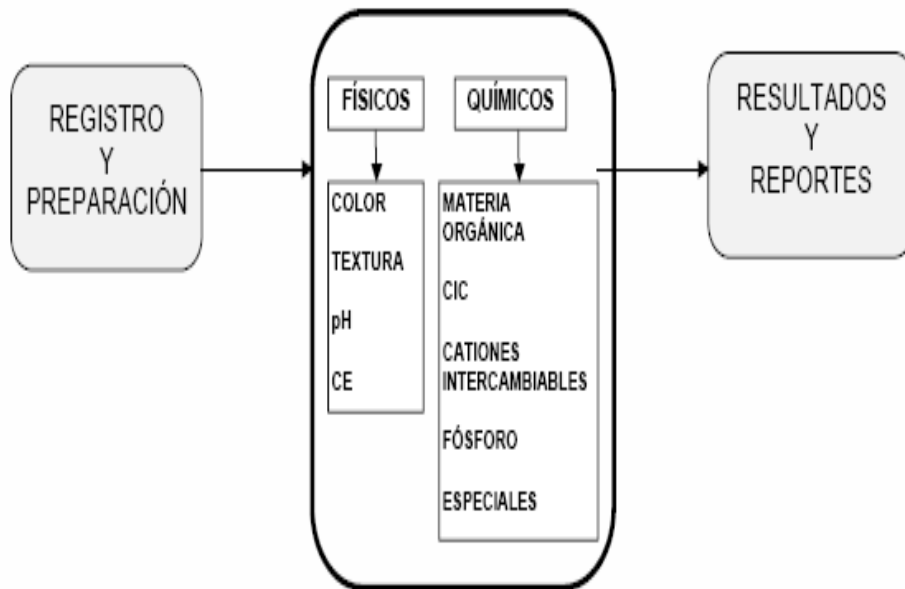
##### Análisis

Es la etapa más importante que se lleva a cabo en el laboratorio por personal profesional y técnico especializado; ya que de los resultados de ésta depende la correlación o corrección de las hipótesis planteadas previas del trabajo cartográfico.

Los análisis físicos y químicos que se realizaron en el laboratorio, a las muestras de suelo con fines de determinación de presencia de sales solubles fueron bajo las metodologías (32), (33), (34)



## ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS



Esquema del proceso

### 4.4.2.1. Análisis físicos

Se realizan con el fin de conocer las propiedades físicas de cada una de las muestras.

#### 4.4.2.1.1. Determinación del color.

En nuestras muestras se determinó el **Color en Seco y Húmedo** por medio de la *Tabla Munsell*. La cual se basa en comparar el color observado en el suelo tanto con respecto al color registrado en las "Tablas de color de suelo Munsell", donde se manejan los parámetros de Hue, Value y Chroma (matiz, valor y tono). El color en el suelo sirve como indicador para denominar horizontes y es determinante para la clasificación.

#### 4.4.2.1.2. Determinación de Textura.

Se realizó el análisis de tamaño de partículas utilizando la técnica del *hidrómetro de Bouyoucos*, para determinar el porcentaje de arcilla, limo y arena.

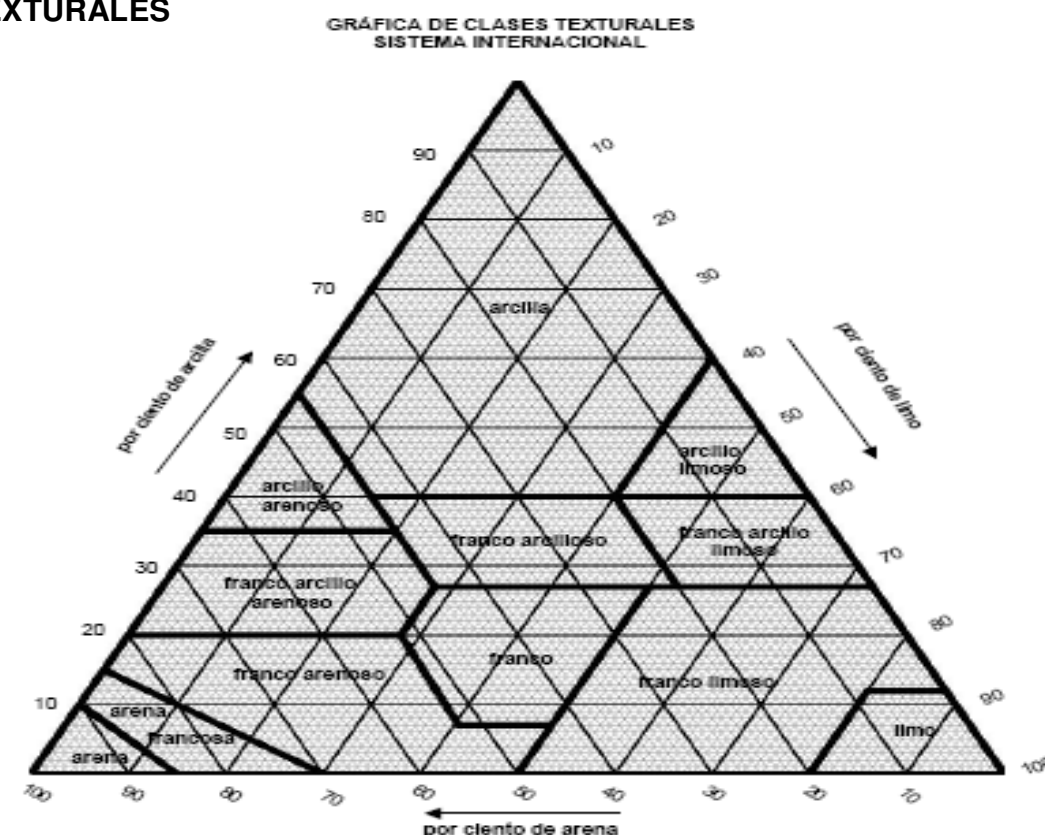
Este método se basa en medir la densidad de la suspensión del suelo, la cual está en función de la velocidad de sedimentación de cada una de las partículas; a partir de los valores obtenidos se determinará la Clasificación Textural, esto permite ubicar al suelo, en estudio dentro de la clase textural correspondiente. La división arbitraria del suelo en las tres fracciones según el tamaño de las partículas minerales: Arenas, Limos y Arcillas, en términos de porcentaje, recibe el nombre de "Textura"

En la siguiente tabla se muestran porcentajes de Arcilla, Limo y Arena, en las clases principales de Texturas (Basadas en el sistema del Departamento de Agricultura de Estados Unidos) (7), (17), (26)

NOMBRE TEXTURAL (Clase de suelo)	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %
Arena	85-100	0-15	0-10
Arena Franca	70-90	0-30	0-15
Franco Arenoso	43-80	0-50	0-20
Franco	23-52	28-50	7-27
Franco Limoso	0-50	50-88	0-27
Limo	0-20	8-10	0-12
Franco Arcilloso Arenoso	45-80	0-28	20-35
Franco Arcilloso	20-45	15-53	27-40
Franco Arcilloso Limoso	0-20	40-73	27-40
Arcilla Arenosa	45-65	0-20	35-45
Arcilla Limosa	0-20	40-60	40-60
Arcilla	0-45	0-40	40-100

Los % de arenas, limos y arcillas calculados para un suelo se llevan al triángulo de clases texturales y se trazan líneas perpendiculares a cada lado, desde la cantidad señalada, hacia el interior del triángulo; el punto en donde se interceptan las tres líneas indica la textura que corresponde a ese suelo. (7), (17), (26)

### CLASES TEXTURALES



Gráfica descrita en la Leyenda del Mapa Mundial de Suelos FAO/UNESCO/ISRIC, 1988

#### 4.4.2.1.3. Determinación de Densidad real, Densidad aparente y Porcentaje de espacio poroso

El método utilizado para realizar estas determinaciones, fue el seguimiento del “Manual de laboratorio para uso de tesis” del M. C. Edvino Vega Rojas y se aplicaron las siguientes formulas:

$$\%P = 100 (1 - D.A / D.R)$$

En donde %P= Porcentaje de Porosidad

D.A=Densidad Aparente

D.R=Densidad Real

Procedimiento para la determinación de densidad aparente, densidad real y espacio poroso en laboratorio. (Ver anexos) (4), (7), (12), (26)

#### 4.4.2.1.4. Determinación del pH.

Se midió el **pH** en una relación 1:2.5 suelo-agua, utilizando la técnica *potenciométrica*.

Con ella se determinó la actividad del ion Hidrógeno mediante el uso de un electrodo cuya membrana es sensitiva al mismo.

El pH es una de las mediciones más comunes e importantes en los análisis físicos de suelo, ya que controla las reacciones químicas y biológicas en él. La determinación del pH es afectada por varios factores tales como: el tipo y cantidad de constituyentes orgánicos e inorgánicos que contribuyen a la acidez del suelo, la concentración de sales, la relación suelo solución, la presión parcial del bióxido de carbono, etc. Es importante señalar que hasta 1996, se utilizó una relación 1:1 suelo-agua. (Ver anexos) (7), (12)

#### 4.4.2.2. Análisis químicos

.Para evaluar la concentración y determinar aquellas variables que sirven para clasificar un suelo, se realizaron análisis químicos cuantitativos.

a) La metodología que se utilizó para realizar los análisis de suelo, es la establecida por la FAO/UNESCO/ISRIC modificada por el INEGI, considerando que el sistema de clasificación adoptado en la Carta Edafológica es el propuesto por la Leyenda del Mapa Mundial de Suelos.

b) Se prepararon reactivos y soluciones estándar que se utilizaron en cada proceso analítico así como curvas de calibración cuando la técnica lo requiera.

c) Se calibraron los equipos a utilizar durante la realización de los análisis, con el fin de lograr la exactitud y precisión requerida

Determinación de materia orgánica (Ver anexos procesos químicos)

d) Se midió la **Conductividad Eléctrica (CE)** en una relación 1:5 suelo-agua, utilizando la técnica *saturación de pasta*.

Esta técnica se basa en medir la capacidad de la solución del suelo para transportar una corriente eléctrica; el resultado expresa la concentración total de sales presentes en el suelo con fines de determinación de presencia de sales solubles.

e). Se determinó la **Capacidad de Intercambio Cationico (CIC)**, por el *método del acetato de amonio pH 7 1N (normal)*

Este método consiste en saturar el suelo con un catión índice (amonio), el catión índice reemplaza a los cationes adsorbidos (sodio, potasio, calcio y magnesio), el exceso de amonio se elimina con un solvente orgánico, posteriormente se reemplaza el amonio adsorbido con una solución de sodio o potasio, y finalmente se cuantifica. A partir de dicho valor se puede inferir el tipo de arcilla presente, la cantidad de nutrientes y el grado de intemperismo en el suelo.

f) Se determinaron los **Cationes Intercambiables**: sodio, potasio.

Estos cationes se encuentran en el extracto resultante de la saturación del suelo con el catión índice. El sodio y el potasio se cuantificarán, utilizando las técnicas de *espectrofotometría de absorción atómico*. Los valores obtenidos se emplearán para calcular el porcentaje de saturación de bases (PSB) y porcentaje de sodio intercambiable (PSI).



Determinación de cationes intercambiables por espectrofotometría de absorción atómica

g) Una práctica más que se realizó fue la de **eliminación de los carbonatos por Acido muriático**, asesorado por el Doctor Arturo Aguirre G. en el laboratorio de suelos, a través de calculos aplicados a los resultados de las prácticas antes mencionadas.

#### 4.4.2.3. Análisis especiales

Se realizaron determinaciones más específicas de suelos como:

a). **Carbonatos**.- Se cuantificaron utilizando la *técnica de volumetría de neutralización*.

La muestra se trató con ácido clorhídrico diluido y el ácido restante (que no reaccionó con el carbonato) se tituló con una solución de hidróxido de sodio, los resultados son referidos como carbonato de calcio. Este valor es útil para diferenciar horizontes cálcicos. (Ver anexos procesos químicos)

b). **Sales solubles**.- Las sales solubles se cuantificaron de la siguiente manera: Sodio y potasio por *pasta de saturación*.

Calcio y magnesio por *Volumetría*, Carbonatos y bicarbonatos por *volumetría*, Cloruros por el método de Mohr.

c) **Calcio y magnesio**.- El Calcio y el Magnesio son cationes que forman parte de los complejos estructurales que forman el suelo generando una estructura granular apropiada.

CUADRO No.13		
CALCIO (CA <sup>+2</sup> ) Kg/Ha	MAGNESIO (Mg <sup>+2</sup> ) Kg/Ha	INTERPRETACION
0-500	0-25	EXTRA POBRE
501-1000	26-50	MUY POBRE
1001-1500	51-100	MEDIO POBRE
1501-2000	101-150	MEDIO
2001-2500	151-250	MEDIO RICO
2501-3000	251-350	MUY RICO
3001 ó MÁS	351 ó MÁS	ESTRA RICO

FUENTE Elementos Asimilables: Moreno Dahme (1980)

El Calcio y Magnesio se determinan a través del método complejo métrico con EDTA (Ver anexos procesos químicos)

#### 4.5. Acciones Realizadas

En las acciones que se desarrollan en el proceso productivo, el cual se explico anteriormente, nos pudimos percatar de tres problemas principales que se presentaban en el cuerpo de la pieza de distintas formas los cuales se explican brevemente.

- a) La afloración de sales solubles en forma de cristales sobre superficie del cuerpo de la pieza.
- b) La presencia de granos salinos en el exterior de la pieza, los cuales se hinchan y provocan un cráter en este.
- c) La presencia de los mismos granos dentro del cuerpo de la pieza.

En la convivencia con los artesanos de la zona de estudio, conocimos a detalle el proceso productivo que siguen, para la realización de sus piezas.

Dentro de este proceso se aplicaron distintas acciones con fines correctivos en los materiales, agregando pequeñas modificaciones en las actividades las tradicionales.



1.- El suelo (arcillas) fue disgregado y tamizados con materiales propios de la región.  
 2.- Posteriormente se le aplicó a este suelo distintos correctivos químicos en una porción del 3%.

- a) Sulfato de Bario
- b) Sulfato de Calcio
- c) Carbonato de Bario

Estos fueron distribuidos con las artesanas que nos realizaron diferentes piezas.



Agregando Sulfato de Bario



Agregando Sulfato de Calcio



Agregando Carbonato De Bario

Los efectos se muestran a continuación:

A) SULFATO DE BARIO	B) SULFATO DE CALCIO	C) CARBONATO DE BARIO

Mientras que el Sulfato de Bario como el Sulfato de Calcio, siguen presentando afloración de sales solubles en la superficie del cuerpo de la pieza inmediatamente. El Carbonato de Bario tuvo una mejor reacción ya que en un lapso de 12 meses las piezas no han presentado hasta el momento este problema.

Así que al tener controlado este problema con un mejorador químico, nos dimos a la tarea de buscar una técnica que no hiciera dependientes a los artesanos de este material y se procedió a lo siguiente:

a) El disgregado se realizó de nueva cuenta, siguiendo la técnica antes descrita.



b) El suelo (arcilla y arena) fue lavado

c) Suelo decantado con ayuda de unos bastidores con medidas 50x50cm.malla de acero inoxidable calibre 100.

TIERRA NEGRA	ARENA
	
TIERRA ROJA Y ARENA PUESTA A FILTRAR	
	

d) Posteriormente se deja secar al sol teniendo como base unos costales que sirven como filtradores del líquido sobrante

Derivado de los análisis químicos aplicados al engobe que las artesanas aplicaban a la pieza en la etapa del alisado, se determinó que el 90% de su composición era de origen mineral. (Véase anexos químicos). Así que el engobe fue sustituido por una arcilla fina llamada caolín.



Sra. Eufemia agregando caolín para alisar



Plato con caolín

Partiendo de estos cuatro puntos básicos, las artesanas comienzan a practicar con el material, creando distintas y variadas piezas que muestran su trabajo y creatividad,



Replica de una regadera



Plato en forma de pato



Cantimplora



Parte superior de una olla



Jarra de Agua



Tanto el diseño del decorado como la quema, siguen aplicándose de la misma forma que lo han hecho.



a) Nana Luisa decorando jarra



b) Prende la Boñiga y comienza la Quema



c) Se va consumiendo la boñiga y Terminando la quema



d) Tras las cenizas, hay que dejar que se enfríe un poco



e) Ya casi terminamos, hay que sumergir la piezas en agua por un lapso aproximado de 2 hrs,



f) Las secamos con un trapito



g) Después a ponerlas al sol para eliminar toda la humedad



h) Y listo **¡Que piezas tan Maravillosas!**

## CAPITULO 5. 5. RESULTADOS

### 5.1. COLOR

El color y clave con el que se clasifica los suelos de la zona de estudio, está determinado en función al manejo de la carta de color Munsell.

POZO	PROF.	CLAVE	COLOR SECO	CLAVE	COLOR HUMEDO
No. 1	0-30	7.5 YR 5/4	MARRÓN	7.5 YR 4/4	MARRÓN OBCURO
	30-60	7.5 YR 5/4	MARRÓN	7.5 YR 4/4	MARRÓN OBCURO
No. 2	0-30	7.5 YR 6/2	GRIS ROSÁCEO	7.5 YR 4/2	MARRÓN OBCURO
	30-60	7.5 YR 6/2	GRIS ROSÁCEO	7.5 YR 4/2	MARRÓN OSCURO
No.3	0-30	10 YR 6/1	GRIS CLARO	10 YR 3/1	GRIS MUY OSCURO
	30-60	10 YR 6/1	GRIS CLARO	10 YR 3/1	GRIS MUY OSCURO
Engobe		10YR 6/1	GRIS CLARO	10 YR 3/1	GRIS MUY OSCURO

Por las diferentes coloraciones que presentan los suelos, podemos darnos cuenta que San Agustín Oapan es una zona rica en diversidad de éstos ya que encontramos desde los marrón hasta los gris claro, los primeros afectados por oxidación y los segundos por melanización.



Color marrón oscuro



Color marrón



Color gris

## 5.2TEXTURA

POZO	PROFUNDIDAD (CM.)	% ARCILLA	% ARENA	% LIMO	CLASIFICACION TEXTURAL
No. 1	0-30	63.58	31.56	4.86	ARCILLA
	30-60	61.58	32.00	6.42	ARCILLA
No.2	0-30	51.58	22.00	26.42	ARCILLA
	30-60	51.58	22.00	26.42	ARCILLA
No.3	0-30	16.72	74.86	8.42	FRANCO ARENOSO
	30-60	13.14	80.42	6.44	ARENA FRANCA
ENGOBE		28.56	57.02	14.42	FRANCO ARCILLO -ARENOSO

## INTERPRETACION

CLASIFICACION TEXTURAL	INTERPRETACION
ARCILLA	Su característica principal al tacto es que son pegajosas, sin embargo algunas arcillas requieren gran cantidad de humedecimiento y amasado entre los dedos antes de que desarrollen su más alta pegajosidad, Poseen Tamaños menores a 0.002 mm (2u)
FRANCO ARENOSO	La proporción de arcilla y limo aumenta lo que le da mucha más cohesión que el arenoso franco. Al apretarlo en seco se forma un agregado, pero se rompe al moverlo. Si está húmedo se forma un agregado, en forma de "lulo" (cilindro) o "Cinta" (plano), pero si se hace pasar entre el pulgar, índice y mayor se rompe al medio en lo largo. Si se logra formar una bolita (esfera), esta se rompe rápidamente.
ARENA FRANCA	Es un suelo que tiene bastante arena pero tiene la suficiente cantidad de arcilla y limo para hacerlo ligeramente más coherente. Los granos se ven y se sienten. Si se aprietan en seco se forma un agregado que se separa, cuando se aprieta se forma un agregado que si se deja sin moverlo, no se romperá.
FRANCO ARCILLO ARENOSO	Esta textura junto con franco arcillo limoso, tienen más consistencia. Se puede fabricar el "lulo", la "cinta" y la esfera, pero se rompen a la presión. La diferencia entre otros es que es más áspera al tacto y se adhiere moderadamente a los dedos, mientras que los franco arcillo limosos son suaves y no se adhieren a los dedos.

### 5.3. DENSIDAD REAL, DENSIDAD APARENTE Y PORCIENTO DE ESPACIO POROSO

POZO	PROF. (CM.)	DENSIDAD REAL	DENSIDAD APARENTE	% DE ESPACIO POROSO
No. 1	0-30	2.1739	1.10	49.40%
	30-60	2.4390	1.17	52.02%
No. 2	0-30	2.4096	0.99	58.92%
	30-60	2.4390	1.00	59.00%
No. 3	0-30	2.6315	1.42	46.03%
	30-60	2.6315	1.43	45.65%
Engobe		2.8900	1.18	55.40%

#### INTERPRETACION

En la densidad real nos contamos con partículas de valores al rededor de 2.65 grs por  $\text{cm}^3$  estamos hablando que éstas son de tipo mineral, arcilloso. Muy semejante es la de los minerales más abundantes en las arenas, como cuarzo, feldespatos, etc...

Mientras los valores de la densidad aparente que indican un suelo con buena estructura, se sitúan en torno a valores cercanos al  $1.35 \text{ g/ cm}^3$ , así podemos darnos cuenta que los suelos de nuestro estudio se encuentran cercanos a estos valores.

Por otro lado hablando sobre el espacio poroso, para que nuestros suelos tengan una correcta aireación y una buena retención de agua es conveniente que la porosidad se situé entre el 40% y el 60 %, por tanto estos suelos cumplen con tal requisito, puesto que si este porcentaje se encontrará rebasado estaríamos hablando de suelos coloidales. Así que este parámetro es un buen indicador que nos auxilia para darnos una idea de la estructura de un suelo.

## 5.4. Ph

La siguiente tabla de Ph muestra el Ph potencial y el Ph real actual, así como la interpretación de estos, la cual nos dará una idea de que tipo de suelo que tenemos ya sean alcalino ó sódico.

POZO	PROF.(CM.)	pH REAL	INTERPRETACIÓN	pH POTENCIAL	INTERPRETACION
No. 1	0-30	7.79	Alcalino	8.37	Ligeramente Alcalino
	30-60	7.76	Alcalino	8.27	Alcalino
No. 2	0-30	7.40	Fuertemente Alcalino	8.60	Ligeramente Alcalino
	30-60	7.60	Alcalino	8.40	Alcalino
NO. 3	0-30	7.20	Alcalino	8.05	Neutro
	30-60	7.60	Alcalino	8.00	Alcalino
Engobe		8.60	Fuertemente Alcalino	9.30	Fuertemente Alcalino
Agua		7.20	Neutro	7.20	Neutro

Como podemos darnos cuenta los suelos que predominan son los alcalinos. Los suelos alcalinos son aquellos que presentan un Ph por encima de 8.0 y poseen una cantidad significativa del ion sodio. Estos suelos presentan como características principales además de un contenido elevado de sodio que le confiere propiedades indeseables, baja permeabilidad, problemas de aireación, inestabilidad estructural y que son necesarios corregir para aumentar su productividad. El objetivo de la corrección de estos suelos es reemplazar los carbonatos alcalinos ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) responsables de la alcalinidad, por sales como los sulfatos que son fácilmente lavables del perfil. Existen 3 tipos de enmiendas que se pueden utilizar:

- 1) Sales solubles de calcio.
- 2) Ácidos o formadores de ácidos y
- 3) Sales de calcio de baja solubilidad.

La efectividad de cada mejorador depende de ciertas condiciones de los suelos, en especial el contenido de  $\text{CO}_3=$  (carbonato) de Calcio y Magnesio. Una vez decidido cual mejorador es el indicado, decisión que debe tomar el técnico, es necesario calcular las cantidades del mismo que se requieren aplicar para corregir el Ph a valores que mejoren las características del suelo.

Las sustancias que pueden utilizarse como correctores son variables.

## 5.5. CALCIO (Ca<sup>++</sup>) Y MAGNESIO (Mg<sup>++</sup>)

En Calcio<sup>++</sup>

POZO	PROF. (cm)	KG/HA. DE Ca <sup>++</sup>	INTERPRETACIÓN
No. 1	0-30	12,700	EXTRA RICO
	30-60	12,600	EXTRA RICO
No.2	0-30	18,500	EXTRA RICO
	30-60	183,500	EXTRA RICO
No. 3	0-30	5,500	EXTRA RICO
	30-60	5,250	EXTRA RICO
Engobe		9, 500	EXTRA RICO

En Magnesio<sup>++</sup>

POZO	PROF. (cm)	KG/HA. DE Mg <sup>++</sup>	INTERPRETACIÓN
No. 1	0-30	1,500	EXTRA RICO
	30-60	1,710	EXTRA RICO
No.2	0-30	1,710	EXTRA RICO
	30-60	1,380	EXTRA RICO
No.3	0-30	150	EXTRA RICO
	30-60	210	EXTRA RICO
Engobe		570	EXTRA RICO

## 5.6. PORCIENTO DE CARBONATOS

POZO	PROF. (CM)	% DE HUMEDAD	% EQ. CaCO <sub>3</sub>
1	0-30	0.945610009	8.40
	30-60	0.948169310	14.91
2	0-30	0.941308230	8.02
	30-60	0.952681283	7.5
3	0-30	0.948686772	1.24
	30-60	0.932081750	0.08

La importancia del conocimiento del contenido en carbonato de calcio del suelo se deriva por ser la principal fuente del elemento calcio.

Una alta concentración de carbonato de Calcio (CaCO<sub>3</sub>) en los suelo confiere propiedades diferentes de textura a estos, debido a su acción aglutinante.

Cuando la concentración no es tan alta como para variar el valor del pH puede resultar bueno en los suelos de textura arenosa.



## ANÁLISIS

La finalidad de este trabajo es inhibir y/o precipitar sales solubles, en suelos utilizados para realizar alfarería en San Agustín Oapan, Gro.

El primer paso fue determinar las sales solubles presentes, en la materia prima (Barro, arena y engobe), en este proceso se localizo Calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) y Magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ ), (en los anexos podrán consultar las técnicas de laboratorio aplicadas), de las cuales posteriormente se extrajeron valores, los cuales se utilizaron en cálculos matemáticos, que según la tabla de interpretación los clasifiqué como Extra Ricos en la concentración de estas sales.

Por consiguiente, estos datos nos muestran el comportamiento de las sales solubles en el interior del cuerpo cerámico.

Al existir una cantidad excedente de sales, en la materia prima, estas se quedan disfrazadas dentro del mismo material, posteriormente en la quema de las piezas cerámicas, con el efecto del calor se deshidratan las arcillas y se evaporan las partículas de agua que mantenía a la sal en un equilibrio inestable, por consiguiente migran a la superficie de nuestra pieza, y al estar en contacto con la humedad ambiental, los granos de sal se hidrolizan para posteriormente desprenderse, donde los granos más grandes se hinchan y se botan, dejando abundantes cráteres y destruyendo así la decoración de las piezas, así que si no se realiza la acción llamada "apagar la cal", más actividades de lavados al material, la vida de estas piezas es de aproximadamente un mes.

Por lo anterior se sugiere un manejo previo de lavados a la materia prima que se ocupa para dicha actividad.

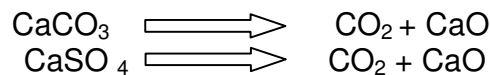
## CONCLUSIONES

Derivado de los análisis realizados a los suelos de la comunidad de San Agustín Oapan se concluye:

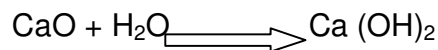
Las afloraciones de sales que se presentan en la superficie del cuerpo de la pieza, en forma de puntos de cal.

Son imperfecciones que consisten en puntos blancos, las cuales son casi imperceptibles en una pieza recién cocida, estas en un tiempo comienzan a agrandarse y se disgregan, visibles en la superficie o en el fondo de pequeños cráteres que han sufrido desconchado.

Suelen ser nódulos de cal, que en el argot cerámico se denomina <<caliches>>, procedentes de la descomposición térmica del carbonato cálcico, caliza o de sulfato cálcico (en forma de yeso) que casualmente, contaminan la arcilla o alguna de las materias primas.



La cal viva (CaO) se hidrata espontáneamente a costa de la humedad ambiental, formando poco a poco cristales de cal apagada Ca (OH)<sub>2</sub> de mayor tamaño, que desconcha la pieza por efecto de cuña.



En el presente trabajo de investigación se desarrollaron varias opciones de solución, el artesano tomará la que más le convenga, estas se presentan en el apartado de recomendaciones

## RECOMENDACIONES

Soluciones químicas:

- a) Agregar por kilogramo de material utilizado (arenas arcillas y engobe), el 3% (30 grs) de carbonato de Bario ( $\text{BaCO}_3$ ), este hará la acción de agente cementante, o bien dicho en otra forma, al estar en contacto con las sales solubles las insolubilizará, precipitándolas o haciéndolas tan perceptibles al tacto que podrán sacarlas manualmente del material.
- b) Agregar Ácido muriático en el material, este eliminaran el carbonato desprendiendo  $\text{CO}_2$  y posteriormente se lava para eliminar las sales, así tendremos una arcilla más pura para trabajar.
- c) Sustituir el engobe con el que alisan que es en un 80% mineral, por una arcilla llamada caolín la cual es muy pura y de la que se encuentran yacimientos dentro del estado.

Soluciones Físicas

- A) La solución consiste en seleccionar las arcillas de modo que no se presente este inconveniente, Se tendrá que moler y tamizar muy fino como se mostró en el capítulo de acciones realizadas, así los pequeños puntos de cal no tienen la fuerza suficiente para agregarse (juntarse) y dañar la pieza.
- B) Otra posibilidad, es la de el lavar todo el material, arcilloso con el que se pretende trabajar (arcilla, arena, engobe), de ésta forma las sales solubles que estén presentes en el material se lixiviarán por este método.
- C) **Después de realizar una o varias acciones combinadas de las antes mencionadas, tenemos una recomendación más, ésta consiste en mojar o inundar las piezas recién cocidas, (como medida precautoria ) por si se diera el caso de que quedará excedente de sales solubles, que no hubiesen sido eliminadas, esto derivado de una mala aplicación del método, ya que dicha acción provoca que la cal viva (cal caliente) se apague bruscamente, y el hidróxido no cristaliza que es lo que provoca el hinchamiento**

Esta última recomendación es la utilizada por los habitantes de San Agustín Oapan, dedicados a la alfarería desde la época prehispánica, donde comienza esta actividad. En su muy atinada costumbre de mojar las piezas recién cocidas (acción aprendida por sus antepasados), controlaban eficientemente un posible deterioro de la pieza a futuro. Pero en la actualidad, sus bancos de arcillas, arenas y engobes han sufrido un deterioro mayor al esperado por los habitantes y esta acción por si sola ya no es suficiente. Así que el artesano podrá adoptar la recomendación que mejor se adecue a sus necesidades.

**Como un complemento al inciso c) se recomienda al FONART, realizar una etiqueta para las piezas que se adquieran de San Agustín Oapan, Gro., que indique que se repita este procedimiento (de mojar la pieza con agua de buena calidad y no caliente), por lo menos una vez al mes, para mantenerla en óptimas condiciones.**

## 10. GLOSARIO

**Adsorción.**- Concentración excesiva de moléculas o iones en una superficie, incluyendo cationes y aniones intercambiables en las partículas del suelo.

**Análisis de tamaño de partícula.**- Es el análisis mecánico que separa la porción mineral inorgánica del suelo, de acuerdo con el tamaño de partícula (arcilla, limo y arena) y se determina por el método de Bouyoucos, sus proporciones se reportan en porcentaje.

**Anión.**- Ion con carga negativa.

**Arcilla.**- Partícula mineral, cuyo diámetro es menor de 0.002 mm y en la que se realiza la adsorción de cationes.

**Arena.**- Fragmento de roca o mineral que tiene un diámetro de 2 a 0.02 mm.

**Boñiga.**- Estiércol de animal Bovino

**Carbonatos.**- El contenido de carbonatos en el suelo, es sumamente importante ya que influye en las características físicas como la permeabilidad al aire y al agua, la porosidad, estabilidad de los agregados y en características químicas como retención de fosfatos, micronutrientes y metales pesados.

**Capacidad de Intercambio Cationico (CIC).**- Es la suma de cationes intercambiables adsorbidos por un suelo, expresados en miliequivalentes por cada 100g de suelo secado al aire y actualmenteen cmol/kg de material.

**Catión.**- Ion con carga positiva. Los cationes más comunes del suelo son: calcio, magnesio, sodio y potasio.

**Cationes intercambiables del suelo.**- Son los metales alcalinos y alcalinoterreos: Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ), sodio ( $\text{Na}^{+}$ ) y potasio ( $\text{K}^{+}$ ) absorbidos a los constituyentes arcillosos y orgánicos del suelo y que pueden intercambiarse entre ellos o con otros iones cargados positivamente en la solución del suelo.

**Chroma.**- La intensidad o pureza del color.

**Clasificación de suelos (Taxonómica).**- Denominación de los suelos de un área con base en un sistema internacional "Leyenda de Mapa Mundial de Suelos, FAO/UNESCO/ISRIC.

**Clasificación textural del suelo.**- Es el nombre de la clase que describe únicamente la distribución de las partículas por tamaño y las proporciones de los separados: arcilla, limo, arena. Para la descripción de esta determinación del suelo se utiliza la Gráfica de las Clases Texturales o Triángulo de Textura (Ver anexos)

**Clave cartográfica.**- Conjunto de caracteres alfanuméricos con el que se identifica un mapa hoja dentro de una cartografía, de acuerdo al Sistema Cartográfico Internacional, en el cual el eje vertical se identifica con letras y el horizontal con números.

**Clave del especialista.**- Formada por las iniciales de los apellidos del responsable del muestreo.

**Color del suelo.**- El color del suelo es el aspecto más fácilmente observable, así como la característica más usada para describirlo.

**Colorimetría.**- Por medio de esta técnica se cuantifica un ion o elemento a través del desarrollo de color, la cual se realiza en un espectrofotómetro (colorímetro) ya sea de luz visible o ultravioleta.

**Conductimetría.**- Método que consiste en medir la capacidad de una solución para conducir una corriente eléctrica.

**Conductividad eléctrica.**- En el suelo es directamente proporcional al contenido de sales.

**Coordenadas geográficas.**- Datos de una red en la superficie terrestre, referida al Ecuador y a un meridiano origen (Longitud y Latitud).

**Edafología.**- Ciencia que estudia las propiedades del suelo.

**Equivalente químico:** Es el peso en gramos de un ion o compuesto que se combina con, o reemplaza un gramo de hidrógeno. El peso atómico o peso de la fórmula dividido por su valencia.

**Flamometría.**- Técnica que se basa en la emisión de radiación característica para cada elemento y en la correlación de la intensidad de la emisión con la concentración de dicho elemento.

**Gravimetría.**- Técnica que se basa en la obtención del peso del compuesto que contiene el elemento que se desea cuantificar.

**Hoja cartográfica.**- Nombre de un mapa carta, o plano, de ciertas medidas, formato y escala, que es parte de una serie cartográfica extensa compuesta de muchas hojas.

**Horizonte de diagnóstico de suelo.**- Capas de suelo aproximadamente paralelas a la superficie, en las cuales un grupo de propiedades físicas y químicas las caracterizan con bastante precisión y su utilidad básica está en la Clasificación de Suelos.

**Horizonte calcáreo.**- Horizonte con acumulación de carbonato de calcio.

**Horizonte gypico.**- Horizonte enriquecido con sulfato de calcio (yeso).

**Hue.**- Indica el tono, tinte o matiz del color.

**Ion.**- Átomo o grupo de átomos con carga eléctrica.

**Limo.**- Partícula mineral, cuyo diámetro se encuentra en el intervalo de 0.02 a 0.002 mm.

**Lixiviación.**- Remoción de materiales de suelo.

**Materia orgánica en el suelo.**- Se entiende como el material de origen orgánico que se encuentra en diferentes estados de descomposición en el suelo y que influye en las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo.

**Meteorización.**- Procesos físicos y químicos que ocasionan la desintegración de las rocas y minerales contenidos en ellas.

**pH del suelo.**- Es una medida que determina la acidez o alcalinidad de un suelo y se define como “*el logaritmo negativo de la actividad del ion hidrógeno* “.El pH del suelo es de enorme importancia porque afecta la estructura del mismo.

**Perfil de suelo.**- Sección vertical de horizontes, cuyas disposiciones y combinaciones son características a cada tipo de suelo.

**Por ciento de saturación de bases.**- Este valor se define como el número de sitios de intercambio ocupado por bases ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^{+}$  y  $\text{K}^{+}$ ), expresado como porcentaje, y es utilizado ampliamente en la clasificación de suelos, fertilidad y estudios de nutrición mineral.

**Por ciento de sodio intercambiable.**- Porcentaje de sodio adsorbido sobre la superficie de las arcillas, el exceso de sodio es tóxico para las plantas (PSI).

**Precipitado.**- Transformación de una sustancia soluble en insoluble.

**Profundidad.**- Medida expresada en centímetros del espesor de cada una de las capas u horizontes que forman el perfil.

**Sales solubles.**- Todas las sales presentes en la solución del suelo.

**Solución del suelo.**- Agua del suelo que contiene los iones en solución.

**Suelo mineral.**- Aquel que contiene menos de 20% de materia orgánica o que contiene una capa orgánica superficial de menos de 30 cm de espesor.

**Suelo orgánico.**- Suelo que está formado predominantemente por materia orgánica.

**Suelo salino.**- Suelo que contiene suficientes sales solubles como para reducir su fertilidad.

**Suelo sódico.**- Suelo en el cual el porcentaje de sodio intercambiable es de 15% o más,

**Suelo sódico-salino.**- Suelo que contiene suficiente sodio intercambiable y sales solubles

**Sulfato de calcio (yeso) en el suelo  $\text{CaSO}_4$ .**- El contenido de yeso en los suelos es de importancia, porque determina la necesidad de aplicar mejoradores químicos a dichos suelos para su recuperación

**Tabla Munsell.**- Extracto del libro de Munsell relativo a las tablas de color de suelo.

**Textura.**- La proporción relativa por tamaños, de los diversos grupos de granos individuales del suelo. La aspereza o finura del suelo.

**Value.**- Indica el brillo, luminosidad o valor del color.

**Volumetría complejométrica.**- Método que consiste en hacer reaccionar el ion a cuantificar con una solución que lo atrapa y forma un complejo (quelato).

**Volumetría de neutralización.**- Medición del volumen de solución valorada ácida o alcalina, que neutraliza la solución problema.



## 11. BIBLIOGRAFÍA

1. AGUIRRE G. A. 1993. Química de los suelos salinos y sódicos. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. 15-61 págs.
2. BRACK A. y Cecilia Mendiola *Enciclopedia virtual*.
3. BRACK, C.A. 1975 *Relaciones Suelo planta (Tomol)* Ed. Hemisferio Sur buenos Aires, Argentina. 390, 392, 393 págs.
4. BOUL, S. W. et. Al. 1981 *Génesis y Clasificación de suelos*. Ed. Trillas México, D. F. 36, 37, 41, 44 págs
5. BUCKMAN, H. y Nilec Brady. 1977. *Naturaleza y propiedades de los suelos* Ed. Montaner y Simona, S.A. Barcelona, España. 98, 99, 106, 107,108, 375, 405, 416 págs.
6. CEPEDA, J. M. 1991 *Química de suelos*. Ed. Trillas. México. 17-18 págs.
7. DONAHUER, R. L. et. al. 1981. *Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas* Ed. Prentice Hall internacional Nueva Jersey, E. U. A. 51, 62,479-521, 112, 113, 116, 117,262, 263, 273 págs.
8. DUCHARUFOUR, P. 1984 *Edafología (Edafogénesis y clasificación)* Ed. Masson España 73, 86, 469-484 págs.
9. FASSBENDER, H. W. y E. Bornemisza. 1985. *Química de suelos (con énfasis en suelos de América Latina)*. Ed. IICA. Costa Rica 187-196 págs.
10. FAO. 1977. *Guía para le descripción de perfiles de suelos Roma*. Pag. Internet. [www.unex.es/edafo/ECAP/ECA.L3](http://www.unex.es/edafo/ECAP/ECA.L3) consistencia htm
11. FITZ PATRICK. 1985. *Suelos (Su formación, clasificación y distribución)* Ed. C. E. C. S. A. México 119-132 págs.
12. FOTH. P.D. 1985. *Fundamentos de la ciencia del suelo*. Ed. C. E. C. S. A. México. 41-84, 200-2004, 217,229-232, 454-463 págs.
13. F. H. NORTON 1982. *Cerámica para el artista alfarero* Editorial Continental, S.A. de C V. México. 278-289.págs.
14. GARCIA F. J. y R. García del Caz 1982 *Edafología y fertilización agrícola* Ed. AEDOS. Barcelona, España.25-40 págs.

15. GARCIA, N, A. 2005. *Área de Edafología y Química Agrícola. Facultad de Ciencias. Edafología Ciencias Ambientales Lección 5 Propiedades del suelo. Pag. Internet [www.unex.es/edaf/index.html](http://www.unex.es/edaf/index.html).*
16. GAUCHER, G. 1971. *El suelo y sus características agronómicas. Ed. Mundi prensa. Madrid, España. 93-96, 125, 150-180, 197-213, 498, 499 págs.*
17. GRAHAM C. 2005 Documental encontrado en Pág. Internet. Voluntad México Febrero.
18. GOOD ESHELMAN C. y Barrientos López Gpe 2004. Nahuas del alto balsas Comisión Nacional para el desarrollo de los pueblos indígenas. México. CDI: PNUD. 5-42 págs.
19. GRAFFYLIA 2002 Estudio de la diversidad religiosa en México. Revista de la facultad de filosofía y letras 2002 13,14 págs.
20. INEGI 2001 *Cuaderno estadístico municipal, Tepecoacuilco de Trujano. Gro. Edición por INEGI / Gobierno del estado de Guerrero/H. Ayuntamiento Constitucional de tepecoacuilco de trujano. 138 pp.*
21. Instituto de Geografía Atlas Nacional de México. UNAM. México, DF. 1991 Carta IV
22. INEGI 1990-2000 Los análisis físicos y químicos en la cartografía edafológica del Guía normativo-metodológica, México 52-53 págs.
23. KEREN, R. y S. Miyamoto. 1990. Reclamation of saline, sodic, and boron affected soils. *In: K.K. Tanji (ed.). Agricultural salinity assessment and management. ASCE manuals and reports on engineering practice 71. New York. 89 pág.*
24. MOCTEZUMA HDEZ. M 1987. Uso de mejoradores en la recuperación de suelos salinos y sódicos México 124 pág.
25. MORELOS GÚETO JUAN. *Tecnología de los materiales cerámicos Editorial Díaz Santos. 317-340 págs.*
26. ORTIZ V. B. 1990. Edafología. Ed. UACH. Chapingo, México. 66-69, 75-77 págs.
27. PEDER HALD 1977. *Técnica de la cerámica. Ediciones Omega S.A. Barcelona. 132-139 págs.*
28. RICHA, L. A. 1973. Diagnostico y Rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Ed. Allison. México. 172-193 págs.

29. *RUSSELL E. J. y Russell E. W. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. Ed. Aguilar. 9ª. España. 605, 615, 693-699, 716 págs.*
30. SALCEDO FERNANDEZ MA. GPE DEL C 2002. (Tesis) Determinación del grado de salinidad y /o sodicidad en suelos de San Juan Zitlaltepec, Opio. De Zumpango, edo, de México. Tesis México.m 13-26, 35-45 págs.
31. THOMPSON L. M. y F. R. Troek.1980. Los suelos y su fertilidad Ed. Reverte Barcelona, España. 56-96, 177-185, 221-227, 250-256 págs.
32. VALENCIA I., C. E. y Hernández B., A. 1998 Manual de prácticas para la caracterización física y química de las muestras de suelo y composta (material de apoyo para el plan de estudios actualizado del CCH laboratorio de Investigación de suelos (L211), FESC- Cuautitlán / Plantel Atzacapotzalco. UN. México. UNAM 108 pp.
33. VALENCIA I. C. y Hernández B. A. 2002. *Muestreo de Suelos Preparación de Muestras y Guía de campo.* México: Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. 114 pp.
34. VEGA R. E. J. Manual de laboratorio de suelos para uso de tesisistas. México, Facultad de estudios superiores Cuautitlán. 30pp.

## ANEXOS

### PROCESOS FÍSICOS

#### Anexo 1 Determinación del color

##### Material

Placa de porcelana  
 Cartas de color Munsell  
 Goteros  
 Suelo tamizado



Carta de color Munsell

##### Técnica de laboratorio

Hacer las determinaciones tomando un poco de suelo seco y colocarlo en la placa de porcelana, y comparar con las tablas de color Munsell.

Al mismo suelo humedecerlo con un gotero cuidando que no quede saturado de agua y comparar con las tablas de color Munsell.

Anotar el color en la forma siguiente:

Ejemplo : 10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro

Donde :

10 YR = Hue, se toma de la parte superior derecha de la tabla.

3/ = Value (brillantez), está indicado en forma vertical al lado izquierdo de la tabla.

/2 = Chroma (intensidad), está indicado en forma horizontal en la parte inferior de la tabla.

Color = Con el matiz, el valúe y el chroma se busca en la hoja opuesta de la tabla y se anota el nombre del color en español.

		10YR					
		Hue					
V a l u e	5/						
	4/						
	3/						
	2/						
			/2	/3	/4	/5	/6
Chroma							



Suelo seco y húmedo  
 Carta de colores  
 Munsell, piseta y  
 espátulas

## Anexo 2.

### Técnica para la Determinación de la Textura del suelo por el método de Bouyoucos

#### Material.

Balanza granataria  
Batidora Oster para textura  
Probeta de 1000 ml.  
Hidrómetro de Bouyoucos  
Termómetro  
Vasos de Berselius de 400 ó 500 ml.  
Baño María o platina caliente  
Pipetas graduadas (2 de 10 ml)  
Técnica de laboratorio

#### Reactivos

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 8%  
Oxalato de sodio al 5 %  
Metasilicato de sodio



1. Pesar 55 gr. de suelo y colocarlo en un vaso de Berselius de 400 ó 500 ml.



2. Agregar 2 veces 20 ml. de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 8% y mezclarlos con un agitador de vidrio



- Secar a baño María ó en platina caliente

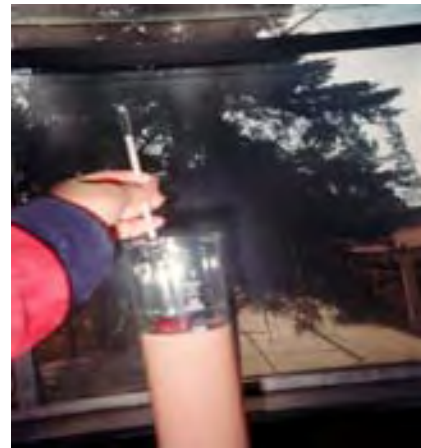


4. Pesar 50 gr. de suelo, 5. Colocar en el vaso de la batidora, 6. Agregar 5 ml. de oxalato de sodio, 7. Agregar 5 ml. de metasilicato de sodio. 8. Agregar agua de la llave hasta la segunda ranura. 9. Agitar 10 min. en el agitador mecánico (si es arcilloso agitar 15 minutos).



- 10. Pasar a una probeta de 1000 ml.
- 11. Aforar a 1000 ml. con agua de la llave
- 12. Agitar un minuto
- 13. (para que la muestra quede homogénea)

- 14. Reposar 40 seg. Y tomar la primera lectura con el hidrómetro



- 15. Medir y anotar la temperatura.
- 16. Reposar dos horas y tomar la segunda lectura.

- 17. Nuevamente tomar el dato del Hidrómetro y anotar

NOTA: agregar 0.2 a la lectura por cada grado de temperatura después de 22°C ó restarlos en caso contrario. Hacer los cálculos y ver la textura en el triángulo.

Tabla No.16

POZO	PROFUND.	1RA LEC. HIDROM.	2DA. LEC. HIDROM	1RA LEC. TEMP.	2DA LEC. TEMP.
No. 1	0-30 cm.	33	31	26° C.	24° C.
	30-60 cm.	33	30	25° C.	24° C.
No. 2	0-30 cm.	38	25	25° C.	24° C.
	30-60 cm.	38	25	25° C.	24° C.
No. 3	0-30 cm.	12	8	23° C.	22° C.
	30-60 cm.	9	6	24° C.	23° C.
Engobe		22	15	18° C.	17° C.

Cálculos para la determinación de textura

Determinación de textura

Fórmulas:

L. C<sub>1</sub> = (Temp. de la muestra-Dato del hidrómetro) (0.18) + Lectura leída.

L. C<sub>2</sub> = Lectura corregida

% de limos +% arcillas =  $\frac{\text{primera lectura} \times 100}{\text{gr. de suelo}}$

% de arena = 100- (% de limos + % de arcillas)

% de arcilla =  $\frac{\text{segunda lectura} \times 100}{\text{gr. de suelo}}$

% de limo = se resta al % de limos + arcilla el % de arcilla.

Dato del hidrómetro = 20° C

### **Pozo No. 1 (0-30 cm)**

$$\begin{aligned} L.C._1 &= (26.8-20) (0.18)+33 \\ &= 34.22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L.C._2 &= (24.4) (0.18)+31 \\ &= 31.79 \end{aligned}$$

$$\% \text{ limos} + \% \text{ Arcillas} = \frac{34.22}{50} \times 100 = 68.44\%$$

$$\% \text{ Arcillas} = \frac{31.79}{50} \times 100 = \mathbf{63.58 \%}$$

$$\% \text{ Limos} = 68.44 - 63.58 = 4.86 \%$$

$$\% \text{ Arenas} = 100 - 68.44 = \mathbf{31.56 \%}$$

### **Pozo No. 1 (30-60 cm.)**

$$\begin{aligned} L.C._1 &= (25.6-20) (0.18)+33 \\ &= 34 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L.C._2 &= (24.4-20) (0.18) +30 \\ &= 30.79 \end{aligned}$$

$$\% \text{ Limos} + \% \text{ Arcillas} = \frac{34}{50} \times 100 = \mathbf{68 \%}$$

$$\% \text{ Arcilla} = \frac{30.79}{50} \times 100 = \mathbf{61.58 \%}$$

$$\% \text{ Limos} = 68 - 61.58 = \mathbf{6.42 \%}$$

$$\% \text{ Arenas} = 100 - 68 = \mathbf{32 \%}$$

### **Pozo No. 2 (0-30 cm.)**

$$\begin{aligned} L.C._1 &= (25.6-20) (0.18)+38 \\ &= 39 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L.C._2 &= (24.4-20) (0.18) +25 \\ &= 25.79 \end{aligned}$$

$$\% \text{ Limos} + \% \text{ Arcillas} = \frac{39}{50} \times 100 = \mathbf{78 \%}$$

$$\% \text{ Arcilla} = \frac{25.79}{50} \times 100 = \mathbf{51.58 \%}$$

% Limos =  $78 - 51.58 = 26.42 \%$   
 % Arenas =  $100 - 78 = 22 \%$

**Pozo No. 2 (30-60 cm.)**

$L.C._1 = (25.6 - 20) (0.18) + 38$   
 $= 39$

$L.C._2 = (24.4 - 20) (0.18) + 25 = 25.79$

% Limos + % Arcillas =  $\frac{39}{50} \times 100 = 78 \%$

% Arcilla =  $\frac{25.79}{50} \times 100 = 51.58 \%$

% Limos =  $78 - 51.58 = 26.42 \%$

% Arenas =  $100 - 78 = 22 \%$

**Pozo No. 3 (0-30 cm.)**

$L.C._1 = (23.2 - 20) (0.18) + 12$   
 $= 12.57$

$L.C._2 = (22 - 20) (0.18) + 8$   
 $= 8.36$

% Limos + % Arcillas =  $\frac{12.57}{50} \times 100 = 25.14 \%$

% Arcilla =  $\frac{8.36}{50} \times 100 = 16.72 \%$

% Limos =  $25.14 - 16.72 = 8.42 \%$

% Arenas =  $100 - 25.14 = 74.86 \%$

**Pozo No. 3 (30-60 cm.)**

$L.C._1 = (24.4 - 20) (0.18) + 9$   
 $= 9.79$

$L.C._2 = (23.2 - 20) (0.18) + 6$   
 $= 6.57$

% Limos + % Arcillas =  $\frac{9.79}{50} \times 100 = 19.58 \%$

% Arcilla =  $\frac{6.57}{50} \times 100 = 13.14 \%$

% Limos =  $19.58 - 13.14 = 6.44 \%$

% Arenas =  $100 - 19.58 = 80.42 \%$

**Engobe:**

$L.C._1 = (17.2 - 20) (0.18) + 22 = 21.49$

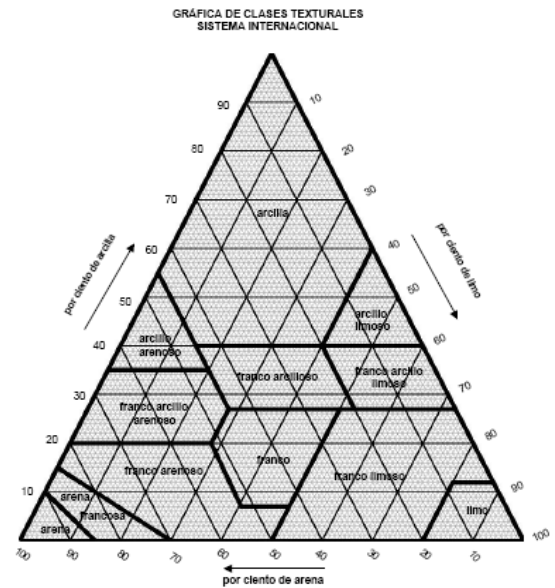
$L.C._2 = (16 - 20) (0.18) + 15 = 14.28$

% Limos + % Arcillas =  $\frac{21.49}{50} \times 100 = 42.98$

% Arcilla =  $\frac{14.28}{50} = 28.56$

% Limos =  $42.98 - 28.56 = 14.42$

% Arenas =  $100 - 42.98 = 57.02$



Gráfica derivada en la Leyenda del Mapa Mundial de Suelos FAO/UNESCO/ISRIC, 1988



### Anexo 3 Densidad aparente

#### Material

Probeta de 10 ml.

Balanza granataria

Franela

#### Técnica de laboratorio.



4.6. Pesar una probeta de 10 ml. vacía  
golpear

2. Agregar suelo hasta los 10 ml. y

ligeramente diez veces sobre la franela

3. Agregar el suelo que falte hasta los  
10 ml.

4. Pesar la probeta con el suelo

5. Restar el peso de la probeta y hacer los  
cálculos

Fórmula:

$$\text{Densidad aparente} = \frac{\text{Peso del suelo}}{\text{Volumen}} = \text{gr/ml}$$

## Anexo 4 Densidad real

### Material

Picnómetro a peso constante  
Agua destilada  
Balanza analítica  
Piceta  
Pinzas  
Desecador.



Materiales de densidad real para trabajar

### Técnica de laboratorio

1. Pesar una probeta, cuidando que el número del tapón corresponda al número de esta y anotar el peso.
2. Agregar el equivalente a %gr. de suelo (una cucharadita) usando un embudo y pesar (s).
3. Agregar una tercera parte de agua destilada con una piceta, cuidando de no mojar por fuera.
4. Aplicar un movimiento de rotación suave, para desalojar el aire.
5. Reposar 30 min. y desplazar las burbujas de aire hasta observar que no haya quedado ninguna.
6. Llenar, cuidando que quede lleno al capilar del tapón. Secar con papel filtro ó con un lienzo de lino.
7. Pesar la probeta con suelo y agua (s+a).
8. Lavar la piceta, dejarla secar en la estufa por dos horas y secarla, enfriarla en un desecador y llenarla con agua destilada y pesarlo

NOTA: Cuando los suelos contienen mucha materia orgánica, se dejan reposar de un día para otro; ó bien pueden colocarse a baño maría hasta que se desprendan las burbujas, secar y enfriar.

Fórmula: (antes de sustituir en la fórmula, restar el peso la piceta).

$$\text{Densidad real} = \frac{S}{S + A - (s+a)}$$

S = Peso del suelo

A = Peso del agua

s+a= Peso del suelo y el agua mezclados

Calcular el % de espacio poroso con la fórmula:

$$\%P = 100 (1 - DA/DR)$$

Cálculos para la determinación de densidad aparente, densidad real y espacio poroso.

- Densidad aparente

Fórmula:

$$\text{Densidad aparente} = \frac{\text{Peso del suelo}}{\text{Volumen}} \quad =\text{gr/ml}$$

Datos obtenidos en el laboratorio y aplicación en la fórmula

Tabla No. 17					
Pozo	Profund. (cm)	Peso de la probeta (a)	Peso de probeta + suelo (b)	Resultado de (b-a)	$\frac{\text{Peso del suelo}}{\text{Volumen}} = \text{gr/ml}$
No. 1	0-30	38.5	49.5	11.0	11/10 = 1.1
	30-60	38.8	50.5	11.7	11.7/10 = 1.17
No. 2	0-30	37.3	47.2	9.9	9.9/10 = .99
	30-60	36	46.0	10.0	10/10 = 1
No. 3	0-30	38.2	52.4	14.2	14.2/10 = 1.42
	30-60	35.7	50.0	14.3	14.3/10 = 1.43
Engobe		37.4	49.2	11.80	11.8/10=1.18

- Densidad real

Fórmula:

$$\text{Densidad real} = \frac{S}{S + A - (s+a)}$$

Donde:

S = Peso del suelo

A = Peso del agua

s+a= Peso del suelo y el agua mezclados.

Tabla No. 18					
Pozo	Profund. (cm.)	Peso del matraz (a)	Peso del matraz+ suelo+ agua (b)	Peso del matraz c/agua (c)	$\frac{S}{S + a - (s+a)}$
No.1	0-30	60.9	170.5	159.7	20/20+98.8-(109.6) =2.1739
	30-60	60.9	171.8	160.0	20/20+99.1-(110.9) =2.4390
No.2	0-30	61.2	172.3	160.6	20/20+99.4- (111.1) =2.4096
	30-60	64.2	175.2	163.4	20/20+99.2-(111.0) =2.4390
No. 3	0-30	64.0	175.9	163.5	20/20+99.5- (111.9) =2.6315
	30-60	61.5	173.2	160.8	20/20+99.3- (111.7) = 2.6315
Engobe		54.60	164.7	151.60	20/6.9=2.89

7.1.5. Porcentaje de espacio poroso

Fórmula:

$$\%P = 100 (1 - DA/DR)$$

Donde:

%P= Porcentaje de Porosidad

D.A=Densidad Aparente y D.R=Densidad Real

Tabla No. 19				
Pozo	Profund. (cm)	Densidad aparente	Densidad real	$\%p=100(1-da/dr)$
No. 1	0-30	1.1	2.17	100(1-0.5060)=49.4%
	30-60	1.17	2.4390	100 (1-0.4797) =52.02%
No. 2	0-30	0.99	2.4096	100 (1-0.4108) =58.92 %
	30-60	1	2.4390	100 (1-0.4100)=59 %
No. 3	0-30	1.42	2.6315	100 (1-0.3996) =46.03%
	30-60	1.43	2.6315	100 (1-0.5434) = 45.65%
Engobe		1.29	2.89	100 (1- 0.4463) =55.40%

## Anexo 5 Determinación del pH

### Material.

Potenciómetro  
Balanza granataria  
Vasos de precipitados  
Piceta

### Reactivos

Agua destilada  
KCL 1N pH 7  
Sol. buffer pH 7

### Técnica de laboratorio



1.- Pesar 10 gr. De suelo.



2.- Colocarlos en vasos de precipitados



3.- Agregar 25 ml de agua destilada.  
4.- Agitar 30 min. Manualmente.



5.- Calibrar el potenciómetro con solución buffer pH 7  
6.- Leer el pH de las muestra

7.- Seguir el mismo procedimiento y leer el pH con KCl. 1N pH 7  
8.- Si el suelo es alcalino (mayor de pH 8) leer también con una disolución 1:5 para agua destilada y KCL (10 gr, de suelo y 50 ml. de agua destilada o KCl)

## PROCESOS QUÍMICOS

### Anexo 6

#### Determinación de Conductividad eléctrica en el laboratorio

##### Material

Puente de conductibilidad y celda de conductibilidad.

Recipiente de 250 gr ó mayores

Agua destilada

Bureta de 100 ml.

Espátula

Papel Filtro Whatman #2

##### Técnica de laboratorio.

1. Pesar 250 gr. de suelo y colocarlo en un recipiente (bote de plástico)
2. Agregar agua destilada con una bureta y mezclar con la espátula
3. De vez en cuando la pasta debe consolidarse, golpeando el recipiente con cuidado sobre una franela en la mesa de trabajo.
4. Al saturarse la pasta brilla por la reflexión de la luz, fluye ligeramente si se inclina el recipiente y la pasta se desliza fácilmente por la espátula excepto en el caso de suelos con alto contenido de arcilla
5. Después de mezclarse se debe dejar reposar durante una hora y comprobar a criterio la saturación (la pasta no debe haber acumulado agua en la superficie, perder su brillo, ó endurecerse durante el reposo. Si ha perdido brillo ó se ha endurecido, es necesario mezclar nuevamente agregando agua.
6. Anotar el gasto de agua
7. Tapar el recipiente y dejarlo reposar por 12 hrs.
8. Después del reposo mezclar la pasta y colcospia en el embudo Buchner con papel filtro Whatman #2 y aplicar el vacío.
9. El extracto se recibe en un tubo de ensaye que se coloca dentro del matraz kitasato que sostiene el embudo
10. Leer la conductividad eléctrica del extracto.



Mezclado del suelo y agua destilada



Agregando la pasta saturada de la arcilla al matraz kitasato

### Técnica para leer la conductividad eléctrica del extracto.

1. Medir la temperatura del extracto y mover el botón de temperatura a la indicada en el extracto.
2. Lavar la celda con la solución que será analizada
3. Llenar la celda con el extracto, para esto se coloca el extracto en un tubo de ensaye donde quepa la celda y el filtrado, de manera que la celda quede cubierta por el extracto
4. Ponga la aguja de la escala en el punto de balance, haciendo uso del ojo mágico, si éste no encendiera la conductibilidad es mayor de 100 milimhos, en éste caso se hará una dilución midiendo 1 ml. del extracto y aforrando a 25, 50 ó 100 ml. según se haya hecho la dilución.
5. Si el aparato registra la lectura en micromhos, hacer la conversión a milimhos dividiendo entre 100 la lectura.



Para medir conductividad eléctrica al extracto de saturación

### **Anexo 7**

#### **Determinación de capacidad de intercambio cationico total (Para suelos alcalinos pH mayor de 8.3)**

##### ***Material.***

Balanza analítica  
Tubos de centrífuga  
Matraces Erlenmeyer  
Centrífuga  
Picetas  
Bureta  
Papel Whatman #40

##### ***Reactivos***

Acetato de sodio 1N pH7  
Alcohol etílico 96%  
Acetato de amonio 1N pH7

### Técnica de laboratorio

1. Pesar 1 gr. de suelo y colocarlo en un tubo de centrífuga
2. Agregar 5 ml de acetato de sodio 1 N pH7 y mezclar con un agitador de vidrio
3. Agregar otros 5 ml de acetato de sodio con una piceta lavando el agitador y cuidando que el tubo no quede demasiado lleno.
4. Centrifugar durante 5 min. a 3,000 rpm y decantar (desechar)
5. Volver a centrifugar, decantar y desechar 5 veces
6. Agregar 5 veces alcohol etílico y centrifugar (se deshecha)
7. Centrifugar 5 veces con acetato de amonio 1N pH7 y guardar.
8. Aforar a 50 ml. con agua destilada y filtrar con papel Whatman #40
9. Leer en flamómetro la curva patrón para sodio
10. Leer en el flamómetro las muestras y con las lecturas buscar las ppm. En la curva y sustituir en la fórmula:

Fórmulas:

$$\frac{\text{ppm} \times 5}{\text{eq. Na}^+} = \text{meq}/100\text{gr. de Na}^+ \text{ equivalente a la C.I.C.T.}$$

$$\frac{\text{ppm (disolución/10)}}{\text{eq. Na}^+} = \text{meq}/100 \text{ gr. de Na}^+ \text{ equivalente a la C.I.C.T.}$$

PARA LEER LAS ppm. DE SODIO SE UTILIZÓ LA CURVA PREPARADA CON ACETATO DE SODIO.



Material utilizado



Reactivos utilizados

### **Anexo 8**

#### **Determinación de Carbonatos y Bicarbonatos (método volumétrico) en el laboratorio**

##### **Material.**

Balanza analítica  
Papel Whatman No.2  
Matraces erlenmeyer  
Embudos  
Pipetas de 10 y 1 ml.  
Buretas

##### **Reactivos**

Agua destilada  
Carbón activado  
Fenolftaleína 1%  
HCL 0.1N  
Anaranjado de metilo 0.01%

Técnica de laboratorio.

1. Pesar 10 gr. de suelo
2. Agregar 50 ml. de agua destilada
3. Agregar 0.1 gr. de carbón activado
4. Reposar 5 min. y filtrar
5. Tomar 10 ml. de alícuota y agregarle 25 ml. de agua destilada
6. Agregar 6 gotas de fenolftaleína (calentar si es necesario) y observar el vire de incoloro a rosa mexicano.
7. Si se observó el vire, titular con HCL 0.1N hasta que desaparezca el color, (si no apareció el color rosa seguir el paso 8) que indica la presencia de carbonatos.
8. Agregar 5 gotas de anaranjado de metilo
9. Titular bicarbonatos con HCl 0.1N hasta que vire a color canela.

Fórmulas:  $\text{CO}_3^{=}$  meq/100 gr. =  $\frac{\text{Ml. de HCl} \times 2 \times N \times 100}{\text{gr. de muestra}}$

$\text{HCO}_3$  meq/100 gr. =  $\frac{\text{ml de HCl} \times N \times 100}{\text{gr. de muestra}}$

N = normalidad de HCl.

NOTA: Para determinar  $\text{CO}_3^{=}$  y  $\text{HCO}_3$  en el Extracto de la pasta de saturación, se toma 1 ml. del extracto, se le agregan 9 ml. de agua destilada y se continúa la técnica a partir del No. 7



Agregando fenolftaleína a la alícuota  
Datos obtenidos en el laboratorio:



Titulando para observar el vire

Tabla No. 20			
Pozo	Profund. (ml)	Ml. Gastados para $\text{CO}_3^{=}$	Ml. Gastados para $\text{HCO}_3$
No. 1	0-30	0.01	0.01
	30-60	0.01	0.01
No. 2	0-30	0.01	0.01
	30-60	0.01	0.01
No.3	0-30	0.01	0.01
	30-60	0.01	0.01



Pozo No. 1 (0-30 cm.)

$$\text{CO}_3^{=} \text{ meq/100 gr.} = \frac{0.01 \times 2 \times 0.1 \times 100}{10} = 0.02$$

Pozo No. 1 (30-60 cm.)

$$\text{CO}_3^{=} \text{ meq/100 gr.} = \frac{0.01 \times 2 \times 0.1 \times 100}{10} = 0.02$$

Pozo No. 2 (0-30 cm.)

$$\text{CO}_3^{=} \text{ meq/100 gr.} = \frac{0.01 \times 2 \times 0.1 \times 100}{10} = 0.02$$

Pozo No. 2 (30-60 cm.)

$$\text{CO}_3^{=} \text{ meq/100 gr.} = \frac{0.01 \times 2 \times 0.1 \times 100}{10} = 0.02$$

Pozo No. 3 (0-30 cm.)

$$\text{CO}_3^{=} \text{ meq/100 gr.} = \frac{0.01 \times 2 \times 0.1 \times 100}{10} = 0.02$$

Pozo No. 3 (30-60 cm.)

$$\text{CO}_3^{=} \text{ meq/100 gr.} = \frac{0.01 \times 2 \times 0.1 \times 100}{10} = 0.02$$

Pozo No. 1 (0-30cm)

$$\text{HCO}_3 \text{ meq/100 gr.} = \frac{0.01 \times 0.1 \times 100}{10} = 0.1$$

Pozo No. 1 (30-60cm)

$$\text{HCO}_3 \text{ meq/100 gr.} = \frac{0.01 \times 0.1 \times 100}{10} = 0.01$$

Pozo No. 2 (0-30cm)

$$\text{HCO}_3 \text{ meq/100 gr.} = \frac{0.01 \times 0.1 \times 100}{10} = 0.01$$

Pozo No. 2 (30-60cm)

$$\text{HCO}_3 \text{ meq/100 gr.} = \frac{0.01 \times 0.1 \times 100}{10} = 0.01$$

Pozo No. 3 (0-30cm)

$$\text{HCO}_3 \text{ meq/100 gr.} = \frac{0.01 \times 0.1 \times 100}{10} = 0.01$$

Pozo No. 3 (30-60cm)

$$\text{HCO}_3 \text{ meq/100 gr.} = \frac{0.01 \times 0.1 \times 100}{10} = 0.01$$

## **Anexo 9**

### **Determinación de Ca<sup>++</sup> y Mg<sup>++</sup> en el laboratorio**

#### **Material.**

Balanza analítica

Tubos de centrífuga

Vasos de precipitado

Embudos

Bureta

Papel filtro Whatman No. 40

Pipeta graduada de 10 ml.

Matraz aforado del 50 ml.

Flamometro.

#### **Reactivos**

Carbón activado

Acetato de amonio 1 N pH7

Solución buffer pH 10

Clorhidrato de hidroxilamina KCN al 2%

Negro de eriocromo T

Na OH al 5 %

Versenato (EDTA ) al 0.02 N

Murexida

-94-

Técnica de laboratorio.

1. Pesar 10 gr. de suelo
2. Colocar en un tubo de centrifuga
3. Agregar 5 ml.(1/2 tubo ) de acetato de amonio
4. Centrifugar durante 5 min. a 3000 rpm
5. Decantar el sobrenadante en un frasco
6. Repetir 10 veces el centrifugado y el decantado
7. Vaciar a un matraz aforado de 250 ml aforar
8. Filtrar con papel Whatman #40
9. Titular Ca ++ y Mg ++ y guardar el resto.

Para Ca ++ y Mg ++

2. Tomar 10 ml. del filtrado (alícuota)
3. Agregar 10 ml. de sol. Buffer pH 10 (medir con probeta)
4. Agregar 5 gotas de KCN al 2%
5. Agregar 5 gotas de clorhidrato de hidroxilamina
6. Agregar 5 gotas de negro eriocromo T
7. Titular con EDTA (versenato) hasta que vire de púrpura a azul.

Para Ca ++

1. Tomar 10 ml. del filtrado (alícuota)
2. Agregar 5 ml. de NaOH al 5%
3. Agregar murexida como indicador
4. --Titular con EDTA (versenato) hasta observar el vire de rosa a lila



Vire púrpura



Vire azul



Vire rosa



Vire lila

Fórmulas:

$$\text{Ca}^{++} = \frac{\text{ml. de EDTA} \times 5 \times N}{\text{Gr. de muestra}} \times 100 = \text{meq/100 gr. de suelo}$$

$$\text{Mg}^{++} = \frac{\text{ml. de EDTA} \times 5 \times N}{\text{Gr. de muestra}} \times 100 = \text{meq/100 gr. de suelo}$$

NOTA: a los ml. gastados para titular  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  se le restan los ml. gastados para titular  $\text{Ca}^{++}$  y así se obtiene el gastado de EDTA para  $\text{Mg}^{++}$

5 = Se multiplica por 5 ya que se tomaron 10 ml. de un total de 50 ml. del filtrado.

N = Normalidad del versenato

Donde:  $V_t$ , volumen teórico

$N_t$ , normalidad teórica

Volumen real

Mililitros gastados en la titulación

Datos obtenidos en el laboratorio

Tabla No. 21			
DETERMINACION DE CALCIO Y MAGNESIO			
Pozo	Profund. (cm)	CA <sup>++</sup> Y MG <sup>++</sup> (TITULACION)	CA <sup>++</sup> (TITULACION)
No. 1	0-30	30.6 ml.	25.4 ml
	30-60	30.9 ml.	25.2 ml.
No. 2	0-30	42.7 ml.	37.0 ml.
	30-60	41.3 ml.	36.7 ml.
No. 3	0-30	11.5 ml.	11.0 ml.
	30-60	11.2 ml.	10.5 ml.
Engobe		3.8 ml.	1.9 ml.

### Cálculos para $\text{Ca}^{++}$

#### Pozo No.1 (0-30 cm.)

$$\text{Ca}^{++} = \frac{25.4 \text{ ml.} \times 5 \times 0.02}{1 \text{ Ogr.}} \times 100 = 25.4 \text{ meq/100 gr. de suelo}$$

$$1 \text{ meq. Ca}^{++} \text{-----} 0.020$$

$$25 \text{ meq. Ca}^{++} \text{-----} X_1$$

$$X_1 = 0.508 \text{ gr Ca}^{++}$$

$$0.508 \text{ gr. de Ca}^{++} \text{-----} 100 \text{ gr. de suelo}$$

$$X_2 \text{-----} 2,500,000,000 \text{ gr. de suelo}$$

$$X_2 = 12,700,000/1,000 \text{ para Kg. por Ha}$$

Por lo tanto Tenemos 12,700Kg. de  $\text{Ca}^{++}$  / Ha. en la muestra del pozo No.1 a una profundidad de 0 a 30 cm.

#### Pozo No.1 (30-60 cm.)

$$\text{Ca}^{++} = \frac{25.2 \text{ ml.} \times 5 \times 0.02}{1 \text{ Ogr.}} \times 100 = 25.2 \text{ meq/100 gr. de suelo}$$

$$1 \text{ meq. Ca}^{++} \text{-----} 0.020$$

$$25.2 \text{ meq. Ca}^{++} \text{-----} X_1$$

$$X_1 = 0.504 \text{ gr Ca}^{++}$$

$$0.504 \text{ gr. de Ca}^{++} \text{-----} 100 \text{ gr. de suelo}$$

$$X_2 \text{-----} 2,500,000,000 \text{ gr. de suelo}$$

$$X_2 = 12,600,000/1,000 \text{ para Kg. por Ha}$$

Por lo tanto Tenemos 12,600Kg. de  $\text{Ca}^{++}$  / Ha. en la muestra del pozo No.1 a una profundidad de 30 a 60 cm.

**Pozo No.2 (0-30 cm.)**

$$\text{Ca}^{++} = \frac{37 \text{ ml.} \times 5 \times 0.02}{1 \text{ Ogr.}} \times 100 = 37 \text{ meq/100 gr. de suelo}$$

$$1 \text{ meq. Ca}^{++} \text{-----} 0.020$$

$$37 \text{ meq. Ca}^{++} \text{-----} X_1$$

$$X_1 = 0.74 \text{ gr Ca}^{++}$$

$$0.74 \text{ gr. de Ca}^{++} \text{-----} 100 \text{ gr. de suelo}$$

$$X_2 \text{-----} 2,500,000,000 \text{ gr. de suelo}$$

$$X_2 = 18,500,000/1,000 \text{ para Kg. por Ha}$$

Por lo tanto Tenemos 18,500Kg. de Ca<sup>++</sup> / Ha. en la muestra del pozo No.2 a una profundidad de 0 a 30 cm.

**Pozo No.2 (30-60 cm.)**

$$\text{Ca}^{++} = \frac{36.7 \text{ ml.} \times 5 \times 0.02}{1 \text{ Ogr.}} \times 100 = 36.7 \text{ meq/100 gr. de suelo}$$

$$1 \text{ meq. Ca}^{++} \text{-----} 0.020$$

$$36.7 \text{ meq. Ca}^{++} \text{-----} X_1$$

$$X_1 = 0.734 \text{ gr Ca}^{++}$$

$$0.734 \text{ gr. de Ca}^{++} \text{-----} 100 \text{ gr. de suelo}$$

$$X_2 \text{-----} 2,500,000,000 \text{ gr. de suelo}$$

$$X_2 = 18,350,000/1,000 \text{ para Kg. por Ha}$$

Por lo tanto Tenemos 18,350Kg. de Ca<sup>++</sup> / Ha. en la muestra del pozo No.2 a una profundidad de 30 a 60 cm.

**Pozo No.3 (0-30 cm.)**

$$\text{Ca}^{++} = \frac{11 \text{ ml.} \times 5 \times 0.02}{1 \text{ Ogr.}} \times 100 = 11 \text{ meq/100 gr. de suelo}$$

$$1 \text{ meq. Ca}^{++} \text{-----} 0.020$$

$$11 \text{ meq. Ca}^{++} \text{-----} X_1$$

$$X_1 = 0.22 \text{ gr Ca}^{++}$$

$$0.22 \text{ gr. de Ca}^{++} \text{-----} 100 \text{ gr. de suelo}$$

$$X_2 \text{-----} 2,500,000,000 \text{ gr. de suelo}$$

$$X_2 = 5,500,000/1,000 \text{ para Kg. por Ha}$$

Por lo tanto Tenemos 5,500Kg. de Ca<sup>++</sup> / Ha. en la muestra del pozo No.3 a una profundidad de 0 a 30 cm.

**Pozo No.3 (30-60 cm.)**

$$\text{Ca}^{++} = \frac{10.5 \text{ ml.} \times 5 \times 0.02}{1 \text{ Ogr.}} \times 100 = 10.5 \text{ meq/100 gr. de suelo}$$

$$1 \text{ meq. Ca}^{++} \text{-----} 0.020$$

$$10.5 \text{ meq. Ca}^{++} \text{-----} X_1$$

$$X_1 = 0.21 \text{ gr Ca}^{++}$$

$$0.21 \text{ gr. de Ca}^{++} \text{-----} 100 \text{ gr. de suelo}$$

$$X_2 \text{-----} 2,500,000,000 \text{ gr. de suelo}$$

$$X_2 = 5,250,000/1,000 \text{ para Kg. por Ha}$$

Por lo tanto Tenemos 5,250Kg. de Ca<sup>++</sup> / Ha. en la muestra del pozo No.3 a una profundidad de 30 a 60 cm.

Engobe

$$\text{Ca} = \frac{1.9 \text{ ml.} \times 5 \times 0.02}{1 \text{ gr.}} \times 100 \text{ grs.} = 19 \text{ meq/100 gr. de suelo}$$

$$1 \text{ meq. Ca}^{++} \text{-----} 0.020$$

$$19 \text{ meq Ca}^{++} \text{-----} X_1$$

$$X_1 = 0.38 \text{ gr. Ca}^{++}$$

$$0.38 \text{ gr. De Ca}^{++} \text{-----} 100 \text{ gr. de suelo}$$

$$X_2 \text{-----} 2,500,000,000 \text{ gr. de suelo}$$

$$X_2 = 9,500,000/1000 \text{ para Kg. por Ha.}$$

Por lo tanto tenemos 9,500 Kg. de Ca<sup>++</sup>/ Ha. del engobe

### Cálculos para Mg<sup>++</sup>

#### Pozo No.1 (0-30 cm.)

$$\text{Mg}^{++} = \frac{5.2 \times 5 \times 0.02}{10 \text{ gr.}} \times 100 = 5.2 \text{ meq./100 grs. de suelo}$$

$$1 \text{ meq. Mg}^{++} \text{-----} 0.012 \text{ gr.}$$

$$5.2 \text{ meq. Mg}^{++} \text{-----} X_1$$

$$X_1 = 0.0624$$

$$0.06 \text{ gr. de Mg}^{++} \text{-----} 100 \text{ grs. de suelo}$$

$$X_2 \text{-----} 2,500,000,000 \text{ grs. de suelo}$$

$$X_2 = 1,560,000/1000 \text{ para Kg. Por Ha.}$$

Por lo tanto tenemos 1,560Kg. de Mg<sup>++</sup> / Ha. en el pozo No. 1 a una profundidad de 0 a 30 cm.

#### Pozo No.1 (30-60 cm.)

$$\text{Mg}^{++} = \frac{5.7 \times 5 \times 0.02}{10 \text{ gr.}} \times 100 = 5.7 \text{ meq./100 grs. de suelo}$$

$$1 \text{ meq. Mg}^{++} \text{-----} 0.012 \text{ gr.}$$

$$5.7 \text{ meq. Mg}^{++} \text{-----} X_1$$

$$X_1 = 0.0684$$

$$0.0684 \text{ gr. de Mg}^{++} \text{-----} 100 \text{ grs. de suelo}$$

$$X_2 \text{-----} 2,500,000,000 \text{ grs. de suelo}$$

$$X_2 = 1,710,000/1000 \text{ para Kg. Por Ha.}$$

Por lo tanto tenemos 1,710Kg. de Mg<sup>++</sup> / Ha. en el pozo No. 1 a una profundidad de 30 a 60 cm.

**Pozo No.2 (0-30 cm.)**

$$\text{Mg}^{++} = \frac{5.7 \times 5 \times 0.02}{10\text{gr.}} \times 100 = 5.7 \text{ meq./100 grs. de suelo}$$

$$1 \text{ meq. Mg}^{++} \text{-----} 0.012 \text{ gr.}$$

$$5.7 \text{ meq. Mg}^{++} \text{-----} X_1$$

$$X_1 = 0.0684$$

$$0.0684 \text{ gr. de Mg}^{++} \text{-----} 100 \text{ grs. de suelo}$$

$$X_2 \text{-----} 2,500,000,000 \text{ grs. de suelo}$$

$$X_2 = 1,710,000/1000 \text{ para Kg. Por Ha.}$$

Por lo tanto tenemos 1,710Kg. de Mg<sup>++</sup> / Ha. en el pozo No. 2 a una profundidad de 0 a 30 cm.

**Pozo No.2 (30-60 cm.)**

$$\text{Mg}^{++} = \frac{4.6 \times 5 \times 0.02}{10\text{gr.}} \times 100 = 4.6 \text{ meq./100 grs. de suelo}$$

$$1 \text{ meq. Mg}^{++} \text{-----} 0.012 \text{ gr.}$$

$$4.6 \text{ meq. Mg}^{++} \text{-----} X_1$$

$$X_1 = 0.0552$$

$$0.0552 \text{ gr. de Mg}^{++} \text{-----} 100 \text{ grs. de suelo}$$

$$X_2 \text{-----} 2,500,000,000 \text{ grs. de suelo}$$

$$X_2 = 1,380,000/1000 \text{ para Kg. Por Ha.}$$

Por lo tanto tenemos 1,380Kg. de Mg<sup>++</sup> / Ha. en el pozo No. 2 a una profundidad de 0 a 30 cm.

**Pozo No.3 (0-30 cm.)**

$$\text{Mg}^{++} = \frac{0.5 \times 5 \times 0.02}{10\text{gr.}} \times 100 = 0.5 \text{ meq./100 grs. de suelo}$$

$$1 \text{ meq. Mg}^{++} \text{-----} 0.012 \text{ gr.}$$

$$0.5 \text{ meq. Mg}^{++} \text{-----} X_1$$

$$X_1 = 0.006$$

$$0.006 \text{ gr. de Mg}^{++} \text{-----} 100 \text{ grs. de suelo}$$

$$X_2 \text{-----} 2,500,000,000 \text{ grs. de suelo}$$

$$X_2 = 150,000/1000 \text{ para Kg. Por Ha.}$$

Por lo tanto tenemos 150Kg. de Mg<sup>++</sup> / Ha. en el pozo No. 3 a una profundidad de 0 a 30 cm.

### Pozo No.3 (30-60 cm.)

$$\text{Mg}^{++} = \frac{0.7 \times 5 \times 0.02}{10 \text{ gr.}} \times 100 = 0.7 \text{ meq./100 grs. de suelo}$$

$$1 \text{ meq. Mg}^{++} \text{-----} 0.012 \text{ gr.}$$

$$0.7 \text{ meq. Mg}^{++} \text{-----} X_1$$

$$X_1 = 0.008$$

$$0.008 \text{ gr. de Mg}^{++} \text{-----} 100 \text{ grs. de suelo}$$

$$X_2 \text{-----} 2,500,000 \text{ grs. de suelo}$$

$$X_2 = 210,000 / 1000 \text{ para Kg. Por Ha.}$$

Por lo tanto tenemos 210Kg. de Mg<sup>++</sup> / Ha. en el pozo No. 3 a una profundidad de 30 a 60 cm.

### Engobe

$$\text{Mg}^{++} = \frac{1.9 \times 5 \times 0.02}{10 \text{ gr.}} \times 100 = 1.9 \text{ meq/100 grs. de suelo}$$

$$1 \text{ meq Mg}^{++} \text{-----} 0.012 \text{ gr.}$$

$$1.9 \text{ meq. Mg}^{++} \text{-----} X_1$$

$$X_1 = 0.0228$$

$$0.0228 \text{ gr. De Mg}^{++} \text{-----} 100 \text{ grs. de suelo}$$

$$X_2 \text{-----} 2,500,000 \text{ gr. de suelo}$$

$$X_2 = 570,000 / 1000 \text{ para Kg. por Ha.}$$

Por lo tanto tenemos 570 Kg. De Mg<sup>++</sup> / Ha en el engobe

## Anexo 10

### Eliminación de Carbonatos por Ácido Muriático.

#### Procedimiento.

1.- Pesar 1.25 g de suelo

- Por duplicado
- Directamente en los envases
- Realizar un blanco ( 500mg Na CO<sub>3</sub>)

2.- Agregar 50 ml de HCl con una pipeta volumétrica.

3.- Se agita cada muestra con la mano durante 1hr.

4.- Se tapan las muestras y por 2 hrs. Se ponen en el agitador mecánico

5.- Se filtra el contenido

6.- Se extraen 10 ml. del filtrado y se colocan en un matraz de 250ml

7.- Agregar 2 gotas de fenolftaleina

8.- Titular con sosa NaOH al .5M y apuntar el gasto.

Muestras	Peso del frasco	Agregar 1.25 g de suelo	Peso de suelo real	Gasto de la titulación
1 <sub>A</sub> 0-30 cm.	13.1282	14.3782	1.2508	26.2 ml
1 <sub>A'</sub> 0-30 cm.	12.4470	13.6970	1.2507	26.2 ml
1 <sub>B</sub> 30-60 cm.	12.4189	13.6689	1.2508	25.45 ml
1 <sub>B'</sub> 30-60 cm.	13.3405	14.5905	1.2525	25.45 ml
2 <sub>A</sub> 0-30 cm.	12.4786	13.7286	1.2504	26.25 ml
2 <sub>A'</sub> 0-30 cm.	12.4397	13.6897	1.2502	26.25 ml
2 <sub>B</sub> 30-60 cm.	13.2075	14.4575	1.2524	26.30 ml
2 <sub>B'</sub> 30-60 cm.	12.4836	13.7336	1.2504	26.30 ml
3 <sub>A</sub> 0-30 cm.	12.4820	13.7320	1.2566	27.05 ml
3 <sub>A'</sub> 0-30 cm.	12.4865	13.7365	1.2527	27.05 ml
3 <sub>B</sub> 30-60 cm.	13.1690	14.4190	1.2504	27.1 ml
3 <sub>B'</sub> 30-60 cm.	12.3107	13.5607	1.2533	27.1 ml
NaCO <sub>3</sub> (Blanco)	13.7760	14.2799	.5039	27.2 ml