

**Universidad de Guadalajara**

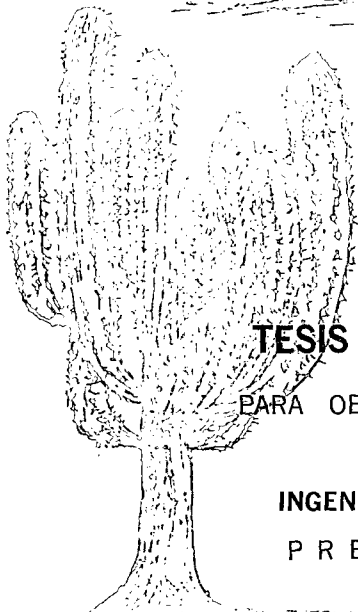
Facultad de Agricultura



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA



"OBTENCION DE TRES POLIMEROS A PARTIR DE PITAYO (ESTENOCEREUS QUE-RETAROENSIS), NOPAL (OPUNTIA FICUS INDICA) Y ZABILA (ALOE MELANACATHA) Y SU APLICACION EN LA POTABILIZACION DEL AGUA".



**TESIS PROFESIONAL**

PARA OBTENER EL TITULO

DE

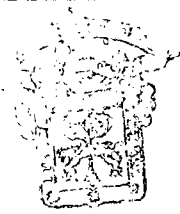
**INGENIERO AGRONOMO**

PRESENTAN:

**ISRAEL ISAIS GARCIA**

**GUSTAVO DE JESUS HERNANDEZ ANGULO**

Las Agujas, Mpio. de Zapopan, Jal., 1988.



I N D I C E

ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

I. Introducción.....	1
II. Objetivos.....	2
III. Hipótesis.....	3
IV. Revisión de Literatura.....	4
4.1. Antecedentes y Descripción de las cactáceas.....	5
4.2. Características Morfológicas de las Cactáceas.....	5
4.2.1. La Raíz.....	7
4.2.2. La Flor.....	9
4.2.3. La Hoja.....	11
4.2.4. El Tallo.....	11
4.2.5. Las Costillas.....	15
4.2.6. Las Aréolas.....	16
4.2.7. Las Espinas.....	16
4.3. Elementos que Constituyen a las Cactáceas... ..	19
4.3.1. Humedad.....	19
4.3.2. Contenido Mineral.....	21
4.3.3. Los Pigmentos.....	22
4.3.4. Los Mucílagos.....	22
4.3b. La Zábila y sus Características.....	24
4.4. Medios de Control para la Clarificación del Agua en el Proceso de potabilización.....	25
4.4.1. Coagulación y Floculación.....	27
4.4.1.1. Floculación.....	28
4.4.1.2. Coagulación.....	28
4.4.2. Biofloculación.....	29
4.4.3. Productos Utilizados como Coagulantes y Floculantes.....	30
4.5. La Sedimentación.....	33
4.5.1. Naturaleza del Proceso de Sedimentación en la clarificación de agua.....	34
4.5.1.1. Sedimentación de suspensiones floculantes.....	34
4.5.1.2. Factores que afectan la Sedimentación ideal.....	36
4.5.1.3. Substancias Químicas más empleadas en el tratamiento de Agua.....	45

V. Materiales y Métodos.....	48
5.1. Etapas Experimentales.....	49
5.1.1. Obtención del Producto Polimérico.....	49
5.1.2. Procedimiento.....	49
5.2. Comportamiento del Producto obtenido.....	50
5.2.1. Procedimiento.....	51
VI. Resultados y Conclusiones.....	56
6.1. Polímeros Obtenidos.....	56
6.1.1. Proceso de la obtención de los polímeros.....	56
6.1.2. Preparación de la solución madre.....	57
Normas de Calidad.....	58
6.2. Resultados obtenidos durante el proceso de - Potabilización.....	59
6.2.1. Pruebas de Jarras para el Polímero de Pitayo.....	59
Tabla con datos P-9a-c (pitayo).....	71
Gráfica 17 según Tabla P-9a-c.....	74
Gráfica 18 según Tabla P-9a-c.....	75
6.3. Polímero de Nopal (O. ficus-indica).....	76
Pruebas de Jarras para el Polímero de Nopal..	78
Gráfica A para Color según tabla N-1.....	79
Gráfica B para Turbiedad según Tabla N-1.....	80
Pruebas de Jarras utilizando Sulfato de Alumi- nio y Nopal según tablas N-2 a N-5.....	81
Pruebas de Jarras del Nopal ordenando las con- centraciones.....	85
Gráfica de color residual según Tablas N-6a y b.....	87
Gráfica de Turbiedad Residual según Tablas N- 6a y b.....	88
6.4. Resultados obtenidos del polímero de Zábila..	89
Tabla S-1.....	90
Gráfica a para Color según tabla S-1.....	91
Gráfica b para Turbiedad según Tabla S-1.....	92
Tabla S-2.....	93
Tabla S-3.....	94
Tabla S-4 con Datos Ordenados.....	95
Gráfica g para color según tabla S-4.....	97
Gráfica h para turbiedad según Tabla S-4.....	98
6.5. Resultados de la combinación de Polímero de - Nopal con Cat-floc.....	99
Tabla N-C.....	100
Gráfica NC-1.....	101
Gráfica NC-2 según Tabla N-C.....	102
Determinación de costos de producción.....	103
Conclusiones.....	104
Bibliografía.....	105



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Facultad de Agricultura

Expediente .....

Número .....

Junio 29 de 1988

## C. PROFESORES:

ING. CARLOS MANUEL SUZMAN PAREDES, DIRECTOR  
ING. JOSÉ MA. AYALA RAMÍREZ, ASESOR  
ING. JAVIER VASQUEZ NAVARRO, ASESOR

Con toda atención me permito hacer de su conocimiento, que habiendo sido aprobado el Tema de Tesis:

" OBTENCION DE TRES POLIMEROS A PARTIR DE PITAYO (*Etenocereus quere taroensis*), NÓPAL (*Opuntia ficus indica*) y ZABILA (*Aloe meibomia*) Y SU APLICACION EN LA POTABILIZACION DEL AGUA."

presentado por el (los) PASANTE (ES) ISRAEL ISAIS GARCIA y GUSTAVO DE JESUS HERNANDEZ ANGULO

han sido ustedes designados Director y Asesores respectivamente para el desarrollo de la misma.

Ruego a ustedes se sirvan hacer del conocimiento de esta Dirección - su Dictamen en la revisión de la mencionada Tesis. Entre tanto me es grato reiterarles las seguridades de mi atenta y distinguida consideración.

ATENTAMENTE  
"ARO ENRIQUE DIAZ DE LEON"  
"PIENSA Y TRABAJA"  
EL SECRETARIO

ING. JOSÉ ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL

srd'



**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
**Facultad de Agricultura**

Expediente .....  
 Número .....

Junio 29 de 1988



ING. ANDRES RODRIGUEZ GARCIA  
 DIRECTOR DE LA FACULTAD DE AGRICULTURA  
 DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
 PRESENTE

Habiendo sido revisada la Tesis del (los) Pasante (es)  
ISRAEL ISAIS GARCIA y GUSTAVO DE JESUS HERNANDEZ ANGULO

titulada:

" OBTENCION DE TRES POLIMEROS A PARTIR DE PITAYO (Esterocereus - queretaroensis), NCPAL (Opuntia ficus indica) y ZABILA (Aloe - melanacatha) Y SU APLICACION EN LA POTABILIZACION DEL AGUA ".

Damos nuestra Aprobación para la Impresión de la misma.

DIRECTOR

ING. CARLOS MANUEL GUZMAN PAREDES

ASESOR

ASESOR

ING. JOSE MA. AYALA RAMIREZ

ING. JAVIER VASQUEZ NAVARRO

srd'

Al contestar este oficio sírvase citar fecha y número

El presente trabajo lo dedico especialmente a mis pa  
dres, el Sr. Herminio y la Sra. Arcelia por el esfuerzo -  
realizado para sostenerme los estudios. De igual manera,  
agradezco a mis tios Abraham y Esther. A mis hermanos, es  
pecialmente a Ignacio que gracias a su apoyo incondicio-  
nal pude llegar a mi meta propuesta.

A ti Ana Aurora te agradezco intensamente por tu apo  
yo y colaboración para terminar el presente trabajo; espe  
ro que el mismo sirva como un insentivo motivacional para  
que realices lo que corresponde a tu carrera.

Doy también las Gracias a mis amigos, compañeros y -  
demás personas que de alguna manera contribuyeron a la rea  
lización de éste.

Especialmente hago extenso mi agradecimiento a mi es  
timado Director de Tesis, Ing. Carlos M. Guzmán Paredes y  
a mis asesores, Ing. Javier Vázquez N. e Ing. José Ma. Aya  
la; de igual manera, a todos mis maestros por los conoci-  
mientos que me transmitieron durante la carrera, a mi Uni-  
versidad, a mi Facultad y a los directivos de ésta, Direc-  
tor Ing. Andres Rodríguez G. e Ing. J. Antonio Sandoval M.

Con cariño siempre los recordaré:

ISRAEL

A mi padre Sr. Manuel Hernández A. y a mi querida madre Sra. Imelda Angulo les dedico ésta tesis al mismo tiempo que agradecerles todo el esfuerzo y apoyo que me brindaron para realizarme como profesionista.

Quiero agradecer a la Universidad de Guadalajara así como a la Facultad de Agricultura y todo su personal docente por la preparación y oportunidad que me otorgaron para mi formación.

Quiero hacer mención como un reconocimiento a la ayuda que recibí a lo largo de mi carrera de parte de mi novia la Srta. Elizabeth Durán y en forma muy especial de mi amigo Gerardo Ogazón C.

Ing. Gustayo de Jesús  
Hernández Angulo,

## I N T R O D U C C I O N

El agua para el consumo humano era aprovechado por las generaciones anteriores de los lagos y rios sin tener la necesidad de transportarla, ya que las poblaciones se asentaban a orillas de estas fuentes de abastecimiento, conforme ha aumentado la población la demanda ha aumentado cada vez mayor, haciendo que se vuelva una necesidad el transportar el agua de otros lados por medio de tuberias subterráneas. Al realizar estas maniobras de lugares en donde tan vital líquido ya que ha sido contaminado, al llevar consigo partículas en suspensión y microorganismos que se adhieren al tener contacto con el aire, suelo, animales y vegetales. Por tal motivo, la potabilización es cada vez más necesarias, - yá que en estos momentos el principal contaminador ha sido el hombre al descargar desechos a los rios.

En la actualidad la distribución del agua se ha venido -- realizando por medio de conductos cerrados, con el paso del tiempo se han suscitado enfermedades de tipo epidémico debido al elevado número de patógenos que en estos se encuentran. Para tal fín, es necesario el uso de productos que ayuden en la clarificación del vital líquido.

Debido al problema de importación y altos costos de éstos productos, se nos ha obligado a emprender una nueva tarea en la búsqueda de nuevos componentes que sirvan para el mismo fín, con materias primas existentes en el país, que - sean más baratas y fáciles de conseguir.

Por tal motivo se ha pensado en la obtención de un producto derivado de vegetales (Cactáceas), que por sus características similares que presentan como la de los productos que se utilizan en la actualidad para tal propósito.

Algunas cactáceas han tenido una gran relevancia económi



ca, social y hasta religiosa, puesto que en algunas tribus se les ha utilizado en la alimentación, como plantas medicinales, y además han influido en forma determinante en la fundación de poblaciones.

## II. OBJETIVOS

Con el presente trabajo nos hemos propuesto contribuir con un granito de arena; y además esperamos que al mismo tiempo sirva como un incentivo motivacional para las personas interesadas en la investigación. Por tal motivo nos proponemos alcanzar los objetivos que posteriormente se enumeran, esperando que al término de la investigación quede algo que sea de utilidad para la comunidad que es quien más lo necesita.

- 1.- Se obtendrán productos poliméricos del Pitayo (*Echinocereus queretaroensis*), Nopal (*Opuntia ficus-indica*) y Zábila (*Aloe melanacantha*).
- 2.- Se le pretende quitar el color a cada producto.
- 3.- Se le determinará la eficiencia con que funciona cada polímero en el proceso de potabilización.
- 4.- Una vez observado el comportamiento en caso de que funcionen se realizarán comparaciones con polímeros sintéticos actualmente en uso.
- 5.- Se determinará costos de producción a los polímeros en estudio.

### III. HIPOTESIS

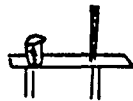
Debido a las propiedades que presentan algunos vegetales como la Zábila y la mayoría de las Cactáceas en el mecanismo de retención de agua en forma de mucílagos que tienen las características semejantes a los polímeros sintéticos, se pretende obtener polímeros naturales que reemplacen a los sintéticos que utilizan materias primas más caras y de esta manera aprovechar mejor nuestros recursos naturales.



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA



IV. REVISION DE LITERATURA



4.1 Antecedentes y Descripción de las Cactáceas.- La historia de nuestro país y el folcklore de los pueblos nos permite conocer la importancia que adquirieron las cactáceas - entre las tribus prehispánicas, según se observa en sus códices, monumentos, pinturas, cerámicas y por su gran número de nombres con que se le designaba y que aún persisten en - nuestros días.

En la vida económica, social y religiosa de los Nahuas - las cactáceas desempeñan un papel importante y relevante a tal grado que el escudo de Tenochtitlan ostentaba airoosamente con un nopal, símbolo que conserva el escudo de nuestro México.

Estas plantas intervinieron en celebraciones religiosas y se les usaron con frecuencia en la magia, con fines medicinales, influyendo en gran parte en el establecimiento de pueblos y con gran valor ornamental.

La iconografía indígena nos ha legado numerosas representaciones de especies de Opuntia, y entre ellas cabe señalar como una de las más interesantes "El Tenochtli" ó tuna de - piedra que representaba el escudo de la gran Tenochtitlan.

En el referente uso de los nopales en otras regiones del país, se menciona que durante el siglo XVII y XVIII cuando los padres franciscanos establecieron sus misiones en Baja California Norte, se indica el establecimiento de plantaciones de nopales con fines de aprovecharlos en la alimentación.

Se dice que tales especies corresponden a dos géneros - muy emparentados como Opuntia ficus-indica y O. megacantha; el nombre de la primera se deriva de la manera como se le - conocía al fruto de este nopal (higo de los indios).

Agregan que los padres misioneros utilizaban a las cactáceas como alimento y además también eran usadas para extraer la parte mucilaginoso que les servía de ligamento para - pegar el adobe de sus habitaciones.

4.2 Características Morfológicas de las Cactáceas.- Las características más importantes de las cactáceas las han -

adquirido por herencia de los caracteres de las líneas evolutivas. Presentan hábitos y estructuras anatómicas altamente especializadas que les imparten una característica muy particular.

De estas estructuras especializadas se consideran responsables; el medio árido y desértico en la que la mayoría crece; la adaptación de otras a la vida epífita ó trepadoras - en las selvas tropicales húmedas, y también, posiblemente a los diversos tipos de polinización, principalmente por medio de animales.

Cuando se tiene la oportunidad de estudiar o leer la descripción de las diferentes especies, se puede apreciar que los tallos, flores, frutos, semillas y las plántulas ofrecen una gama de estructuras que van desde las más complicadas hasta las relativamente sencillas. Durante la evolución de las estructuras han influido algunas tendencias morfológicas determinadas en parte por la aridez, siendo éstas: reducción, fusión y el cambio de simetría y tendencia que han ejercido su acción en conjunto o separadamente según Stebbins (1957), citado por Bravo.

La mayor parte de las cactáceas están adaptadas para resistir la sequía, la variación extrema de la temperatura y en general a las diversas condiciones del medio (Bravo, - 1978).

Algunas de estas características "Xeromórficas" se relacionan directamente con la máxima eficiencia en la absorción y almacenamiento de agua, y otros parecen tener importancia directa al evitar el excesivo calentamiento del sol o proteger las partes blandas de algunos predadores.

La succulencia, principal característica morfológica de la mayoría de las cactáceas, se puede considerar como el sello distintivo de la parte aérea (tallo, flor y fruto) y resulta de la proliferación celular masiva de ciertos tejidos parenquimatosos, y asociada a un aumento de tamaño de la vacuola y una disminución de los espacios intercelulares.

Este fenómeno permite a los órganos de estas plantas a-

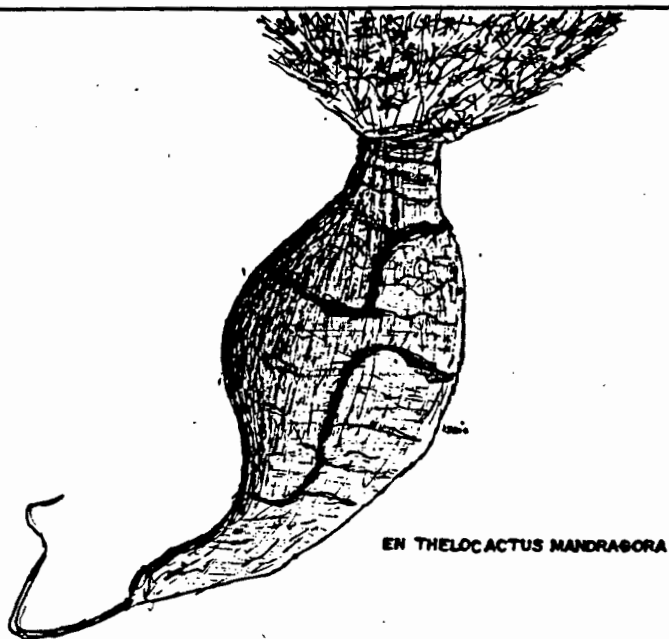
cumular grandes cantidades de agua en forma muy rápida durante los breves períodos de humedad, y por otra parte, la forma esférica y ó suculenta, representa los cuerpos más eficientes para evitar la evapotranspiración.

4.2.1. La Raíz.- Bravo Hillis (1978), dice que la raíz de las cactáceas es semejante, por lo general, a la de otras dicotiledóneas, procede de la radícula del embrión, y en algunos casos es adventicia; fija a la planta en el suelo, absorbe el agua con las sustancias nutritivas en ella disueltas y puede en algún género almacenarla en sus tejidos.

Cannon, (1913), citado por Bravo, en su estudio acerca de las raíces de plantas desérticas, observó la existencia de tres tipos de raíces : a) cuando la raíz principal adquiere mayor desarrollo que las secundarias; b) cuando las raíces secundarias se desarrollan más que la principal y c) cuando la raíz principal y las secundarias alcanzan aproximadamente el mismo desarrollo. Las raíces de las cactáceas tienen representantes de éstos tres tipos.

Desde el punto de vista fisiológico puede asentarse como regla general, que la raíz principal constituye el sistema de fijación, pues se produce verticalmente en el suelo y su desarrollo es proporcional a tamaño y a la fuerza de tracción del vegetal, y que las raíces secundarias intervienen principalmente en la absorción, pues la longitud que alcanzan, la profundidad a que llegan y el grado de ramificación que adquieren, está en relación con el factor humedad y con las demás características del suelo.

Según Facundo Barrientos P., (1981) el sistema radicular en general es poco profundo y particularmente denso, las raíces proporcionan gran cantidad de materia muerta cuando éstas mueren, al grado de cambiar el color del suelo superficial en plantaciones viejas. El parénquima cortical de las raíces gruesas permanecen turgentes y funcionan como un almacén de agua, mientras que las raíces secundarias mueren durante períodos de sequías, según la figura No. 1.



RAICES ADAPTADAS PARA ALMACENAR AGUA Y  
SUBSTANCIAS NUTRITIVAS

Figura No. 1

El sistema de absorción tiene que adaptarse para captar el agua con rapidez, caracterizándose por su extraordinaria ramificación como por la gran longitud que alcanza (a veces más de quince metros), entendiéndose horizontalmente a la profundidad mínima de 1.5 a 5 centímetros bajo la superficie del suelo. En la época de lluvias se forman en las extremidades de estas raíces secundarias, el verdadero sistema de absorción, el cuál consiste en numerosas raicillas blancas provistas de pelos absorbentes, que son caducas, pues su vida se limita a la temporada de lluvias, marchitándose después. La absorción, por lo tanto, se efectúa solamente en una sola época del año, siendo muy restringida.

Como la raíz de las cactáceas es un órgano que en algunas especies almacena agua y reservas nutritivas, también adquiere diversas formas: es natiforme en los géneros *Ariocarpus* - *Agavioides* y *Mammillaria Napina*; napiforme al principio, en *Peniocereus Greggii* aunque después crece hasta producir un gran tubérculo que llega a medir hasta 50 cms. de diámetro y un peso hasta de 50 kgrs., de acuerdo con Schulz y Runyon, - (1930), citado por Bravo.

En este tipo de plantas también se presentan las raíces adventicias que se desarrollan tanto en las aréolas de los tallos como en la del pericarpio. También son comunes las raíces aéreas; se presentan en plantas trepadoras (epífitas), aparecen en las paredes de los tallos en los espacios intercostales, teniendo origen en el cambium del tallo, al llegar las raíces al suelo se comportan como terrestres ya que como trepadoras desempeñan la función de fijación, pues se adhieren a los troncos. En los tejidos de las raíces aéreas de las plantas epífitas son frecuentes los cloroplastos.

4.2.2.- La Flor, Bravo (1978) menciona que las cactáceas, las inflorescencias han sufrido gran reducción como resultado posiblemente, de la adaptación al medio seco. En algunos géneros mexicanos como el *Pereskia*, *Stenocereus*, *Myrtillocactus* y *Lophocereus*, existen más o menos modificaciones; en las demás, el proceso de reducción les ha hecho desaparecer, de manera que cada aréola florífera origina solo una flor,



en algunas otras las flores aparecen en racimos semejantes a las de otras dicotiledóneas.

En *Myrtillocactus*, las aréolas floríferas cercanas a las extremidades de los tallos, producen, según Buxbaum, citado por Bravo, al principio una flor con su región es caulina - algo larga con el tiempo las aréolas de esta zona caulina - (tallo) forman también flores, integrándose de este modo una inflorescencia simpodial que a causa de la extraordinaria reducción de los entrenudos, adquiere una forma globosa -- (braquiblasto) la cuál queda cubierta por abundante lana; - así este braquiblasto da origen a unas cinco o seis flores al mismo tiempo. En una gran cantidad de géneros las flores tienen una gran cantidad de pelos más o menos largos, lanosos y espinosos, estructuralmente diversas que se le ha llamado Pseudocefalios y Cefalios.

Estas formaciones pilosas se deben no sólo a la actividad de la parte vegetativa de las aréolas floríferas, sino principalmente, según las observaciones de Buxbaum (1961), a las regiones caulinas de la flor.

En algunos géneros de *Opuntia* las flores se producen en las aréolas localizadas en la parte superior de las pencas. Cada aréola produce en general una flor, aunque no en una misma época de floración. Sus pétalos poseen colores vivos; amarillos, anaranjados, rojos, rosa, salmón, etc., según la especie. Por lo general las flores son grandes; el ovario - ínfero, unilocular, con muchos óvulos y lóbulos del estigma (cinco a diez); el androceo, posee una gran cantidad de estambres son hermafroditas; algunas, sin embargo son unisexuales por atrófia del androceo o del gineceo respectivamente (*Opuntia robusta*). La floración tiene lugar en primavera en algunas zonas se realiza en diferentes épocas del año. Una vez efectuada la fecundación el periantro se marchita y cae, pero a veces permanece adherido por algún tiempo, según informa el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, (1981).

4.2.3.- La Hoja.- Bravo, (1978), indica que las hojas - bien diferenciadas existen sólo en los géneros primitivos, en los que el limbo es grueso, carnoso y de forma orbicular ó elíptica, pudiendo desintegrarse en algunas nervaduras penadas o más o menos palmeadas (Bailey, 1960), citado por Bravo; El pecíolo es corto y a veces falta. El parénquima en empalizada se encuentra en el haz del limbo como en las demás dicotiledóneas en gran parte de los géneros de las sub-familias Opunioideae las hojas tectrices se modifican: La base se modifica en un tubérculo poco prominente, el pecíolo desaparece y el limbo se reduce, adquiriendo formas cónicas o cilíndricas, y es generalmente caduco; a veces, puede persistir transformado en espina cuando los tejidos se esclerifican.

En el caso de las hojas reducidas en forma cónica ó cilíndricas, en la que no se distingue el haz ni el envés, Bailey 1968, ha demostrado que el parénquima clorofiliano o en empalizada se dispone formando un cilindro que rodea, juntamente con los haces vasculares secundarios, el haz vascular central. El mismo autor menciona que en algunos géneros de Opuntia, tienen las hojas grandes y largas, angostas y casi circulares en sección transversal, tienen semicírculos en torno del haz vascular central.

En la sub-familia Ceroideae el limbo se atrofia hasta estar representado por vestigios; en cambio, la base se hipertrofia en un podario prominente que aislado constituye el tubérculo, y asociado con otros en hileras longitudinales, que integran a las costillas.

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales menciona que las hojas sólo existen en los renuevos de las pencas (cladodios) cuando están tiernas, son hojas cilíndricas y caducas, en forma de cuernos; herbáceas, en cuyas axilas se encuentran las aréolas de las cuáles brotan las espinas.

4.2.4.- El Tallo.- El tallo en las cactáceas presenta - formas muy diferentes que van desde muy sencillas hasta algunas que sus ramificaciones son bastante desarrolladas.

En cuanto a la forma del tallo tenemos de diferentes ti-

pos, tal es el caso de la forma arborescente, que posee un tronco bien definido, del cuál se derivan las ramas que dan forma a lo que es la copa, siendo ésta por lo general muy amplia, en la mayor parte de los casos las ramas están formadas por nudos y entrenudos, según la figura No. 2.

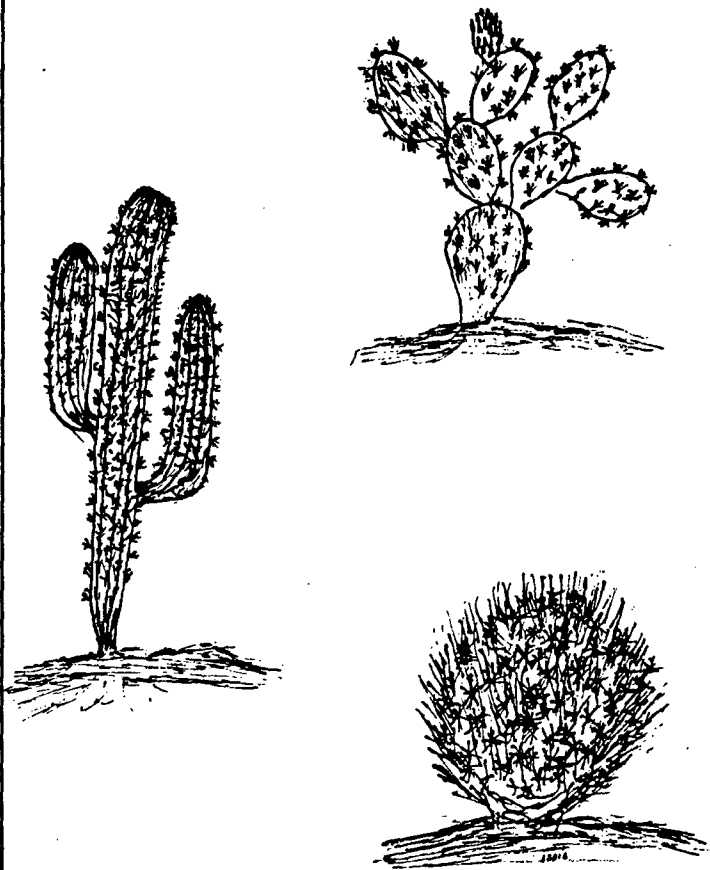
La forma arbustiva, generalmente tiene un tronco del -- cuál parten las ramas, con una separación entre cada una de muy corta distancia, se dice que son arbustivas si su tronco está bien diferenciado, en el caso del género *Opuntia* existen algunos subgéneros en las cuáles las ramas son aplanadas separadas por entrenudos con forma de raqueta. Existiendo también las que carecen de tronco, conocidas como -- rastreras en donde la forma del tallo es variada; en algunas otras, los tallos son erectos con poca ramificación, en ocasiones sin ramas, tomando la forma de una columna un poco gruesa.

Los tallos se presentan en forma colgante en plantas epífitas. En muchas cactáceas los tallos son muy reducidos, por lo general en forma de globo aunque puede no serlo así.

Bravo (1978), nos dice que las estructuras histológicas del tallo en las cactáceas es semejante, en general a las -- demás dicotiledóneas, pero que tienen algunas modalidades -- propias de las plantas suculentas.

El sistema tegumentario está constituido por los tejidos epidérmico y peridérmico. Las membranas de las células epidérmicas se encuentran en contacto con el medio externo, se hayan revestidas de una gruesa película de cutina que impide la evaporación del agua y proporciona resistencia a las células, sobre ella, por excreción, se dispone algunas veces un revestimiento ceroso en forma de escama diminuta en forma de gránulos muy finos; a ésta excreción se debe el color glauco o el aspecto ferinoso del ápice de *Cephalocereus sartorianus*. Las células epidérmicas de algunos géneros tienen forma de papilas cónicas o de pelos.

El Instituto Nacional de Investigación Forestal, 1981, -- nos da a conocer que el tallo en el nopal es craso, erecto (en algunas especies es rastrero), ramificado y multiramifi



ALGUNOS TALLOS MAS REPRESENTATIVOS DE LAS  
CACTACEAS

Figura No. 2

cado, se compone de un tronco cilíndrico y de ramas aplanadas y discoides, poseen cutícula gruesa y está adaptada para almacenar agua en sus tejidos. Cada uno de sus artículos reciben el nombre de pencas, su aspecto es compacto, tiene forma de raqueta y recibe el nombre de cladodio, son de color verde y tienen función fotosintética, ya que contienen abundante colénquima clorofílico.

Debajo de la epidermis existe, en algunos géneros de *Pereskioopsis* y *Opuntia*, una capa de células que constituyen la hipodermis, que contiene inclusiones cristalinas de oxalato de calcio. En la parte vieja de los tallos la epidermis desaparece, pero es substituida por la peridermis, integrada por estratos celulares que se suberifican.

En casi todos los géneros, debajo del sistema tagumentario está el tejido colenquimatoso que dá consistencia y solidez al tallo; en los tallos blandos, tal tejido está poco desarrollado o no existe, en tanto que en algunas especies forma un verdadero exosqueleto.

Los estomas en las cactáceas están más o menos hundidos y su número parece que es más escaso en relación con el de otras especies no xerófilas; el hundimiento determina la formación de espacios aéreos que se saturan de vapor de agua lo que permite que la transpiración disminuya, la cámara subestomática es muy larga, particularmente en aquellas especies de *Opuntia* donde hay una gruesa zona colenquimatosa. La forma de todos los aparatos estomáticos de las cactáceas según investigaciones recientes, parece tener importancia en la sistemática.

Inmediatamente abajo del sistema tagumentario o del tejido colenquimatoso, cuando existe, está el parénquima en empalizada ó clorofiliano, semejante al de las hojas, pues está formado por varias capas de células prismáticas, grandes y alargadas, de paredes delgadas y con abundantes cloroplastos; este tejido es muy importante porque, careciendo la mayoría de las cactáceas del límbico de la hoja en él se efectúa la fotosíntesis. Debajo se encuentra el parénquima colector que forma una zona bastante amplia, con células gran

des, esferoides, turgentes por la gran cantidad de agua y - diversos polizacáridos que almacenan; a éste tejido se debe la forma suculenta de las cactáceas.

La presencia de las grandes células mucilaginosas tiene cierta importancia en la sistemática. Estas clases de células están presentes, en los géneros *Opuntia*, *Echinocereus*, *Trichocereus*, *Rhipsalis* y *Toumeyia*.

Por lo que respecta al tejido conductor, hay que indicar que presenta, según Bailey 1960, citado por Bravo, un alto grado de especialización logrado desde antes de que la familia adquiriera su estructura suculenta. Está poco estudiado, y su conocimiento es muy importante tanto para determinar - las relaciones de las cactáceas con las demás dicotiledóneas, como para establecer las líneas filogenéticas de las entidades taxonómicas. Las disposiciones de los haces liberoleñosos, con sus elementos mecánicos, varía y a veces es bastante compleja.

La parte central del tallo está compuesto por médulas, tejidos que forman una columna central cuyo diámetro varía con la edad y de acuerdo con las características de los distintos géneros. En este tejido, como se ha indicado, suelen encontrarse algunos haces vasculares.

En algunas especies del género *Mammillaria* hay un sistema de vasos lactíferos de origen licígeno que se ramifica en la corteza y en la médula; el látex que contiene es una emulsión que se endurece cuando queda expuesta al aire.

4.2.5.- Las Costillas.- Bravo, 1978, indica, que las costillas provienen de los podarios de la yema apical de la plántula que se ordenan en series ortostáticas verticales.

El número de costillas es muy variable, que va desde dos hasta cien por lo general, salvo en las plantas de pocas costillas, el número de ellas va en aumento conforme la edad avanza, por lo que el tallo en su ápice, presenta un mayor número de costillas que en su base. La forma también varía; - hay costillas muy angostas y de arista aguda, o ancha y de arista redondeada; en ocasiones son altas y muy prominentes,

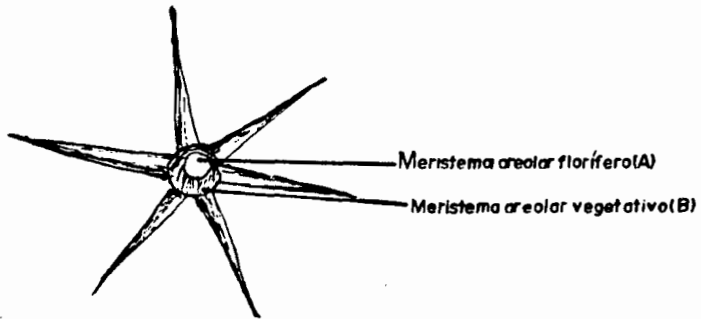
o aplanadas, plegadas y onduladas; a veces en algunas especies, las costillas rectas pueden tenerse espiraladas; cuando las costillas son de dos a cinco, planas y delgadas, se denominan alas.

4.2.6.- Las Aréolas.- Son los órganos más característicos de las cactáceas, su significado fué objeto de controversias pero actualmente, se les considera como yemas homólogas y - las yemas axilares de otras dicotiledóneas. Las yemas de las cactáceas, o aréolas, forman también hojas reducidas, flores, nuevos tallos y además espinas, cerdas y pelos, y a veces raíces adventicias. En algunas especies, forman ramas con hojas e inflorescencias bien diferenciadas.

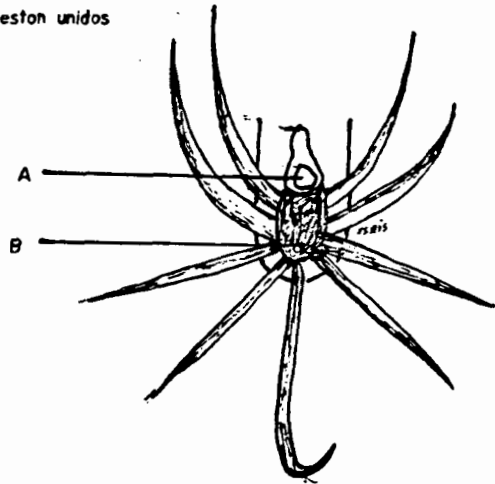
Cuando la maduración de la planta, las aréolas cesan de producir espinas, se dice que son determinadas; se dice que son indeterminadas cuando continúan produciéndolas, como sucede en *Morangaya pensilis*, veáanse figuras No. 3 y 4.

4.2.7.- Las Espinas.- Son órganos que por lo general, ca si siempre se encuentran en las cactáceas. Pero existen algunas especies que no las tienen. Las espinas son considera das como hojas modificadas, en el género *Opuntia* se pueden observar estados de transición entre hojas y espinas; Poin dexter 1951, citado por Bravo, nos indica que, aunque la ho mología entre las hojas y las espinas ha sido demostrada, tiene, sin embargo algunas diferencias estructurales como son la reducción de los parénquimas y la lignificación de los tagumentos.

Las espinas se forman a expensas de los tejidos meristemáticos de las aréolas, de la misma manera que las hojas; - su crecimiento se debe a un meristemo que existe en su base y el endurecimiento a un proceso de lignificación al cuál se ha hecho referencia. Las espinas aparecen en las aréolas casi al mismo tiempo, pero sucesivamente, acabando por presentar una disposición bilateral. Existen diversos tipos de espinas, que se diferencian tanto por su forma, como por su flexibilidad. También presentan diferentes coloraciones, y



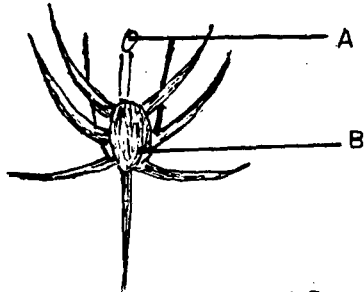
Donde A y B están unidos



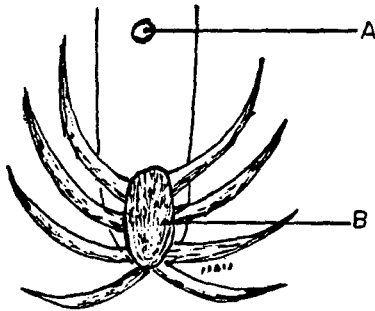
De Hamatocactus donde A principia a separarse de B

AREOLAS  
Figura No. 3





En *Coryphantha* donde A se separa de B  
unidos por un surco.



En *Mammillaria* donde A y B están completamente  
separados.

Figura No. 4

numero; las formas que más se conocen son: setosas, aciculares, subulares, cónicas, cilíndricas, aplanadas, rectas, - curvas, retorcidas, ganchudas y prumosas.

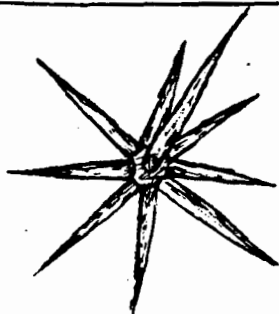
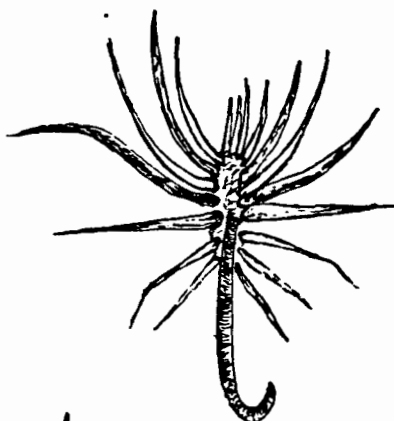
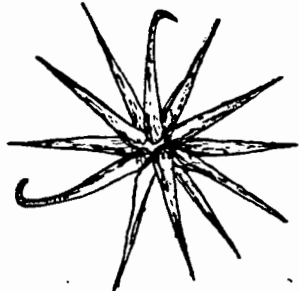
Sus dimensiones varían desde un milímetro hasta treinta centímetros. Existen espinas defensivas en las que están - comprendidas las glóquidas o "Ahuates", propia de la sub-familia Opuntioideae, son muy delgadas pequeñas y rígidas y - por lo común muy numerosas, su estructura es semejante a la de las espinas, pero mucho más sencillas, poseen en el exterior células fusiformes que dejan en la superficie una parte libre, retrobarbadas a lo que se debe que si se tocan penetran en la piel fácilmente y se extraen con dificultad. Existe una gran variación no solo en los diferentes géneros, sino que incluso en una misma planta ya que con la edad se -- van transformando, según figura No. 5.

4.3.- Elementos que Constituyen a las Cactáceas.- En las diferentes cactáceas el contenido de compuestos químicos varía, no solo en las diferentes especies, sino dentro de una misma. El contenido de humedad al igual que los minerales - varía grandemente.

Las cactáceas al igual que todas las plantas superiores presentan un complicado proceso metabólico que da origen a - la formación de muy diversos compuestos orgánicos. Para iniciar este proceso es de suma importancia el agua, bióxido - de carbono, oxígeno y otras sustancias minerales.

4.3.1- Humedad.- El agua es el componente indispensable para que las plantas lleven a cabo sus funciones metabólicas. Su contenido varía en mucho entre los diferentes géneros, así también en las especies más emparentadas y hasta - en una misma planta, dependiendo del grado de humedad que - se le haya presentado durante el período de lluvias.

Horn,(1914), citado por Bravo, consigna los resultados - de los análisis de un mismo nopal realizados en la estación seca con otra humedad y encontró que variaba de un 92.75 % a 79.32%. La humedad también varía con respecto a la edad - de la planta ya que las partes más jóvenes presentan mayor

En *Mammillaria* sp.En *Echinocereus reichenbachii*En *Peniocereus greggii*En *Ferocactus wislizeni*En *Mammillaria wrightii*En *Leuchtenbergia principis*

TIPOS DE ESPINAS

segun Bravo

cantidad de agua con respecto a las más viejas.

Villarreal y Barcenas, citado por Codagem (1981), reportan el contenido de humedad en *Opuntia ficus indica* en un porcentaje de 91 y 92% y en *O. undulata* de 92.2 al 92.73%.

La Universidad Autónoma de Guanajuato, citada por Codagem en 1980, en su análisis bromatológico de 6 variedades de nopal (*Opuntia*) reporta el contenido de humedad que varía del 79.10% hasta un 92.70%. La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos citado por el mismo Codagem en -- 1981 manifiesta la bondad del nopal en zonas áridas y semiáridas en base a que es una excelente fuente de agua.

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales informa que el agua es el componente que les da a las cactáceas y a otras plantas el aspecto de succulencia. Diciendo que el -- contenido de las células es un medio rico en agua donde durante el período de crecimiento el contenido es mayor.

4.3.2.- Contenido Mineral.- El Instituto de Investigaciones Forestales (1981), informa que la cantidad y calidad de los minerales que se localizan tomando parte de los diferentes órganos de las cactáceas (nopal) son muy variables, no sólo en diferentes especies, sino que en una misma; dicha heterogeneidad se basa en las diferencias determinadas genéticamente por su necesidad, variación climática y composición química del suelo. Bravo en 1978 menciona que la composición química de las cenizas de las cactáceas, es distinta no sólo entre las diferentes especies, sino que también dentro de una misma, ya que dependen de la composición del suelo y de lo complicado de los fenómenos de la disponibilidad de los componentes del suelo, relacionados con la acidez, salinidad, conductividad, grado de disociación ó ionización, humedad y textura.

De las diferentes cactáceas las que más se han estudiado corresponden a las del género *Opuntia*, tomando en cuenta que son las de mayor importancia económica; el uso que se les ha dado ha sido en la alimentación tanto humana como animal.

Los principales componentes minerales son el calcio y el potasio, encontrándose también algo de magnesio, sílice, sodio y pequeñas cantidades de fierro, aluminio y magnesio, predominando en forma de carbonatos, aunque también se les encuentra como cloruros, sulfatos y en pequeñas cantidades los fosfatos.

4.3.3.- Los principales pigmentos contenidos en las cactáceas corresponden a los siguientes grupos: Clorofiloides, Carotenoides y Fenoles.

Los pigmentos clorofiloides son los que comunmente se conocen como clorofila, es el principal pigmento de las cactáceas; y se encuentra en el parenquima clorofiliano bajo la epidérmis de los tallos o de las hojas cuando éstas existen no se encuentra libre en el jugo celular, sino que se haya en los tejidos y cloroplastos. La clorofila desarrolla la función de absorber la energía luminica y la transforma en energía química, necesaria para dar vida a la planta.

Muchos de los miembros de la familia de las cactáceas sufren un cambio de coloración en el invierno, similares a los cambios que sufren árboles y arbustos caducifolios en otoño. En las cactáceas conforme continúa el período de sequía, que generalmente coincide con el invierno aumenta el contenido de carotenoides y los tallos se tornan rojisos.

4.3.4.- Los mucílagos.- Bravo (1978), dice que los mucílagos son sustancias análogas a las gomas, que en contacto con el agua forman una disposición viscosa y poseen una enorme facilidad de embeberla; propiedad de suma importancia en el mecanismo de retención de agua de las cactáceas, los mucílagos están contenidos dentro de las grandes células vasculares del parénquima. Algunos géneros de cactáceas se caracterizan morfológicamente por la presencia de canales o conductos mucilaginosos en sus tubérculos, como sucede en *Ancistrocactus*. Se les ha dado diferentes usos caseros y factibles de ser utilizados industrialmente.

Tiscornia (1976) establece que la consistencia de la savia de las cactáceas es casi siempre mucilaginosa, pero en algunas especies, las células se encuentran llenas de fluidos lechosos ó gomosos. Algunas especies de *Opuntia* poseen duros tallos, leñosos más o menos pronunciados, rodeados de una pulpa blanca en las que se almacenan las reservas de agua y los estomas se encuentran situados generalmente en de presiones del flexible artículo.

Fernando Landeros, citado por Bravo, encontró en seis especies de nopales, objeto de estudio, un contenido de mucílago que fluctuaba entre el 1.09% y el 4.53%. El análisis del mucílago obtenido de *O. ficus-indica* mostró estar formado por glucosa y arabinosa, principalmente, mientras que los azúcares encontrados en el mucílago de *O. tomatosa* fueron glucosa, arabinosa y galactosa. En ambos mucílagos las cenizas reportan entre el 8.9 y el 13%, los azúcares totales varían del 62.92 al 64.53% y las pentosanas del 28.90 - 39.31%.

Según estudios realizados en la Facultad de Ciencias Químicas por el Ing. Araceli del C. Reynoso sobre los materiales que se utilizaron en este trabajo fueron los siguientes para el polímero en un análisis químico.

Pitayo (*Stenocereus queretaroensis*)

Sulfatos	43 ppm.
Floruros	2.6 ppm.
Nitritos	0.0 ppm.
Cloruros	60.0 ppm.
Dureza cacica	240 ppm.
Alcalinidad	180 ppm.

K<sub>9</sub>

Al mismo tiempo se realizaron análisis bromatológicos para las diferentes materias primas de que se obtuvieron los polímeros y en el caso del pitayo los resultados fueron -- cuando el producto ya era molido.

Fibra cruda	4.08%
Humedad	12.45%

Grasas	0.62%
Proteínas	5.16%
Extracto no nitrógeno	68.92%
Cenizas	8.77%

Análisis Químico para el Nopal (*O. ficus-indica*).

Sulfatos	35.4 ppm.	/ Kg
Floruros	1.5 ppm.	
Nitritos	0.0 ppm.	
Cloruros	12.0 ppm.	
Dureza total	9.6 ppm.	
Dureza cálcica	340.0 ppm.	

En el mismo nopal se analizaron las cenizas del polímero en el cuál se encontró un 65% de azúcares totales entre los que figuran la glucosa y arabinosa, que según William L. - Masterton tiene la característica de aparecer en soluciones acuosas. El mismo autor menciona que entre los polímeros - que se encuentran en los organismos vivos hay varios que se hayan en los compuestos en base a carbono, oxígeno e hidrógeno, ejemplos de éstos tenemos a la celulosa y al almidón, al hidrolizarse éstos dan origen a la glucosa  $C_6H_{12}O_6$ , que se pueden encontrar libre de combinada.

4.3b.- La Zábila y sus características.- Según el INCA (1982), la Zábila es de origen africano, de la familia de - las liláceas, con pencas carnosas, arrosetadas y de borde - dentado y espinoso, de treinta a setenta centímetros de lon- gitud, Maximino Martínez dice que las flores son tubulosas, porque las seis piezas que forman la cubierta floral se sol- dan todas entre sí en un tubo las más veces recto, y en oca- siones algo encorvado y aún bilabiado. Estas flores suelen tener color rojizo, anaranjado o amarillento. Los estambres son también seis, con largos filamentos que arrancan del - fondo de la flor, debajo del pistilo. El fruto es una cápsu- la de paredes inconsistentes. Florecen, según las especies,

en primavera y verano; y aún en invierno en sus respectivos países de origen.

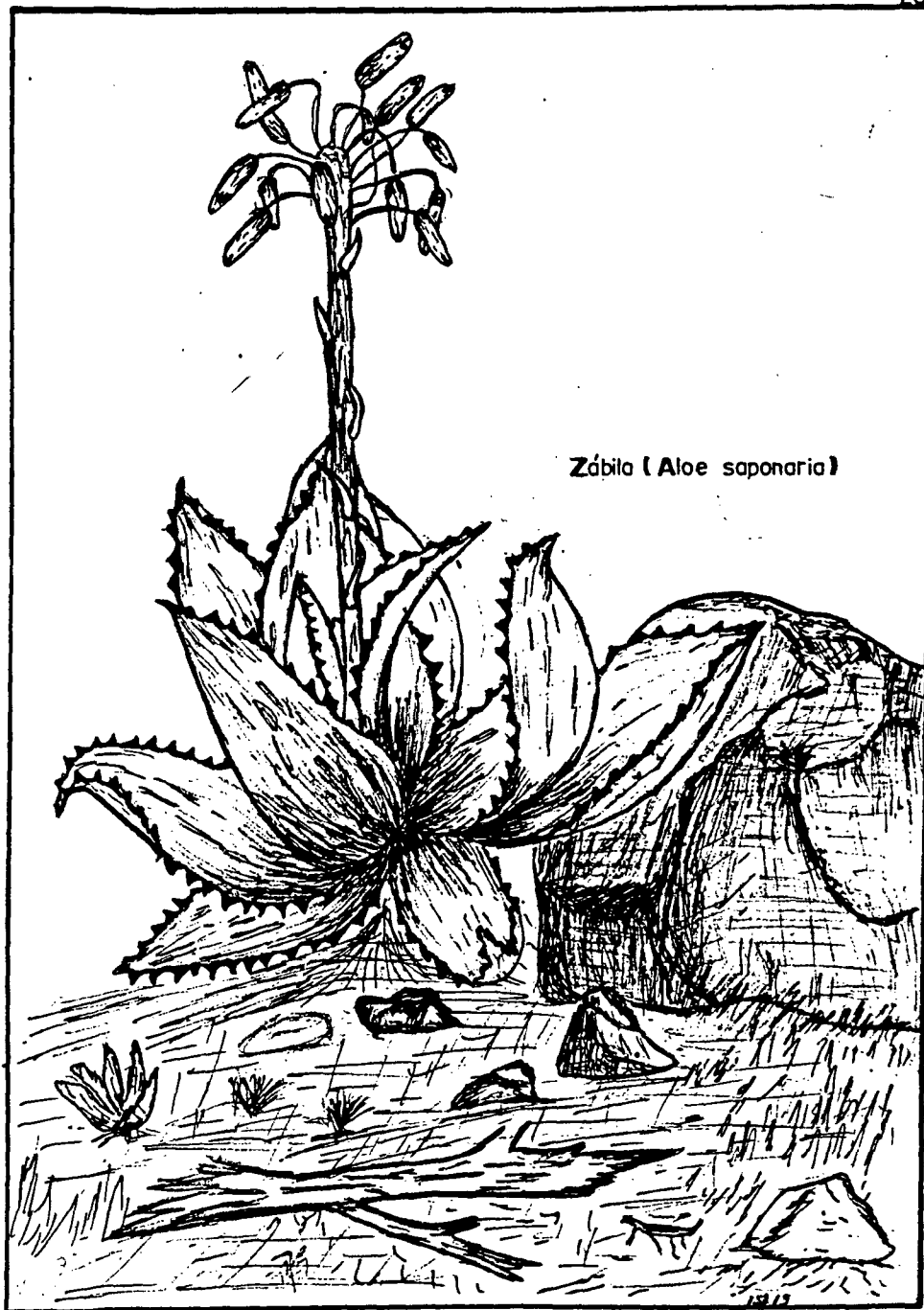
Se desarrollan cerca de 200 especies, en laderas soleadas, a menudo en lugares rocosos o pedregosos del antiguo Mundo, en la mayor parte de Africa, en Madagascar y en algunos puntos de Asia. Augusto Matons señala que la Zábila se desarrolla en climas templados, al aire libre en terrenos áridos y secos el cultivo no representa dificultad ya que medran en todos los terrenos, soportan la sequía. Se multiplica separando los hijuelos que salen al rededor de la planta adulta. Se utilizan núcleos para la decoración de superficies rocosas ya también se desarrollan muy bien en maceas.

En medicina, se utiliza el jugo de sus hojas cuajado en una masa sólida muy amarga, llamada acíbar. Generalmente se obtiene dejando fluir el licor que escurre de sus hojas cortadas trasversalmente, el mismo Maximino Martínez dice que la composición del acíbar varía según el alóe del que procede y la época de recolección. Contiene del 6-10% de agua, y un 2% de cenizas, variando más la resina, de un 40 a 80% -- que carece de importancia económica, además el acíbar contiene hasta un 20% de aloína a la que se le atribuye naturaleza de glucósidos.

4.4.- Medios de control para la clarificación de agua en el proceso de potabilización. La clarificación del agua envuelve a la coagulación y floculación en la extracción de los contaminantes suspendidos en el agua por medio de una combinación de métodos químicos, que en ocasiones se combinan diferentes de estos métodos para obtener una mejor calidad del agua.

La eficiencia y control de los contaminantes depende en gran parte del acondicionamiento de la instalación de la planta potabilizadora, mientras que los productos químicos en una adecuada utilización permite obtener una mejor calidad en el agua.





Zábila (Aloe saponaria)

Los factores en que se debe tener más atención son: el PH, variaciones de temperatura y el tipo de contaminantes que origina la turbidez. La mayor parte de la turbidez en aguas crudas, es esencialmente una suspensión de partículas coloidales de barro que han sido suspendidas en el agua por medio de la acción de la erosión provocada por las corrientes de agua sobre la superficie del suelo. Las partículas forman suspensiones coloidales de barro que han sido incorporadas al agua, en la mayor parte son estables, poseen cargas negativas y no sedimentan, al menos de que se les aplique un producto químico.

Los materiales orgánicos tales como los taninos y ligninos son insolubilizados en un estado coloidal provocando éstos que el agua se torne turbia. En algunos casos, el color es proporcionado por la insolubilización del fierro y magnesio disueltos en el agua. La turbidez es eliminada del agua mediante coagulantes y floculantes y el uso del filtros.

4.4.1.- Coagulación y Floculación.- Los procesos de coagulación y floculación se emplean para extraer del agua los sólidos que en ella se encuentran suspendidos, siempre que su rapidez natural de asentamiento sea denominada baja para proporcionar clarificación efectiva.

Tomando en consideración la clarificación de aguas superficiales, el agua cruda turbia contiene materiales suspendidos, tanto sólidos que pueden asentarse como partículas lo bastante grandes que se asientan cuando el agua está en reposo, o sólidos dispersados que no se asentarán con facilidad. Una parte considerable de estos sólidos que no se assientan pueden ser coloides. Cada partícula puede ser estabilizada por cargas eléctricas negativas sobre la superficie de las mismas, haciendo que se repelan entre partículas vecinas, ésto impide el choque de las partículas y el que formen así masas mayores, llamados flóculos, las partículas no se asientan, la coagulación desestabiliza estos coloides al desequilibrar las fuerzas que los mantienen separadas, ésto se logra mediante la agregación de coagulantes quími-

cos y aplicando energía de mezclado, según Fair, Geyer y Okun, (1981).

4.4.1.1.-Floculación.- La Floculación consiste en enredar a las partículas neutralizadas en una red de sólidos - más grandes. Hablando estrictamente, floculación es el movimiento lento, o agitación del agua, o aguas residuales que contienen flóculos. Sin embargo, en la floculación química, el movimiento puede principiarse tan pronto como se agregue el coagulante químico. Considerando en sí mismo el paso inicial que recibe el nombre de mezclado.

Meelallión, Kemmer y Company, (1982), mencionan que puede ser que el flóculo formado por la aglomeración de varios coloides no sea lo bastante grande para asentarse o desecarse con la rapidez deseada. Un coagulante reúne partículas - floculadas en una red, formando puentes de una superficie a otra y enlazando así a una partícula con otros conglomerados. La floculación es estimulada por una mezcla lenta que junta lentamente a los flóculos; en mezclados bastante intensos lo rompe y raramente los vuelve a unir en su tamaño y fuerza óptima. La floculación no sólo aumenta los tamaños de los flóculos, sino que también afecta a su naturaleza física.

A la unión de las partículas se les denomina crecimiento del flóculo. Una combinación de mezcla y movimiento lento ó agitación que produce unión, se le denomina floculación aún cuando existen términos más específicos como el de coagulación.

4.4.1.2.- Coagulación.- Coagular viene del latín Coagula re que significa aglutinar. Un coagulante es un producto químico que cuando está en solución provienen cargas opuestas a la de las partículas de turbidez coloidal en agua, aunque en algunos coagulantes sus cargas son neutras.

Meelallión, Kemmer y Company, (1982) mencionan que las especies coloidales encontradas en aguas crudas y en aguas de

deshecho incluyen: arcillas, sílice, hierro y otros metales pesados, color y sólidos orgánicos así como los residuos de organismos muertos. Los coloides siempre necesitan de coagulantes para alcanzar tamaños efectivos y una mayor rapidez de asentamiento. Pero aún partículas mayores, que son reales coloidales se asentarían si se les diera un tiempo suficiente sin necesidad de coagulantes, pero éstas requieren de la coagulación para formar flóculos mayores que asienten con mayor rapidez.

Los coloides se clasifican en hidrofílicos (afines al agua), e hidrofóbicos (adversos al agua). Los coloides hidrofílicos reaccionan con el agua; las sustancias que producen el color son hidrofílicas, que pueden reaccionar químicamente con el coagulante. Los coloides hidrofílicos requieren de una mayor cantidad de coagulante, mientras que los hidrofóbicos necesitan de una menor cantidad.

4.4.2.- Biofloculación.- Conceptualmente, las bacterias son biocoloides hidrófilos que llevan una carga neta negativa dentro de la gama de ph. Sin embargo, su aglomeración no es ocasionada únicamente por reducción en la densidad de cargas y disminución en la repulsión eléctrica, también se puede ver como una interacción de polielectrolitos de origen natural, por ejemplo, en la superficie de los microorganismos se encuentran polímeros, polisacáridos y poliácidos. Estos parecen llevarse a cabo bajo todas las condiciones fisiológicas. Por ejemplo, cuando los organismos crean polifloculante, se crean superficies nuevas con mayor rapidez siendo cubiertas por los polímeros, este fenómeno conduce a una mejoría en la biofloculación durante la fase de crecimiento declinante y la convierten en óptima en la fase endógena. Los microorganismos dispersos en las afluentes de las plantas de tratamiento biológico de aguas residuales, son floculadas con rapidez por los iones metálicos multivalentes como el sulfato férrico y sulfato de aluminio, así también por polielectrolitos orgánicos sintéticos, catiónicos y aniónicos.

4.4.3.- Productos utilizados como Coagulantes y Floculantes.- Según Fair-Geyer y Okun (1981), la variedad de operación de tratamiento que dan por resultado la purificación del agua y las aguas residuales es amplia y la multiplicidad de los fenómenos de que se debe ocupar el control de la calidad de las aguas es casi interminable. En general las principales operaciones y procesos del tratamiento de las aguas y aguas residuales son tan lentas que son de interés principal a la velocidad a que se llevan a cabo, más que las condiciones de equilibrio final alcanzadas.

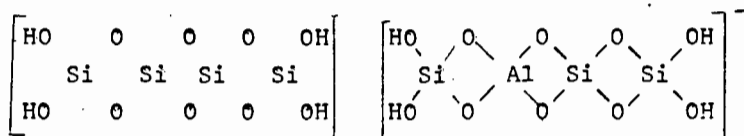
El comportamiento de los floculantes no están plenamente identificados. Para este comportamiento las variables contables son: 1)- Las sustancias que se van a remover, 2)- Los aditivos si los hay. Como ejemplos de prácticas operatorias comunes en coagulación química satisfactoria, en el caso más simple están las adiciones rutinarias de cantidades convencionales de productos químicos, en casos supervisados.

Al principio se pueden formar en capas eléctricas dobles en la interfaz situada entre un medio acuoso y otro no acuoso, 1) mediante la suposición de una carga eléctrica neta ya sea positiva o negativa, por un lado de la interfaz y 2) a travez de la creación de una capa difusa en la fase acuosa mediante un número equivalente de iones contrarios, de cargas opuestas. Se observan capas dobles en esta clase en la superficie de precipitados, suspensiones y emulsiones. Estas capas tienen gran influencia sobre la estabilidad de los coloides. Las cargas superficiales se acumulan en tres formas principales que varían con la química de las substancias involucradas.

1.- Se puede establecer una pequeña carga superficial por absorción preferencial de un solo tipo de ión OH, sobre materiales químicamente inertes.

2.- En el límite de las bases de las superficies sólidas la carga puede ser el resultado de la substitución isomórfica de la red estructural o de imperfecciones isomórficas de éstas, las arcillas muestran ejemplos representativos. La adquisición de una carga negativa se ilustra por un con-

junto ordenado de tetraedros de  $\text{Si O}_2$  sólido mediante el replazo de un átomo de silicio por uno de aluminio y se crea una estructura cargada negativamente.



Históricamente los coagulantes metálicos (el aluminio y las sales de hierro), han sido las más empleadas en la clarificación del agua. Estos productos actúan como coagulantes y floculantes a la vez. Añadidos al agua se forman especies cargadas positivamente en el intervalo de PH típico para la clarificación, éste es de 6 a 7. Esta reacción de hidrólisis produce aluminio gelatinoso insoluble al igual que el hidróxido férrico. Aún cuando inicialmente no haya sólidos suspendidos en el agua, los coagulantes metálicos como anteriormente se mencionó forman flóculos que enredan a los coloides desestabilizados, sin embargo, los lodos producidos por la adición de los coagulantes metálicos crean problemas de disposición, por lo que de ordinario sólo difícilmente pueden disecarse, ésta es la razón del porqué el aluminio y las sales de hierro no se usan frecuentemente para mejorar la eficiencia en el tratamiento.

Los polielectrolitos son grandes moléculas orgánicas solubles en agua, formadas por bloques denominados monómeros repetidos en una cadena larga. De ordinario incorporan en sus sitios, espacios para su intercambio iónico que da a la molécula una carga iónica, aquellas que tienen una carga positiva son catiónicas y en las que su carga es negativa se les denomina aniónicas. Estas moléculas reaccionan con el material coloidal en el agua neutralizando la carga o enlazando partículas individuales para formar un precipitado visible o insoluble, éste es, un flóculo.

Los polielectrolitos se pueden modificar para ajustarse a la naturaleza de la materia coloidal que debe extraerse del agua. Estas modificaciones incluyen variaciones tanto en el

peso molecular como en la capacidad de intercambio iónico. También se pueden producir materiales exentos de cargas iónicas; a estos polímeros se les denomina no iónicos. Aunque éstos no son polielectrolitos en sentido estricto, los polímeros no iónicos exhiben en solución muchas de las propiedades flocculantes, y se les considera de ordinario como partes de los compuestos de la familia de los polielectrolitos.

La naturaleza iónica de los polielectrolitos es sólo un factor que determinan el desempeño de estos materiales como coagulantes y flocculantes, factores como la naturaleza polar de los enlaces no iónicos en la molécula, el tamaño y la geometría molecular tienen una función muy importante y, en muchos casos, dominan a los factores de la carga y a las densidades de carga. Así como regla general, los polímeros catiónicos son diseñados para trabajar con valores bajos de PH, y los aniónicos con valores altos.

Los no iónicos y los cuaternarios sólo son influidos débilmente por el PH. La regla general no debe tomarse como que los polímeros aniónicos no son efectivos cuando el PH es bajo; simplemente quiere decir que, en este caso, ya no son iónicos. Pueden tener buenos resultados en la floculación de sólidos cuando el PH es bajo, tan sólo a causa de sus enlaces no iónicos. Lo mismo se aplica a los catiónicos aún cuando no están cargados y el PH es alto, pueden ser efectivos como coagulantes debido a su grupo polar.

Los polímeros orgánicos superan muchos de los problemas inherentes al uso del aluminio o de las sales de hierro. Estos polímeros son moléculas orgánicas de cadenas largas formadas por bloques llamados monómeros, repetidos a lo largo de las cadenas. En función de la selección de los monómeros y de los métodos de procedimientos pueden elevarse una gran diversidad de polímeros de configuración y de peso molecular diferente. El peso molecular es proporcional a la longitud de las cadenas del polímero; la amplia selección de la estructura y peso molecular permite diseñar productos que respondan a un problema específico de coagulación y floculación, aunque rara vez esto sea práctico por razones económi

cas.

Los polímeros empleados en el tratamiento de agua pertenecen a dos tipos principales como son los coagulantes y floculantes. Los coagulantes son moléculas positivamente cargadas con pesos moleculares relativamente bajos. Aunque muestran ciertas tendencias a enlazar, no son particularmente efectivos como floculantes. Los polímeros floculantes tienen pesos moleculares muy altos y proporcionan largos puentes entre los pequeños flóculos para promover el crecimiento de las partículas. El floculante que trabaja en cualquier sistema sólo puede ser identificado mediante cribado en el laboratorio y por las pruebas que se realicen en la planta. A la diferencia de sales inorgánicas, los polímeros no producen flóculos voluminosos, gelatinosos. En la aplicación donde la adición de sólidos mejora los resultados, donde pueden ser necesarios coagulantes inorgánicos para completar el uso de polímeros, a diferencia de los coagulantes metálicos, los polímeros no afectan al PH ni su desempeño es sensible al mismo.

Los polielectrolitos son solubles en agua, conducen la electricidad y son afectados por las fuerzas electrostáticas que hayan entre sus cargas. Algunos polielectrolitos naturales de origen biológico son polímeros. Son polielectrolitos naturales, las proteínas, las protaminas, los ácidos nucleicos, pépticos y algínicos, los polisacáridos y numerosos poliácidos, según Fair, Geyer y Okun (1981).

4.5.- La Sedimentación.- Según Pérez Carrión (1981), la sedimentación se realiza en unidades o reactores denominados sedimentadores, en los cuales las masas del líquido se trasladan de un punto a otro con movimientos uniformes y con velocidades constantes.

Una unidad de sedimentación consta de cuatro zonas:

- a)- Zona de entrada y distribución del agua.
- b)- Zona de sedimentación propiamente dicha.
- c)- Zona de salida o recolección de agua.



## d)- Zona de depósito de lodos.

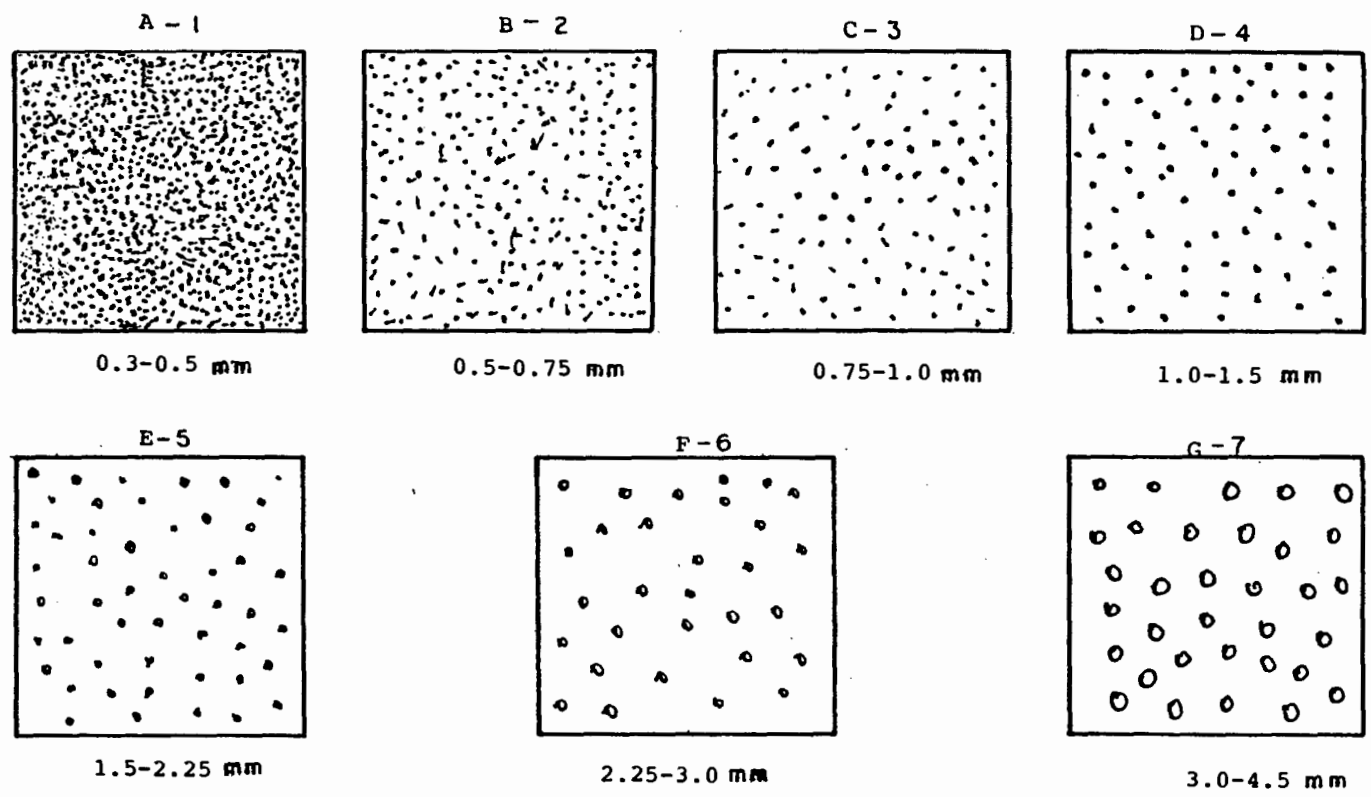
4.5.1.- Naturaleza del proceso de sedimentación en clarificación de agua.- Normalmente el proceso de sedimentación en planta no es tan simple debido a que: 1) las partículas no son discretas, 2) los sedimentadores no trabajan normal por diversas condiciones internas y factores externos. A continuación se analizan estos factores con más detalle.

4.5.1.1.- Sedimentación de suspensiones floculantes.- - Según Pérez Carrión (1981) las partículas al ser removidas en una planta de tratamiento de aguas son sólidas, orgánicas e inorgánicas. Los factores primordiales que influyeron en la velocidad de sedimentación son: tamaño, forma y densidad.

La materia en suspensión que origina la turbiedad consiste principalmente en sílice finalmente dividido, arcilla y limo. La densidad original de las partículas es similar a - 2.60 mm. El color, en cambio, es producido principalmente por ácidos orgánicos (flúvico, húmbico, etc.) de origen vegetal con densidades variables, presentándose principalmente en estado coloidal, siendo necesario añadir coagulantes químicos y someterlos a procesos de coagulación y floculación para aumentar su tamaño y/o densidad en forma previa a proceso de sedimentación.

En aguas tratadas con coagulantes las partículas en suspensión consisten en flóculos formados por óxidos metálicos de aluminio y hierro en aguas con el 85 al 95% de turbiedad y color. Con densidades variables entre 1.002 cuando predomina el color y 1.030 cuando predomina la turbiedad. En procesos de ablandamiento los flóculos tienen densidades cercanas a 1.20. El diámetro de los flóculos es variable desde dimensiones microscópicas hasta más de cuatro milímetros, dependiendo de las condiciones de la mezcla y floculación, gradiente de velocidad y tiempo de retención. Willcomb clasificó a los flóculos por su tamaño, según se representa en la figura No. 9.

La velocidad de sedimentación de suspensiones floculan-



INDICE DE WILLCOMB PARA DETERMINAR EL TAMAÑO DEL FLOCULO

FIGURA 6.

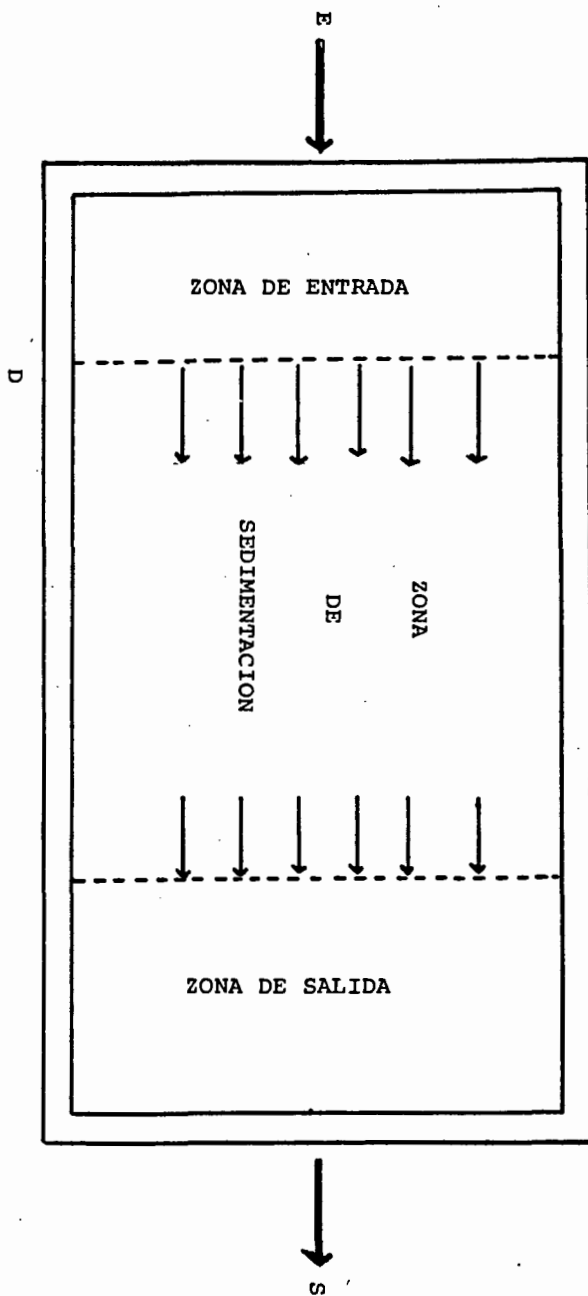
tes depende de las características de las suspensiones, así como de las características hidráulicas de los sedimentadores y de la presentación de los procesos concomitantes; floculación por diferencia de velocidades de sedimentación de los flóculos, influencia de turbulencia y variación de gradientes de velocidad; factores que imposibilitan un modelo matemático general. Por este motivo se recurre a ensayos en el laboratorio o en la planta, con el propósito de producir la eficiencia teórica remocional en función de cargas superficiales o velocidades de asentamiento preseleccionadas tomándose en cuenta las siguientes precauciones:

- 1.- Que la muestra de la suspensión sea representativa.
  - 2.- Que la muestra se mantenga a igual temperatura.
  - 3.- El ensayo se puede realizar en columnas de sedimentación o en la base de las pruebas de jarras.
  - 4.- El análisis consiste en determinar las concentraciones del material en suspensión cada cierto tiempo.
- En las figuras 7a, 7b y 8 se muestra un sedimentador.

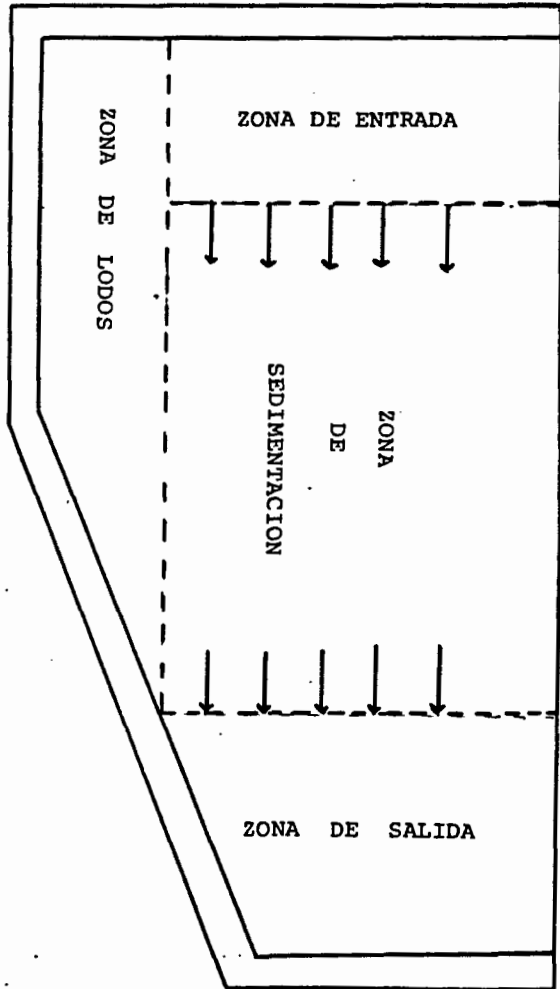
4.5.1.2.- Factores que afectan a la sedimentación ideal. Normalmente en una planta de tratamiento de agua el proceso de sedimentación ideal se ve afectado además de los factores anteriormente estudiados, por una serie de variables no consideradas en la teoría, entre ellas tenemos: a) Corrientes de densidad producidas por efectos de variación de temperatura (corrientes térmicas), ó de concentración.

Al entrar agua más fría al sedimentador, la masa de agua es desplazada hacia el fondo del sedimentador produciendo - el tipo de corriente indicada en la figura No. 9a, en cambio, con agua más caliente se produce el fenómeno inverso, indicado en la figura No. 9b.

También se pueden producir densidades en corrientes por la diferencia de distancia de las masas de agua, las cuales pueden crear fuerzas más importantes que las térmicas. En la figura No. 10 se indican las densidades del flóculo producido con distintas concentraciones de suspensiones de caolín, haciendo la misma consideración anterior un volumen -

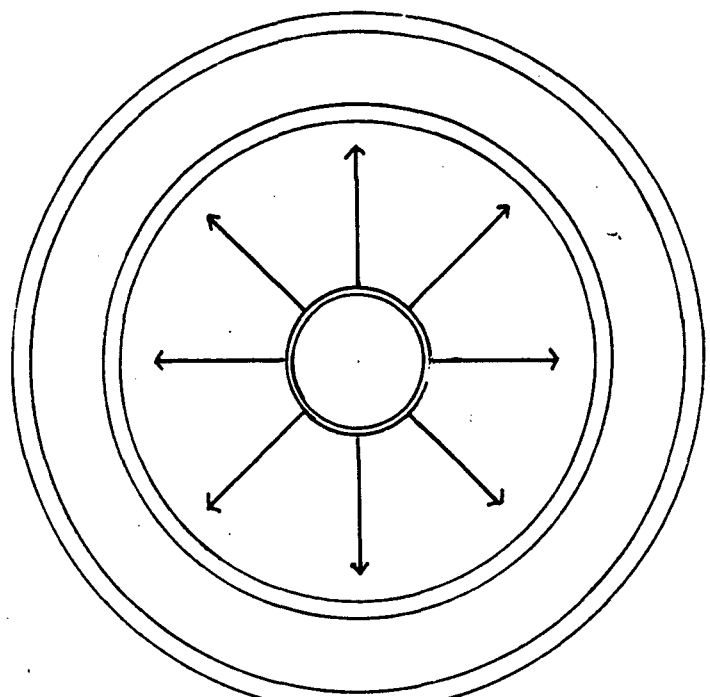


ZONIFICACION DE UN SEDIMENTADOR  
FIGURA 7.

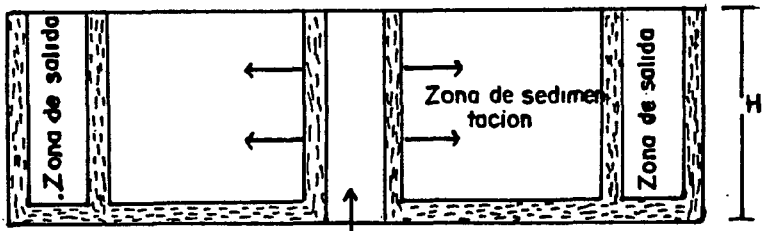
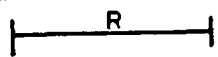


CORTE LONGITUDINAL

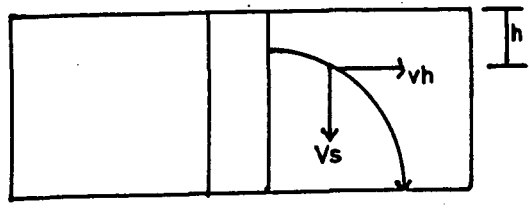
FIGURA NO. 7 -B



PLANTA

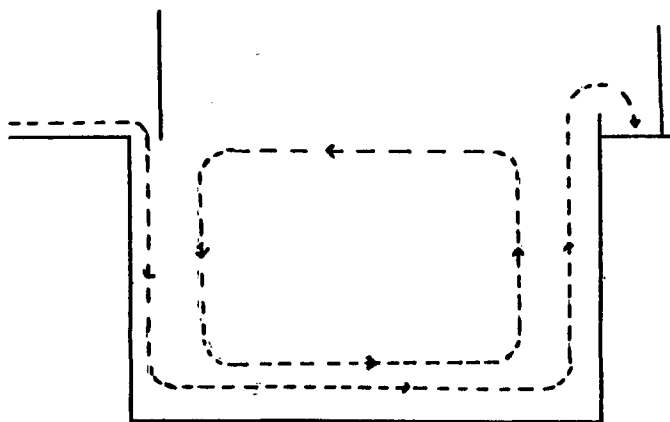


CORTE



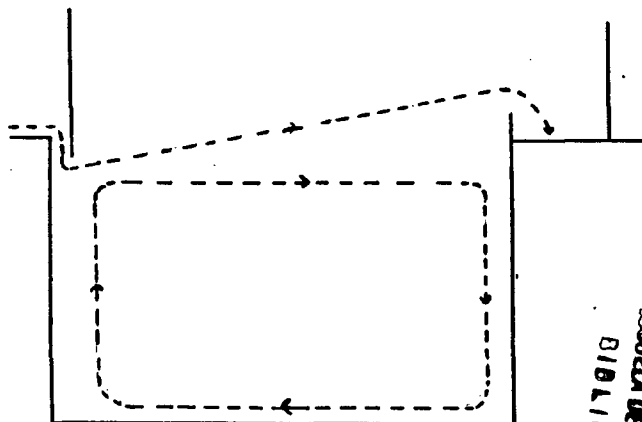
flujo

Sedimentación en tanques circulares  
Figura No. 8



CORRIENTES TERMICAS  
DEBIDAS A AGUAS FRIAS

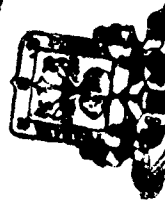
FIGURA NO. 9-A



CORRIENTES TERMICAS DEBIDAS A  
AGUA CALIENTE

FIGURA NO. 9-B

ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA



de agua de 100,100 mts. cúbicos con 20 mlgrs. por litro de caolín, pesaría 100,560 toneladas, y con 80 mlgrs. por litro, 102,250 toneladas, lo que dá una diferencia de 690 toneladas ó 6.9 kilogramos por metro cúbico. Afortunadamente, la mayor concentración de partículas suele estar en el fondo pero cualquier perturbación en el flujo, ya sea por temperatura, obstrucciones, altas velocidades de las paletas - del floculador, etc., puede alterar el equilibrio produciendo un flujo envolvente sobre sí mismo o sinuoso, muy diferente al teórico calculado, que es con frecuencia el que aparece en los sedimentadores horizontales, aún en los bien diseñados como se representa en la figura. b) Corrientes debidas al viento.- El viento al soplar sobre la superficie de los sedimentadores puede producir corrientes de suficiente intensidad como para producir cambios en la dirección del flujo y alterar el equilibrio de las masas de agua. En sedimentadores grandes puede crear oleajes de cierta magnitud, interviniendo en el proceso de sedimentación o desequilibrando la distribución del flujo en las canaletas de salida. c) Corrientes cinéticas.- Las corrientes cinéticas pueden producirse por: 1) alteraciones en las zonas de entrada; 2) obstrucciones en las zonas de sedimentación; 3) diseño impropio de la zona de salida.

1)- Las alteraciones en las zonas de entrada pueden deberse a velocidades excesivas del flujo en la entrada del sedimentador, ó a que los orificios sean muy grandes y los movimientos de las paletas del floculador sea tal que comunica demasiada energía en el flujo, al no haber disipación de esta energía en el tabique divisorio, las masas de agua entran con diferentes gradientes de velocidad, creando turbulencias que pueden extenderse a todo el sedimentador. Similarmente puede mencionarse como causa de corrientes cinéticas, la distribución del flujo siendo desigual en la entrada del sedimentador (orificios de distintos diámetros o algunos particularmente obstruidos), los tabiques que dejan pasar el agua solamente por el fondo, vertedores, etc., produciendo corrientes como las indicadas en la figura No. 11.



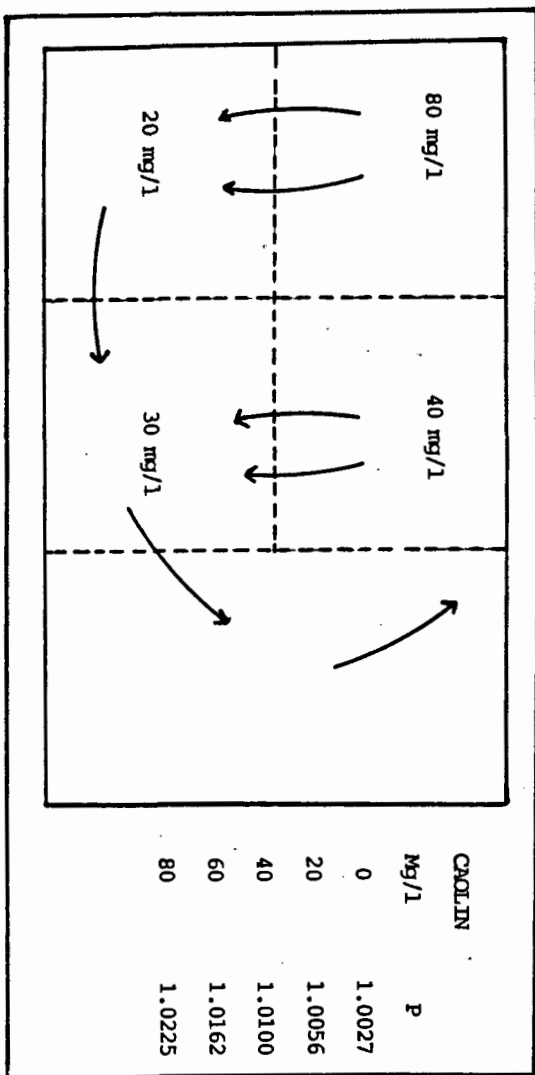
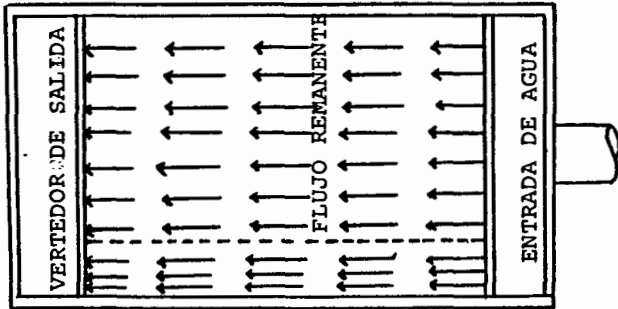
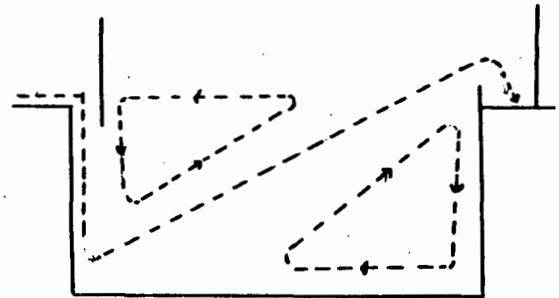


FIG. NO. 10- CORRIENTE DE DENSIDAD POR CONCENTRACION.



(a) PLANTA- CORTOCIRCUITO



(b) CORTE LONGITUDINAL-COTOCIRCUITO  
Y ESPACIOS MUERTOS

CORRIENTES CINÉTICAS DEBIDAS A ZONAS DE ENTRADA INADECUADAS

FIGURA NO. 11

2)- No es frecuente poner hoy en día obstrucciones en las zonas de sedimentación, pero debe tenerse en cuenta en cuanto que las columnas de vigas que pueden quedar en el agua bajo la eficiencia de los decantadores.

3)- Por último, la distribución desigual del agua en las zonas de salida es una de las más frecuentes causas de corrientes eléctricas en el sedimentador. Las canaletas mal niveladas impropriadamente diseñadas inducen a zonas muertas que inutilizan grandes áreas del tanque.

4.5.1.3 -  
SUBSTANCIAS QUIMICAS MAS EMPLEADAS EN EL TRATAMIENTO DE AGUA

NUMERO CLAVE	ABLADOR	AJUSTE DE PH. AUXILIARES DE COAGU- LACION.	COAGULADORES	CONTROL DE ALGAS	CONTROL DE OLORES	CONTROL DE CORROSION Y DEPOSITO.	DECLORACION.	DESINFECCION	FILTRACION.	FLOCULACION.	FLUORURACION.	REMOCION DEL COLOR	REMOCION DE Fe Y Mn	REMOCION DE ARSENICO	REMOCION DE BARIO	REMOCION DEL CADMIO Y CROMO.	REMOCION DE FLUOR.	REMOCION DE MERCURIO	REMOCION DE SELENIO	REM. DE PLOMO, PLATA REMOCION DE COMPONEN- TES ORGANICOS	OTROS	
1																						
2											X											
3		X																				X
4					X																	
5								X														
6			X									X										
7		X																				
8							X															
9	X	X										X										X
10				X	X			X				X	X	X								X
11	X	X				X		X			X	X	X	X	X					X	X	
12	X	X								X		X	X	X	X							X
13					X																X	X
14						X						X										X
15					X																	
16	X	X				X																
17				X	X			X				X	X									X
18			X									X										
19				X																		
20							X															X
21						X		X														X
22	X					X																
23											X											
24					X							X										
25						X		X														
26	X			X																		
27						X		X														
28							X															
29								X									X					
30	X	X										X	X	X	X							
31				X	X			X				X										
32						X																X
33			X								X											
34		X	X					X		X												

Preparacion de Sabeo  
activado.

Remocion de Silico

Preparacion de cloro y  
regeneracion de resinas.  
Preparacion de cloro

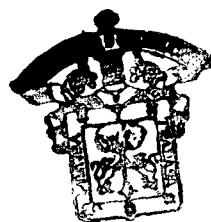
35		X	X				X	X												
36					X									X						
37					X									X						
38		X	X											X						
39			X																	
40														X						
41														X						
42			X											X	X			X		X
43			X											X		X		X	X	X
44			X																	
45			X											X						
46	X					X														X
47					X	X														
48			X		X															
49			X																	
50						X	X													
51						X	X													
52						X														
53					X		X	X												

Preparación de silice  
activado,

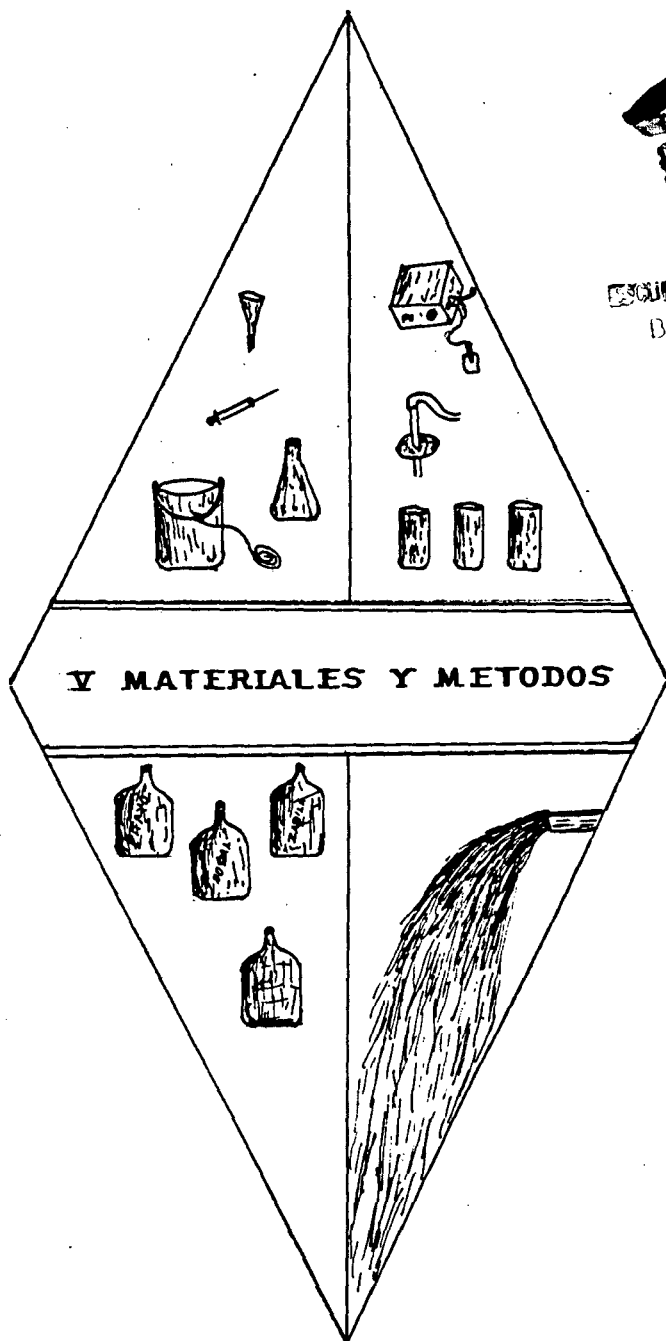
Control de leídas

Fuente: Boviralta y Pérez, 1981.





ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA



5.1.- El presente trabajo se divide en dos etapas experimentales que son:

5.1.1.- Obtención del producto polimérico (mucilago) para el cuál se utiliza el siguiente material:

- 1.- Material vegetativo.
- 2.- Navaja.
- 3.- Estufa con temperaturas controladas.
- 4.- Molino para forraje.
- 5.- Recipientes extendidos.
- 6.- Extractor Soxhlet (Figura No. 12).
- 7.- Parrilla eléctrica.
- 8.- Alcohol etílico.
- 9.- Bomba de vacío.
- 10.- Tela de seda.
- 11.- Embudo Buchner.
- 12.- Matraz Quitazato.
- 13.- Agua Destilada.

#### 5.1.2.- PROCEDIMIENTO.

a).- El material vegetativo tanto de pitayo, nopal y zábila se limpió auxiliándose de la navaja para quitar, no dejar espinas y ahuates que al momento de obtener el producto puedan causar algún problema.

b).- Una vez limpio el material, éste se pica en pequeños trocitos con la finalidad de que haya una mayor superficie expuesta al medio.

c).- Posteriormente se colocan los trocitos en los recipientes y se ponen dentro de la estufa a una temperatura de 40°C. durante 48 horas, tiempo suficiente para que pierda la mayor parte de la humedad contenida en el vegetal.

d).- Ya seco, se procede a molerlo utilizando el molino para forraje teniendo cuidado de que quede lo más remolido posible.

e).- Pasando a la etapa de extracción de clorofila se procede a preparar el extractor Soxhlet, se adiciona alcohol etílico en el matraz del mismo extractor, se coloca parte -



de la molienda en el cartucho colocándolo dentro de la corneta y se sella con el refrigerante al cuál se le deben de colocar las mangueras de entrada y salida de agua. Una vez preparado el extractor éste se pone sobre la parrilla eléctrica y se da inicio a la extracción de la clorofila. Se deja resiclar el alcohol hasta que al pasar por la molienda - salga dicho líquido sin coloración alguna.

f).- Una vez extraida la clorofila se retira el cartucho del extractor y se comprime un poco el material libre de -- clorofila para rescatar parte del alcohol que en él queda, posteriormente se pone al sol para su secado.

g).- Seco y limpio el material vegetativo se pesa una parte y se diluye en un volumen conocido de agua destilada y se pone a calentar hasta ebullición, posteriormente ya - frío, se filtra la solución utilizando el embudo Buchner, - la tela de seda como filtro, el matraz quitazato conectado a la bomba de vacío, ésta última con la finalidad de lograr que pase el mucílago a través de la tela y de esta manera - se obtiene el polímero (mucílago).

5.2.- Etapa de experimentación en el comportamiento del producto obtenido para el cuál nos auxiliamos del siguiente material:

- 1.- Seis vasos de precipitados de 2000 ml.
- 2.- Six paddle Stirrer (aparato de jarras, figura No. 13).
- 3.- Muestreador de canal.
- 4.- Agua cruda.
- 5.- Jeringas.
- 6.- Productos poliméricos obtenidos.
- 7.- Sulfato de aluminio.
- 8.- Polímero (cat-floc).
- 9.- 13 Matraces Erlemeyer de 150 ml.
- 10.-Potenciómetro.
- 11.-Turbidímetro.
- 12.-Colorímetro.
- 13.-Sifones flotantes de hielo seco.

- 14.- Seis embudos pequeños de plástico.
- 15.- Papel filtro del número 40 Whatman.
- 16.- Termómetro.
- 17.- Cronómetro.

#### 5.2.1.- PROCEDIMIENTO.

El procedimiento que a continuación se presenta es para cada uno de los polímeros obtenidos.

a)- Se prepara una nueva dilución menos concentrada tomando un volumen conocido en ppm. del pitayo por ejemplo y se disuelve en agua destilada hasta aforar a un volumen deseado.

b)- Posteriormente se procede a muestrear el agua y se colocan en los seis vasos deprecipitados aforándolos hasta 2000 ml. y éstos a la vez se colocan en cada uno de los agitadores del aparato de jarras según la muestra.

c)- En las jeringas se toma el polímero y se le asigna una a cada jarra con las cantidades de solución que se quiere dosificar, en el caso en que se aplica Sulfato de Aluminio éste se adiciona primero como coagulante primario y posteriormente se agrega el polímero procurando que caiga al centro de las paletas de agitación.

d)- Para agregar los coagulantes, primero se prende el aparato de jarras a 100 rpm. para poder agregar la solución, esto se hace con la mayor rapidez posible y se deja en la etapa de mezclado de 1 a 2 minutos; al término de este tiempo se reduce la velocidad a 80 rpm. durante 2 minutos y posteriormente se baja hasta 40 rpm. durante 7 minutos.

e)- Concluido el tiempo de agitación se retiran las jarras de los agitadores sin apagar el aparato, con el fin de evitar que se rompa el floc, se deja reposar durante 10 minutos, los tiempos y velocidades de agitación varían según el diseño de la planta.

f)- Una vez concluida la sedimentación por medio de los sifones se toman 150 ml. de agua de cada jarra.

g)- A cada una de las muestras se procede a tomarles turbiedad residual auxiliándose del turbidímetro y en forma or

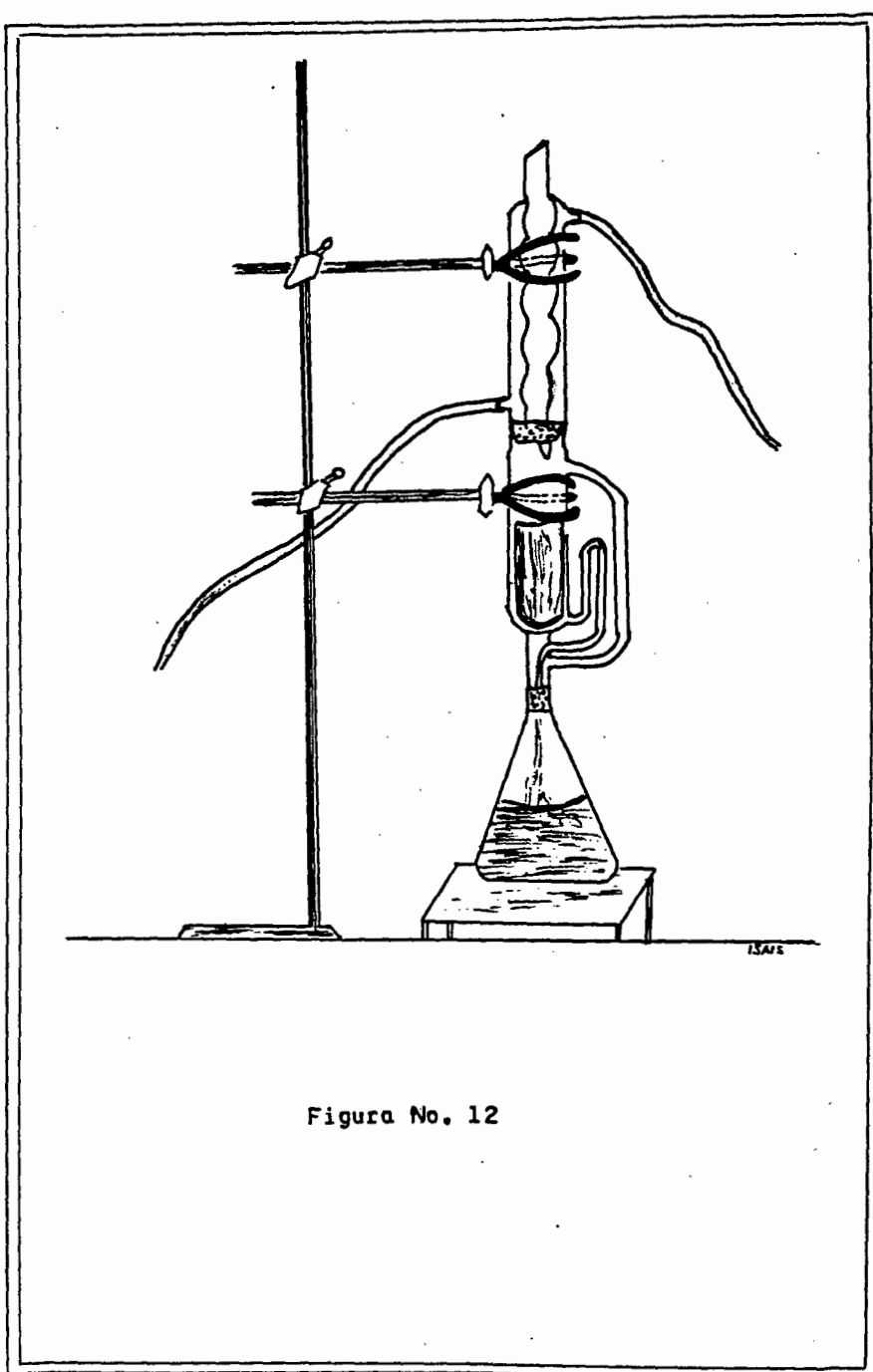
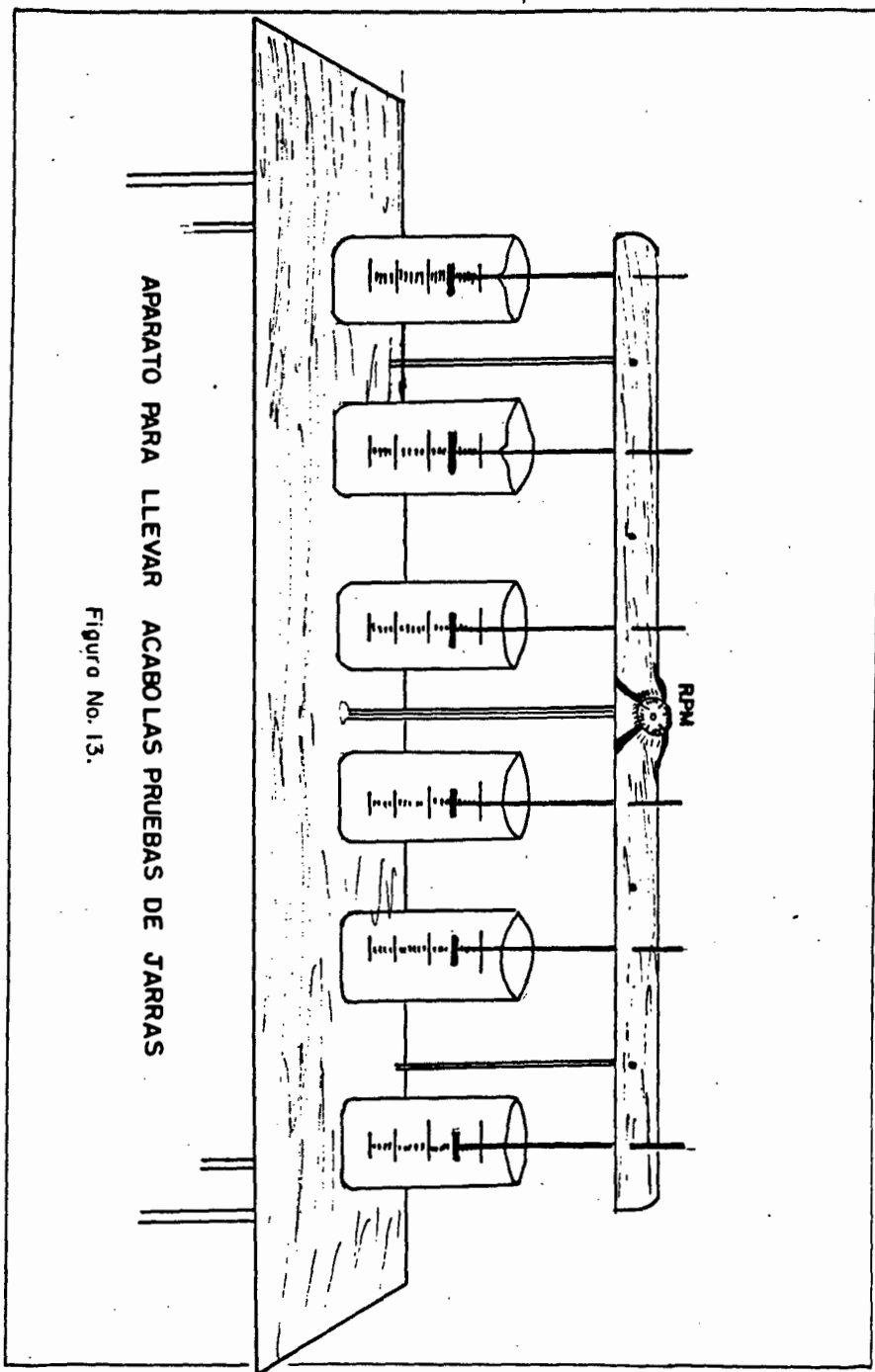


Figura No. 12



APARATO PARA LLEVAR ACABOLAS PRUEBAS DE JARRAS

Figura No. 13.

denada se registran los resultados.

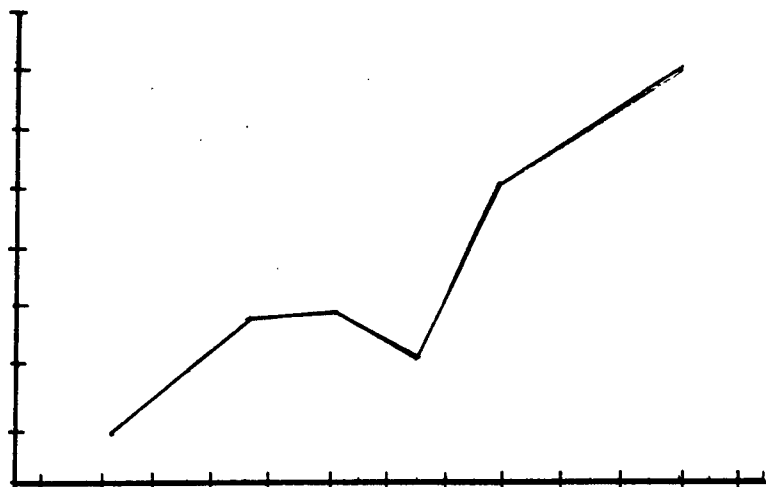
h)- De la misma manera se toma el PH utilizando para tal fin un potenciómetro.

i)- Para terminar con la etapa de sedimentación se le toma el color a cada muestra haciendo uso del colorímetro, - que para el caso se utilizó el Klett, para el cuál es necesario el auxilio de la siguiente ecuación:

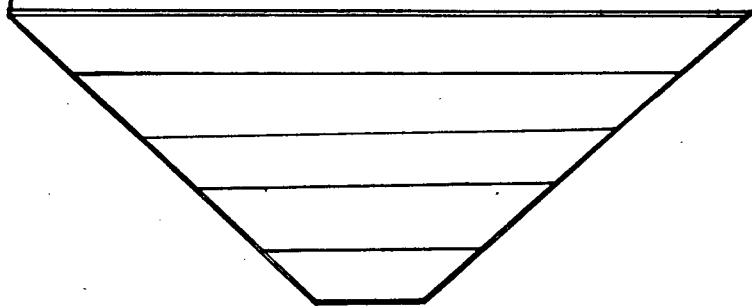
$$\text{Color} = 1.32 (\text{lectura del Klett}) - 4.4$$

j)- Damos inicio a la etapa de filtración utilizando los seis embudos, a cada uno se le pone papel filtro Whatman - No. 40 y éstos a la vez se colocan en seis matraces Erlemeyer y se procede a filtrar cada una de las muestras que se han estado utilizando.

k)- Una vez filtrada el agua se le toma turbiedad, color y PH, turbiedad y color con la finalidad de ver en que condiciones se recibe el agua y poder hacer comparaciones con el agua procesada.



## V. RESULTADOS Y CONCLUSIONES



6.1.- Los Polímeros obtenidos de:

Pitayo (*Stenocereus queretaroensis*).

Nopal (*Opuntia ficus-indica*).

Zábila (*Aloe melanacantha*).

se encuentran en el grupo de los polímeros no iónicos debido a que son productos de origen orgánico.

Al iniciar el presente trabajo se pensó en utilizar también el Organo (*Pachycereus pecten-aboriginum*) como material para obtener un polímero más. No fué posible aprovechar a este vegetal como se pensó a un principio debido a que se oxida al momento de que se limpia y dá una coloración café obscuro, además de este problema, no presenta las características mucilaginosas esperadas, al momento de incorporarlo con el agua le proporciona un color café, por tal motivo se descartó.

6.1.1.- Se procedió a la obtención de los polímeros del Pitayo Nopal y Zábila, se dió inicio con la limpia de 1 kgr. de cada vegetal y se pusieron a secar por separado al sol. Una vez secos se procedió a sacar el porcentaje de materia seca de cada uno de los materiales, éste se obtuvo por diferencia de peso y los resultados fueron: para el Pitayo 250 grs. de materia seca equivalente al 25%, el Nopal arrojó 103 grs. de materia seca equivalente al 10.3%, mientras que la Zábila aportó 98 grs. de materia seca que en porcentaje dá el 9.8% del total del peso inicial.

Se experimentó el secado a temperaturas arriba de 50°C. lo que originó que se perdieran las características mucilaginosas de los tres materiales en estudio, por tal motivo se recomienda que el secado se realice a temperaturas abajo de los 50°C, además toma coloraciones oscuras que le proporcionan color al agua lo que no sucede cuando el secado se lleva a cabo a bajas temperaturas.

La zábila ya molida presentó el amargo característico de la planta cuando está fresca pero no así cuando se le extraen los colorantes, este sabor se pierde; en el caso del -

pitayo y el nopal no se presenta este problema, durante la separación de los pigmentos en los diferentes materiales se presentó un espumoso excesivo dentro del matraz del extractor provocando que los colorantes ya extraídos regresaran de nuevo al cartucho que retiene el producto vegetativo, el problema se resolvió reemplazando el matraz original por otro de mayor volumen al que se le colocaron pedasos de vidrio para evitar explosiones que se presentaban periódicamente y de esta manera no permitir el regreso del alcohol contaminado al interior de la corneta del extractor.

6.1.2.- Preparación de la solución madre.- Una vez limpios los vegetales molidos se procedió a la preparación, iniciando con el pesado de 25 grs. de cada producto y se colocaron en matraces por separado cada uno, éstos de 1,000 ml. y se les agregó medio litro de agua destilada a cada uno, posteriormente se pusieron a calentar durante media hora en estado de ebullición, una vez calentados se filtraron y el líquido de cada filtración se aforó a 1,000 ml. con agua destilada y de esta forma se obtuvieron los polímeros del pitayo, nopal y la zábila a una concentración de 25,000 ppm. de producto activo por cada litro de solución.

Para poder hacer dosificaciones en pequeñas escalas fué necesario preparar una dilución menos concentrada.

Se utilizó el nopal sin quitarle el color, unicamente se picó y se puso a calentar para que soltara el mucílago, en este caso la viscosidad fué mayor que cuando se procesó pero permaneció un olor característico a nopal, no obstante se empleó ya que las cantidades dosificadas al agua son insignificantes para proporcionar algún tipo de olor; de igual forma se puede utilizar el pitayo dado a que tiene las mismas características que el nopal, pero no así la zábila, ya que presenta un sabor bastante amargo por lo que se descarta la posibilidad de ser utilizada de la misma manera.

La dosificación del nopal no procesado se llevó a cabo en base a la materia seca según cálculos del mismo nopal pero procesado.



## NORMAS DE CALIDAD

Las normas para obtener un agua potable, según el Sistema Intermunicipal de los Servicios de agua potable y Alcantarillado de la Zona metropolitana de Guadalajara (SIAPA) - reporta en sus hojas de análisis físicos y químicos para agua potable las siguientes normas de calidad para que el tan vital líquido pueda ser utilizado en los hogares:

PH	6.0 a 8.0
Color residual	20 unidades en la escala Pt-Co.
Turbiedad residual	10 UTN.

Para las UTN se utilizan tubos estandarizados con las siguientes concentraciones en base a sílice.

Tubo No. 1	0.9 UTN.
Tubo No. 2	9.0 UTN.
Tubo No. 3	90.0 UTN.
Tubo No. 4	900.0 UTN.

UTN- Equivalen a las unidades técnicas.

6.2.- Resultados obtenidos durante el proceso de potabilización del agua.

Para llevar a cabo el comportamiento de los diferentes polímeros que se obtuvieron fué necesario hechar mano de las pruebas de jarras, siendo estas pequeñas plantas potabilizadoras a nivel de laboratorio que permiten determinar las variables en cuanto a reactivos y de esta manera probar cuál es la mejor combinación y poder establecer un programa de dosificación para la planta potabilizadora.

6.2.1.- Pruebas de jarras para el polímero de pitayo, al realizar las primeras pruebas con este producto se pudo observar que no funciona como coagulante primario, dado que no provoca la desestabilización de las partículas por lo que se reduce muy poco la turbiedad con respecto al agua cruda, ésto lo podemos observar en la tabla de resultados P-1 y en las gráficas No. 1 para color y No. 2 para turbiedad.

Dado a que no funcionó sólo el pitayo, fué necesario combinar dicho polímero con otro desestabilizador de partículas, para tal caso se empleó el Sulfato de Aluminio, logrando con ésto reducir las unidades de color y turbiedad y se puede ver en la tabla P-2.

Según la tabla P-3 no existe una gran variación con los resultados del laboratorio ésto en la etapa de sedimentación una vez filtrada el agua según resultados; podemos observar que es mejor la calidad del agua agregando polímeros de pitayo.

Analizando detenidamente las tablas P-4 y P-5, en cada una se puede ver que la demanda de Sulfato de Aluminio es menor hasta en un 42% ésto se aprecia más claramente en la tabla P-6 en donde se logra bajar la demanda de Sulfato de Aluminio en un 57.1% con respecto a resultados del laboratorio de la tabla P-5 aunque las turbiedades y el color son un poco altos en la sedimentación, mientras que en la filtración mejoran considerablemente. La tabla P-7 nos dá un ejemplo más de lo antes mencionado.

Para concluir con las pruebas para el polímero de pitayo se realizaron pruebas comparativas con cat-floc y al mismo se compararon con el laboratorio, donde podemos ver que el cat-floc reduce el color y la turbiedad bajando considerablemente las unidades en la etapa de sedimentación, dejando atrás al polímero de pitayo y laboratorio, pero en la etapa de filtrado se igualan los resultados, ésto se puede ver en la tabla P-8

Para llegar a una conclusión se le dió un órden a las dosificaciones de Sulfato de Aluminio como a las del polímero de pitayo, obsérvese tabla P-9, se llegó a la conclusión de que es un producto no iónico dado a que es de origen vegetal y a que no tiene las propiedades de desestabilizador de partículas coloidales y funciona como polímero secundario y necesita de otro producto para su buen funcionamiento. En la tabla P-9 nos podemos dar cuenta más claramente del funcionamiento si observamos la filtración, se encuentran muy por abajo de la norma de calidad establecida por el SIAPA, además logró que se reduzca la demanda de Sulfato de Aluminio y lo podemos observar mejor en las gráficas No. 17 y 18 al compararlas con cualquiera de las tablas antes expuestas con respecto a las pruebas del laboratorio.

## PRUEBAS DE JARRAS

61

No. DE MUESTRA	FECHA:				PRODUCTOS COAGULANTES EN RPM.				FLOCULACION					SEDIMENTACION			FILTRACION			TABLA P-1				
	AGUA CRUDA				ORDEN DE DOSIFICA...		MEZCLA		AGITACION					TIEMPO DE FORMACION DEL FLOCULO (SEG)	INDICE DE WILLCOB	TIEMPO DE SEDIMENTACION	PH	COLOR RESIDUA (PT - Co)	TURBIDAD RESIDUAL N.T.U.	PH	COLOR RESIDUAL (PT - Co)	TURBIDAD RESIDUAL N.T.U.	PLANTA EN ANALISIS	
	TEM.°C.				SULFATO DE ALUMINIO	POLIMERO	CAT - FLOC	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	1er. PASO		2do. PASO												
	PH	COLOR	TURBEDAD	ALCALINIDAD TOTAL EN mg/l CaCO3						PTAYO NOPAL ZARILA	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO DE FORMACION DEL FLOCULO (SEG)	INDICE DE WILLCOB	TIEMPO DE SEDIMENTACION	PH	COLOR RESIDUA (PT - Co)	TURBIDAD RESIDUAL N.T.U.	PH	COLOR RESIDUAL (PT - Co)	TURBIDAD RESIDUAL N.T.U.
1	7.8	98	17			2		1	100	2	80	7	40	55	1	10	7.0	103	16					
2	7.8	98	17			4		1	100	2	80	7	40	60	2	10	7.9	77	17					IV-V
3	7.8	98	17			6		1	100	2	80	7	40	60	1	10	7.8	101	16					IV-V
4	7.8	98	17			8		1	100	2	80	7	40	50	1	10	7.8	97	15		46			IV-V
5	7.8	98	17			10		1	100	2	80	7	40	50	1	10	7.9	95	15		63			IV-V
6	7.8	98	17			12		1	100	2	80	7	40	55	2	10	7.8	81	15		48			IV-V

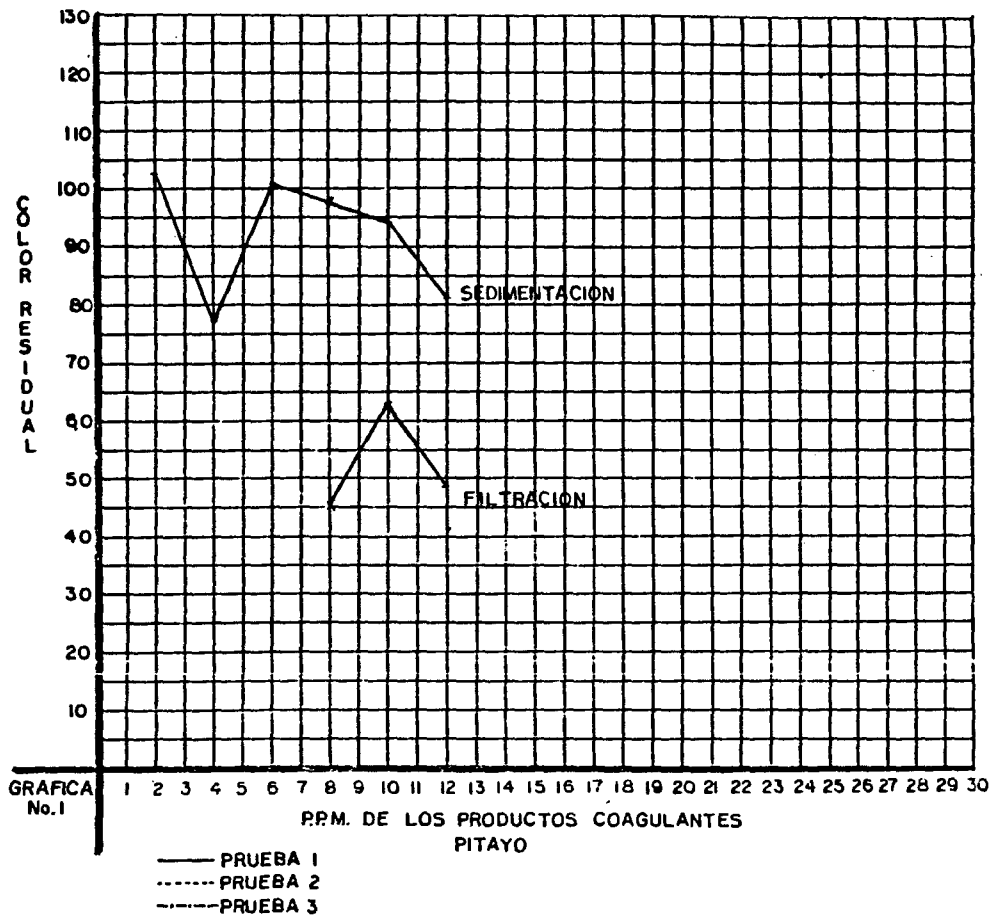
2

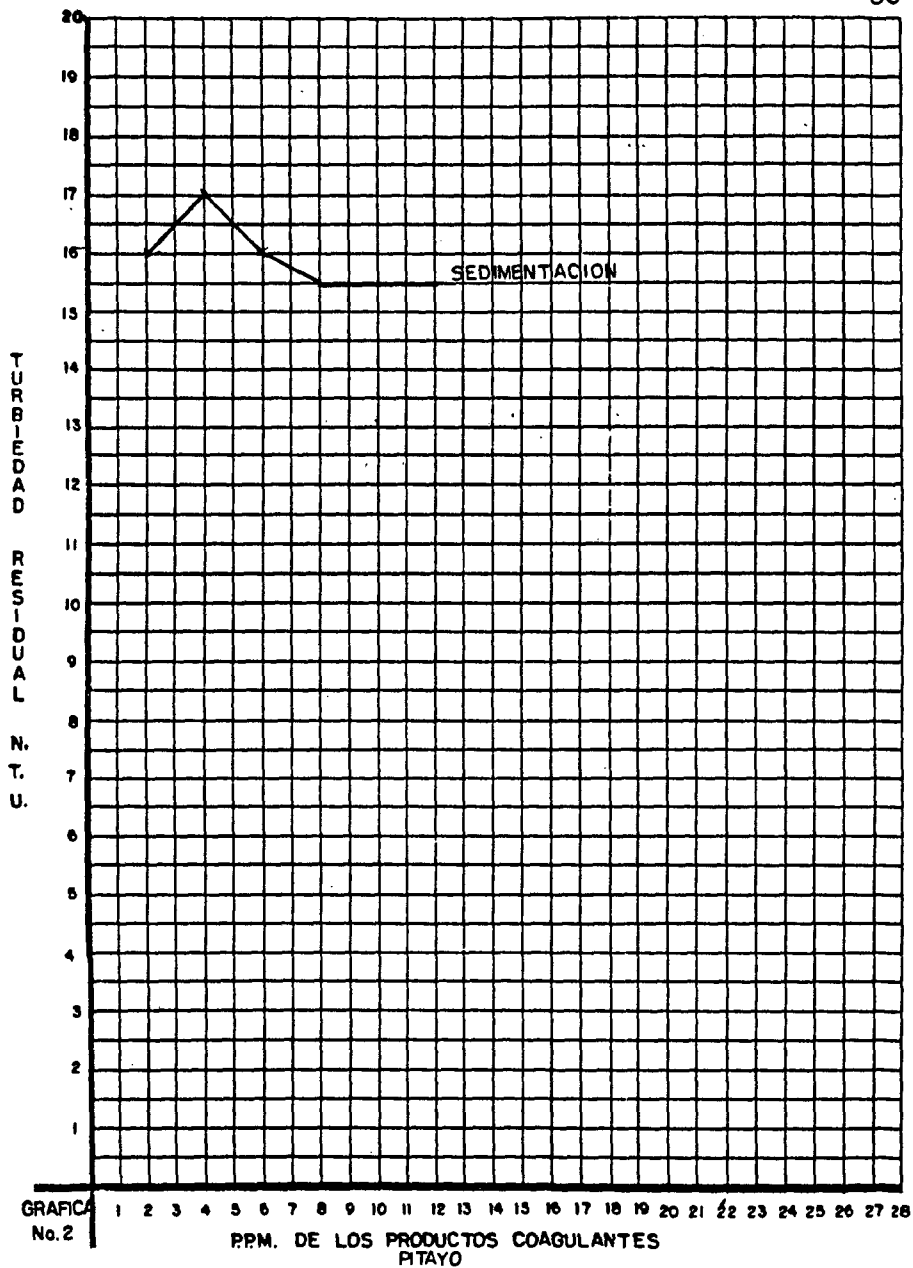
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									

3

1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									

OBSERVACIONES:





— PRUEBA 1  
 ..... PRUEBA 2  
 - - - - - PRUEBA 3

SEGUN TABLA DE RESULTADOS

**PRUEBAS DE JARRAS**

64

No. DE MUESTRA	FECHA:			PRODUCTOS COAGULANTES EN RPM.				FLOCULACION					SEDIMENTACION			FILTRACION		TABLA P-2					
	AGUA CRUDA			ORDEN DE DOSIFICA...		MEZCLA		AGITACION					TIEMPO DE SEDIMENTACION	PH	COLOR RESIDUA (PT - Co)	TURBIDEDAD RESIDUAL NTU.	PH	COLOR RESIDUAL (PT - Co)	TURBIDEDAD RESIDUAL NTU.	PLANTA EN ANALISIS			
	TEM.°C.			SULFATO DE ALUMINO	PITAYO NOPAL ZABILA	POLIMERO	CAT - FLOC	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	1er. PASO		2do. PASO									TIEMPO DE FORMACION DEL FLOCULO (SEG)	INDICE DE WILLCOMB	
	PH	COLOR	TURBEDAD							ALCALINIDAD TOTAL EN MG/L CALCOS	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.							
1	7.6	87	15		12			1	100	2	80	7	40	55	3	10	7.5	42	10		14		IV-V
2	7.6	87	15		14			1	100	2	80	7	40	55	3	10	7.5	36	6.5		11		IV-V
3	7.6	87	15		16			1	100	2	80	7	40	50	4	10	7.5	30	5.0	7.7	8.8	1.3	IV-V
4	7.6	87	15		18			1	100	2	80	7	40	45	5	10	7.5	27	4.4		8.8		IV-V
5	7.6	87	15		20			1	100	2	80	7	40	45	5	10	7.5	23	4.0		8.8		IV-V
6	7.6	87	15		20			1	100	2	80	7	40	45	5	10	7.4	22	3.5		6.2		IV-V

2

1	7.6	95	14		16	0		1	100	2	80	7	40	50	3	10	7.7	39	10		10		IV-V
2	7.6	95	14		16	4		1	100	2	80	7	40	50	3	10	7.7	46	11		11		IV-V
3	7.6	95	14		14	4		1	100	2	80	7	40	40	3	10	7.7	43	10		11		IV-V
4	7.6	95	14		12	4		1	100	2	80	7	40	40	4	10	7.7	73	13		10		IV-V
5	7.6	95	14		10	4		1	100	2	80	7	40	45	4	10	7.7	51	12	7.8	8.8	4.6	IV-V
6	7.6	95	14		8	4		1	100	2	80	7	40	45	3	10	7.8	59	13		31		IV-V

3

1	7.6	95	14		12	4		1	100	2	80	7	40	55	2	10	7.5		12	7.9	7.5	1.5	IV-V
2	7.6	95	14		12	6		1	100	2	80	7	40	55	2	10	7.5		12	8.0	8.8	1.5	IV-V
3	7.6	95	14		12	8		1	100	2	80	7	40	55	2	10	7.4		14	8.1	8.8	2.4	IV-V
4	7.6	95	14		12	10		1	100	2	80	7	40	50	2	10	7.4		14		11.4		IV-V
5	7.6	95	14		12	12		1	100	2	80	7	40	50	3	10	7.5		15	7.6	7.5	1.5	IV-V
6	7.6	95	14		12	14		1	100	2	80	7	40	40	2	10	7.6		16		19		IV-V

**OBSERVACIONES:** En la prueba dos y tres se utilizo' papel filtro con poro más amplio.

## PRUEBAS DE JARRAS

No. DE MUESTRA	FECHA:		PRODUCTOS COAGULANTES EN RPM.					FLOCULACION					SEDIMENTACION			FILTRACION			TABLA P-3			
	AGUA CRUDA		ORDEN DE DOSIFICA...		MEZCLA			AGITACION					TIEMPO DE SEDIMENTACION	PH	COLOR RESIDUA (PT - Co)	TURBIEDAD RESIDUAL N.T.U.	PH	COLOR RESIDUAL (PT - Co)	TURBIEDAD RESIDUAL N.T.U.	PLANTA EN ANALISIS		
	TEM.°C.		SULFATO DE ALUMINIO	SILICATO DE SODIO	POLIMERO	CAT - FLOC	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	1er PASO		2do PASO										TIEMPO DE FORMACION DEL FLOCULO (SEG)	INDICE DE WILLCOB
	PH	COLOR							TURBEDAD	ALCALINIDAD TOTAL EN mg/l CaCO <sub>3</sub>	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.						
1	7.6	100	17		12		1	100	7	40			55	1	10	7.5	70	13		12		I-II
2	7.6	100	17		14		1	100	7	40			55	2	10	7.5	63	11		20		I-II
3	7.6	100	17		16		1	100	7	40			50	3	10	7.5	60	10	7.8	7.5	0.9	I-II
4	7.6	100	17		18		1	100	7	40			45	4	10	7.5	47	8		4.8		I-II
5	7.6	100	17		20		1	100	7	40			45	5	10	7.5	42	7		4.8		I-II
6	7.6	100	17		22		1	100	7	40			40	6	10	7.5	35	6		3.5		I-II

1	7.8	100	17		12	4	1	100	7	40			50	1	10	7.6	76	12	8.0	6.2	0.6	I-II
2	7.8	100	17		14	4	1	100	7	40			50	2	10	7.8	63	12	8.0	3.5	0.6	I-II
3	7.8	100	17		16	4	1	100	7	40			45	3	10	7.7	52	11	8.0	2.2	0.6	I-II
4	7.8	100	17		18	4	1	100	7	40			55	4	10	7.9	35	9	8.2	2.2	0.5	I-II
5	7.8	100	17		20	4	1	100	7	40			55	5	10	7.9	33	8	8.1	0.0	0.5	I-II
6	7.8	100	17		22	4	1	100	7	40			50	6	10	7.9	29	7	8.0	0.0	0.2	I-II

1																							
2																							
3																							
4																							
5																							
6																							

OBSERVACIONES:



## PRUEBAS DE JARRAS

No. DE MUESTRA	FECHA:			PRODUCTOS COAGULANTES EN RPM.					FLOCULACION					SEDIMENTACION			FILTRACION		TABLA P-4			
	AGUA CRUDA			ORDEN DE DOSIFICA.			MEZCLA		AGITACION					TIEMPO DE SEDIMENTACION	PH	COLOR RESIDUA (PT - Co)	TURBIEDAD RESIDUAL N.T.U.	PH	COLOR RESIDUAL (PT - Co)	TURBIEDAD RESIDUAL N.T.U.	PLANTA EN ANALISIS	
	TEM.°C. 18			SULFATO DE ALUMINIO	FITATO MORAL ZABILA	POLIMERO CAT-FLOC	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	1er. PASO		2do PASO											
	PH	COLOR	TURBEDAD						ALCALINIDAD TOTAL EN mg/l CaCO3	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO DE FORMACION DEL FLOCCULO (SEG)	INDICE DE WILLCOB					
1	7.7	123	19		12		1	100	7	40			55	2	10	7.5	79	14		11		I-II
2	7.7	123	19		14		1	100	7	40			50	3	10	7.5	67	11	7.8	8.8	0.7	I-II
3	7.7	123	19		16		1	100	7	40			45	2	10	7.5	56	10		8.8		I-II
4	7.7	123	19		18		1	100	7	40			40	4	10	7.5	44	7		7.5		I-II
5	7.7	123	19		20		1	100	7	40			40	5	10	7.5	39	6		6.2		I-II
6	7.7	123	19		22		1	100	7	40			35	6	10	7.5	35	6		6.2		I-II

1	7.7	102	19		8	4	1	100	7	40			55	1	10	8.3	91	16	8.2	7.5	0.5	I-II
2	7.7	102	19		10	4	1	100	7	40			50	2	10	7.8	79	14	8.2	6.2	0.5	I-II
3	7.7	102	19		12	4	1	100	7	40			50	2	10	7.8	76	14	8.2	6.2	0.4	I-II
4	7.7	102	19		14	4	1	100	7	40			40	3	10	7.8	64	12	8.2	0.0	0.3	I-II
5	7.7	102	19		16	4	1	100	7	40			45	4	10	7.8	55	11	8.2	0.0	0.4	I-II
6	7.7	102	19		18	4	1	100	7	40			45	5	10	7.8	46	9	8.2	4.5	0.4	I-II

1	7.7	102	19		8	2	1	100	7	40			55	3	10	7.8	58	14	8.1	2.2	2.1	I-II
2	7.7	102	19		10	4	1	100	7	40			50	4	10	7.8	55	13	8.2	0.9	0.5	I-II
3	7.7	102	19		12	6	1	100	7	40			45	4	10	7.8	48	12	8.2	0.0	0.3	I-II
4	7.7	102	19		14	8	1	100	7	40			40	4	10	7.8	63	12	8.1	2.2	0.5	I-II
5	7.7	102	19		16	10	1	100	7	40			40	4	10	7.8	52	7	8.2	2.2	0.5	I-II
6	7.7	102	19		18	12	1	100	7	40			40	6	10	7.8	34	7	8.2	2.2	0.5	I-II

OBSERVACIONES:

**PRUEBAS DE JARRAS**

67

No. DE MUESTRA	FECHA:				PRODUCTOS COAGULANTES EN RPM.				FLOCULACION						SEDIMENTACION			FILTRACION			TABLA P-5		
	AGUA CRUDA				ORDEN DE DOSIFICA.		MEZCLA		AGITACION						TIEMPO DE SEDIMENTACION	PH	COLOR RESIDUA (PT - Co)	TURBIDEDAD RESIDUAL N.T.U.	PH	COLOR RESIDUAL (PT - Co)	TURBIDEDAD RESIDUAL N.T.U.	PLANTA EN ANALISIS	
	PH	COLOR	TURBEDAD	ALCALINIDAD TOTAL EN mg/l CaCO3	SULFATO DE ALUMINIO	PIRAYO NOPAL ZABILA	POLIMERO CAT-FLOC	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	1er PASO	2do PASO	TIEMPO DE FORMACION DEL FLOCULO (SEG)	INDICE DE WILLCOB										
									TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO			VELOCIDAD R.P.M.									
1	7.9	83	19		12			1	100	7	40			55	2	10	7.5	63	13	7.9	6.2	0.8	I-II
2	7.9	83	19		14			1	100	7	40			55	2	10	7.5	55	11				I-II
3	7.9	83	19		16			1	100	7	40			50	3	10	7.5	42	7.5				I-II
4	7.9	83	19		18			1	100	7	40			45	4	10	7.6	37	6.1				I-II
5	7.9	83	19		20			1	100	7	40			40	5	10	7.5	32	5.8				I-II
6	7.9	83	19		22			1	100	7	40			30	5	10	7.5	25	5.0				I-II

2

1	7.9	83	19		10	1		1	100	7	40			50	4	10	7.6	55	14	8.2	4.8	0.4	I-II
2	7.9	83	19		12	2		1	100	7	40			50	4	10	7.6	52	11	8.0	4.8	0.3	I-II
3	7.9	83	19		14	3		1	100	7	40			45	4	10	7.6	38	9	8.2	4.8	0.3	I-II
4	7.9	83	19		16	4		1	100	7	40			40	5	10	7.7	31	5.5	8.2	0.9	0.3	I-II
5	7.9	83	19		18	5		1	100	7	40			40	5	10	7.7	31	5.0	8.2	0.9	0.3	I-II
6	7.9	83	19		18	6		1	100	7	40			45	6	10	7.6	29	4.6	8.2	0.0	0.5	I-II

3

1																							
2																							
3																							
4																							
5																							
6																							

OBSERVACIONES:

## PRUEBAS DE JARRAS

68

No. DE MUESTRA	FECHA:				PRODUCTOS COAGULANTES EN RPM.				FLOCULACION					SEDIMENTACION			FILTRACION			TABLA P-6			
	AGUA CRUDA				ORDEN DE DOSIFICA...		MEZCLA		AGITACION					TIEMPO DE SEDIMENTACION	PH	COLOR RESIDUA (PT - Co)	TURBIDIDAD RESIDUAL NTU.	PH	COLOR RESIDUAL (PT - Co)	TURBIDIDAD RESIDUAL NTU.	PLANTA EN ANALISIS		
	TEM.°C.				SULFATO DE ALUMINIO	PITAYO NOPAL ZABILA	POLIMERO CAT - FLOC	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	1er PASO		2do PASO										TIEMPO DE FORMACION DEL FLOCULO (SEG)	INDICE DE WILLCOB
	PH	COLOR	TURBEDAD	ALCALINIDAD TOTAL EN MEQ CA/CO3						TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO DE FORMACION DEL FLOCULO (SEG)	INDICE DE WILLCOB						
1	7.9	105	18		6	2		1	100	7	40			50	2	10	7.7	78	17	8.1	6.6	0.6	I-II
2	7.9	105	18		8	2		1	100	7	40			50	2	10	7.7	79	16	8.1	6.6	0.5	I-II
3	7.9	105	18		10	2		1	100	7	40			40	3	10	7.7	75	14	8.2	6.6	0.4	I-II
4																							
5																							
6																							

2

1	7.9	105	18		6	4		1	100	7	40			50	2	10	7.7	89	17	8.2	6.6	0.6	I-II
2	7.9	105	18		8	4		1	100	7	40			45	2	10	7.8	95	16	8.2	4.8	0.4	I-II
3	7.9	105	18		10	4		1	100	7	40			45	3	10	7.8	68	14	8.2	4.8	0.4	I-II
4																							
5																							
6																							

3

1																							
2																							
3																							
4																							
5																							
6																							

OBSERVACIONES:

## PRUEBAS DE JARRAS

59

No. DE MUESTRA	FECHA:		PRODUCTOS COAGULANTES EN RPM.					FLOCULACION						SEDIMENTACION			FILTRACION			TABLA P-7			
	AGUA CRUDA		ORDEN DE DOSIFICA.		MEZCLA			AGITACION				TIEMPO DE FORMACION DEL FLOCULO (SEG)	INDICE DE WILLCOB	TIEMPO DE SEDIMENTACION	PH	COLOR RESIDUA (PT - Co)	TURBIDAD RESIDUAL N.T.U.	PH	COLOR RESIDUAL (PT - Co)	TURBIDAD RESIDUAL N.T.U.	PLANTA EN ANALISIS		
	TEM.°C.							1er PASO		2do PASO													
	PH	COLOR	TURBEDAD	ALCALINIDAD TOTAL EN mg/l CaCO3	SULFATO DE ALUMINIO	PITAYO NORAL ZABILA	POLIMERO	CAT-FLOC	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.									
1	7.6	119	23		10			1	100	2	80	7	40	55	2	10	7.5	56	13				
2	7.6	119	23		12			1	100	2	80	7	40	50	3	10	7.6	42	10	7.9	10	1.3	IV-V
3	7.6	119	23		14			1	100	2	80	7	40	50	4	10	7.5	35	5.7		8.8		IV-V
4	7.6	119	23		16			1	100	2	80	7	40	45	4	10	7.5	33	5.4		6.6		IV-V
5	7.6	119	23		18			1	100	2	80	7	40	40	5	10	7.5	29	4.6		3.5		IV-V
6	7.6	119	23		20			1	100	2	80	7	40	35	6	10	7.5	26	4.1		0.9		IV-V

2

1	7.9	102	25		4	4		1	100	2	80	7	40	55	1	10	7.9	125	24		8.8		IV-V
2	7.9	102	25		6	4		1	100	2	80	7	40	50	1	10	7.8	79	20		7.5		IV-V
3	7.9	102	25		8	4		1	100	2	80	7	40	50	2	10	7.8	80	15		7.5		IV-V
4	7.9	102	25		10	4		1	100	2	80	7	40	45	1	10	7.8	88	16		7.5		IV-V
5	7.9	102	25		12	4		1	100	2	80	7	40	40	4	10	7.8	33	12		6.2		IV-V
6	7.9	102	25		14	4		1	100	2	80	7	40	45	4	10	7.9	11			0.9		IV-V

3

1																							
2																							
3																							
4																							
5																							
6																							

OBSERVACIONES:

ESCUELA DE AGRICULTURA

LIBRERIA 70

### PRUEBAS DE JARRAS

No. DE MUESTRA	FECHA:				PRODUCTOS COAGULANTES EN RPM.				FLOCULACION						SEDIMENTACION			FILTRACION			TABLA P-8	
	AGUA CRUDA				ORDEN DE DOSIFICA.		MEZCLA		AGITACION				TIEMPO DE FORMACION DEL FLOCCULO (SEG)	INDICE DE WILCOB	TIEMPO DE SEDIMENTACION	PH	COLOR RESIDUA (PT - Co)	TURBIDAD RESIDUAL N.T.U.	PH	COLOR RESIDUAL (PT - Co)	TURBIDAD RESIDUAL N.T.U.	PLANTA EN ANALISIS
	TEMP. C.				SULFATO DE ALUMINIO	POLIMERO	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	1er PASO		2do PASO											
	PH	COLOR	TURBEDAD	ALCALINIDAD TOTAL EN mg/l CaCO3					PTAYO NOPAL ZABILA	CAT - FLOC	TIEMPO	VELOCIDAD	TIEMPO	VELOCIDAD	R.P.M.	TIEMPO	VELOCIDAD	R.P.M.				
1	7.5	106	21		12		1	100	2	80	7	40	55	3	10	7.5	35	11	7.9	2.2	0.6	IV-V
2	7.5	106	21		14		1	100	2	80	7	40	50	3	10	7.5	26	4.7				IV-V
3	7.5	106	21		16		1	100	2	80	7	40	50	4	10	7.5	22	4.4				IV-V
4	7.5	106	21		18		1	100	2	80	7	40	45	5	10	7.4	19	4.0				IV-V
5	7.5	106	21		20		1	100	2	80	7	40	40	5	10	7.4	18	3.7				IV-V
6	7.5	106	21		22		1	100	2	80	7	40	35	6	10	7.4	17	3.4				IV-V

2

1	7.6	103	23		4	2		1	100	2	80	7	40	55	3	10	7.8	77	17	7.2	3.5	0.5	IV-V
2	7.6	103	23		6	2		1	100	2	80	7	40	55	3	10	7.8	68	16	7.2	3.5	0.3	IV-V
3	7.6	103	23		8	2		1	100	2	80	7	40	50	4	10	7.7	51	15	7.2	3.5	0.5	IV-V
4																							
5																							
6																							

3

1	7.6	103	23		4		2	1	100	2	80	7	40	50	5	10	7.9	26	5	7.2	2.2	0.4	IV-V
2	7.6	103	23		6		2	1	100	2	80	7	40	45	6	10	7.8	22	4.5	7.2	3.5	0.3	IV-V
3	7.6	103	23		8		2	1	100	2	80	7	40	50	6	10	7.8	18	4	7.2	3.5	0.5	IV-V
4																							
5																							
6																							

**OBSERVACIONES:** Existe una diferencia en el pH de la agua cruda con respecto a la filtrada por problemas de descalibración del potenciómetro.

**PRUEBAS DE JARRAS**

71

No. DE MUESTRA	FECHA:			PRODUCTOS COAGULANTES EN RPM.					FLOCULACION					SEDIMENTACION			FILTRACION			TABLA P-9a		
	AGUA CRUDA			ORDEN DE DOSIFICA.		MEZCLA			AGITACION					TIEMPO DE SEDIMENTACION	PH	COLOR RESIDUA (PT - Co)	TURBIEDAD RESIDUAL N.T.U.	PH	COLOR RESIDUAL (PT - Co)	TURBIEDAD RESIDUAL N.T.U.	PLANTA EN ANALISIS	
	PH	COLOR	TURBEDAD	SULFATO DE ALUMINIO	FITAYO NORAL ZABILA	POLIMERO CAT-FLOC	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	1er PASO		2do PASO		TIEMPO DE FORMACION DEL FLOCULO (SEG)									INDICE DE WILLCOB
									TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.										
1	7.5	102	23	4	2		1	100	2	80	7	40	55	3	10	7.8	77	17	7.2	3.5	.5	IV-V
2	7.9	102	25	4	4		1	100	2	80	7	40	55	1	10	7.9	125	24		8.8		IV-V
3	7.6	102	23	6	2		1	100	2	80	7	40	55	3	10	7.8	68	16	7.2	3.5	.3	IV-V
4	7.9	105	18	6	2		1	100	2	80	7	40	50	2	10	7.7	79	17	8.1	6.6	.5	IV-V
5	7.9	102	25	6	4		1	100	2	80	7	40	50	1	10	7.9	78	20		7.5		IV-V
6	7.9	105	18	6	4		1	100	7	40			50	2	10	7.7	89	17	8.2	6.1	.5	IV-V

2

1	7.9	105	18	8	2		1	100	7	40			50	2	10	7.7	79	16	8.1	6.2	.5	I-II
2	7.6	102	23	8	2		1	100	2	80	7	40	50	4	10	7.7	51	15	7.2	3.5	.5	IV-V
3	7.7	102	19	8	2		1	100	7	40			55	3	10	7.8	58	14	8.1	2.2	2.1	I-II
4	7.7	102	19	8	4		1	100	7	40			55	1	10	8.3	90	16	8.1	7.4	0.5	I-II
5	7.6	102	25	8	4		1	100	2	80	7	40	50	2	10	7.8	80	15		7.4		IV-V
6	7.6	94	14	8	4		1	100	2	80	7	40	45	3	10	7.7	59	13		31		IV-V

3

1	7.9	83	19	10	1		1	100	7	40			50	4	10	7.6	55	14	8.1	4.8	0.4	I-II
2	7.9	105	18	10	2		1	100	7	40			50	2	10	7.7	75	14	8.1	6.2	0.4	I-II
3	7.9	105	18	10	4		1	100	7	40			45	3	10	7.8	68	14	8.2	4.8	0.4	I-II
4	7.6	95	14	10	4		1	100	2	80	7	40	45	4	10	7.7	51	12	7.8	8.8	0.4	IV-V
5	7.7	102	19	10	4		1	100	7	40			50	2	10	7.8	79	14	8.2	6.2	0.5	I-II
6	7.7	102	19	10	4		1	100	7	40			50	4	10	7.8	55	13	8.2	0.9	0.5	I-II

OBSERVACIONES:

**PRUEBAS DE JARRAS**

72

N <sup>o</sup> DE MUESTRA	FECHA:			PRODUCTOS COAGULANTES EN RPM.					FLOCULACION					SEDIMENTACION			FILTRACION			TABLA P-9b			
	AGUA CRUDA			ORDEN DE DOSIFICA...			MEZCLA		AGITACION				TIEMPO DE FORMACION DEL FLOCULO (SEG)	INDICE DE WILCOB	TIEMPO DE SEDIMENTACION	PH	COLOR RESIDUA (PT - Co)	TURBIEDAD RESIDUAL N.T.U.	PH	COLOR RESIDUAL (PT - Co)	TURBIEDAD RESIDUAL N.T.U.	PLANTA EN ANALISIS	
	PH	COLOR	TURBEDAD	SULFATO DE ALUMINIO	PITAYO NOPAL ZABILA	POLIMERO CAT - FLOC	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	1 <sup>er</sup> PASO		2 <sup>do</sup> PASO												
									TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.											
1	7.6	102	25	10	4		1	100	2	80	7	40	45	1	10	7.8	88	16		7.8			IV-V
2	7.9	83	19	12	2		1	100	7	40			50	4	10	7.6	52	11	8.2	4.8	0.3		I-II
3	7.9	102	25	12	4		1	100	2	80	7	40	40	4	10	7.2	32	12	6.2				IV-V
4	7.8	99	17	12	4		1	100	7	40			50	1	10	7.6	76	12	8.0	6.2	0.6		I-II
5	7.7	102	19	12	4		1	100	7	40			50	2	10	7.8	76	14	8.2	6.2	0.4		I-II
6	7.6	95	14	12	4		1	100	2	80	7	40	55	2	10	7.5		12	7.9	7.5	1.5		IV-V

2

1	7.6	95	14	12	4		1	100	2	80	7	40	40	4	10	7.7	73	12		10			IV-V
2	7.6	95	14	12	6		1	100	2	80	7	40	55	2	10	7.4		12	8.4	8.8	1.5		IV-V
3	7.7	102	19	12	6		1	100	7	40			50	2	10	7.8	76	14	8.2	6.2	0.4		I-II
4	7.6	95	14	12	8		1	100	2	80	7	40	55	2	10	7.4		14	8.0	8.8	2.4		IV-V
5	7.6	95	14	12	10		1	100	2	80	7	40	50	2	10	7.4		14		11.4			IV-V
6	7.6	95	14	12	12		1	100	2	80	7	40	50	3	10	7.5		15	7.6	7.5	1.5		IV-V

3

1	7.6	95	14	12	14		1	100	2	80	7	40	40	2	10	7.6		16		15.4			IV-V
2	7.9	83	19	14	3		1	100	7	40			45	4	10	7.6	38	9	8.1	4.8	0.3		I-II
3	7.9	102	25	14	4		1	100	2	80	7	40	45	4	10	7.7		11		0.9			IV-V
4	7.8	100	17	14	4		1	100	7	40			50	2	10	7.7	63	12	8.0	2.2	0.6		I-II
5	7.7	102	19	14	4		1	100	7	40			40	3	10	7.8	64	12	8.2	0.0	0.3		I-II
6	7.6	95	14	14	4		1	100	2	80	7	40	40	3	10	7.7	43	10		11.4			IV-V

OBSERVACIONES:

## PRUEBAS DE JARRAS

73

No. DE MUESTRA	FECHA:			PRODUCTOS COAGULANTES EN RPM.					FLOCULACION					SEDIMENTACION			FILTRACION			TABLA P-9c			
	AGUA CRUDA			ORDEN DE DOSIFICA.		MEZCLA			AGITACION					TIEMPO DE SEDIMENTACION	PH	COLOR RESIDUA (PT - Co)	TURBIEDAD RESIDUAL NTU.	PH	COLOR RESIDUAL (PT - Co)		TURBIEDAD RESIDUAL NTU.	PLANTA EN ANALISIS	
	TEM. C.			SULFATO DE ALUMINIO	PITAYO NOPAL ZABILA	POLIMERO CAT - FLOC.	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	1er. PASO		2do. PASO		TIEMPO DE FORMACION DEL FLOCOLO (SEG)										INDICE DE WILLCOB
	PH	COLOR	TURBIEDAD						TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.											
1	7.7	102	19	14	8		1	100	7	40			40	4	10	7.8	63	12	8.1	2.2	0.5		I-II
2	7.7	102	19	16	4		1	100	7	40			45	4	10	7.8	55	11	8.2	0.0	0.4	I-II	
3	7.6	100	17	16	4		1	100	7	40			45	3	10	7.7	52	11	8.0	2.2	0.6	I-II	
4	7.9	83	19	16	4		1	100	7	40			40	5	10	7.6	31	5.5	8.1	0.9	0.3	I-II	
5	7.7	102	19	16	10		1	100	7	40			40	4	10	7.8	52	7	8.1	2.2	0.5	I-II	
6	7.7	100	17	18	4		1	100	7	40			55	4	10	7.8	35	9	8.1	2.2	0.5	I-II	

2

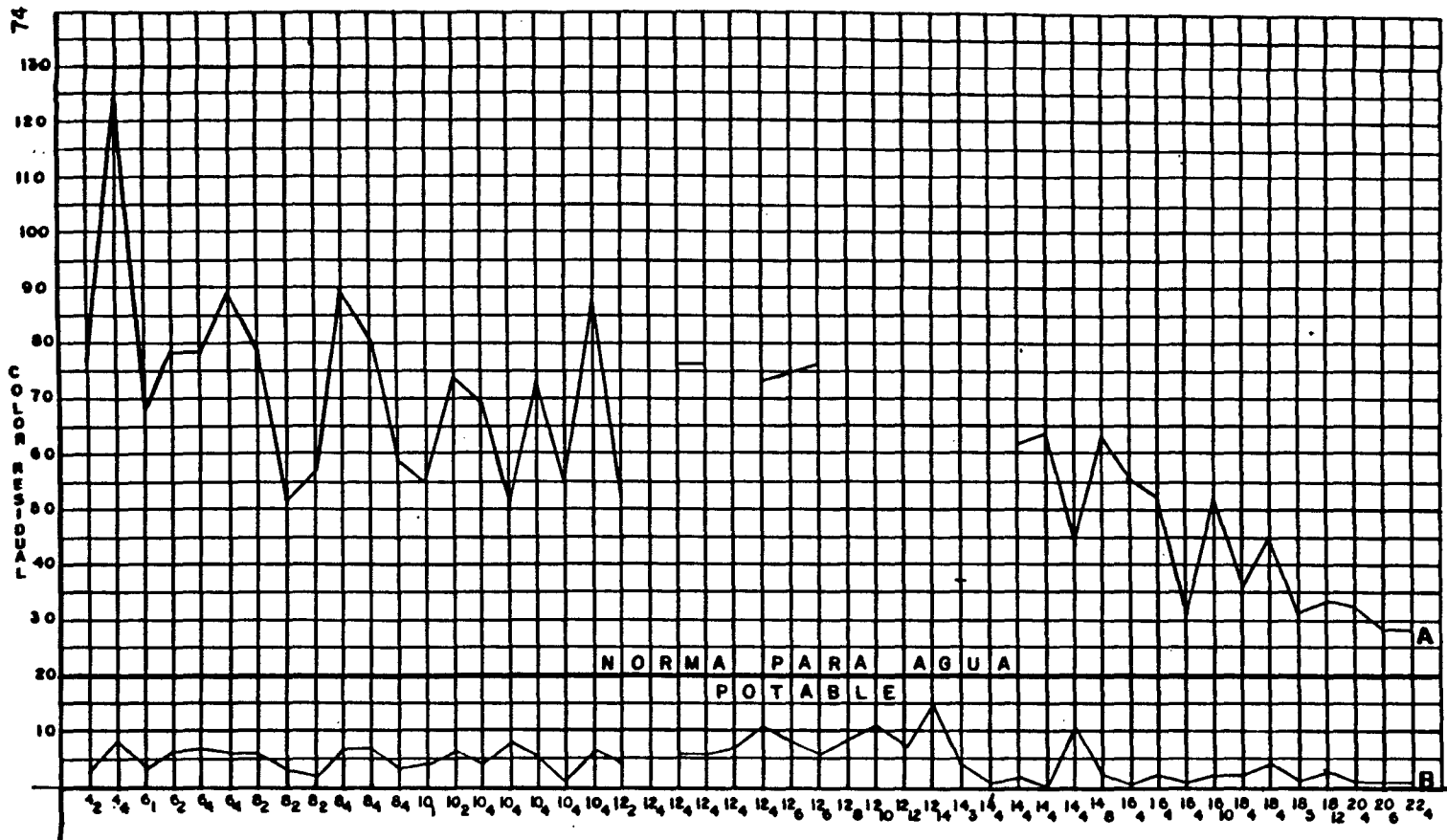
1	7.7	102	19	18	4		1	100	7	40			45	5	10	7.8	46	9	8.1	4.5	0.4	I-II
2	7.9	83	19	18	5		1	100	7	40			40	5	10	7.6	31	5	8.3	0.9	0.3	I-II
3	7.9	83	19	18	12		1	100	7	40			40	6	10	7.7	34	6.7	8.1	2.2	0.5	I-II
4	7.6	100	17	20	4		1	100	7	40			55	5	10	7.9	32	8.0	8.1	0.0	0.5	I-II
5	7.9	83	19	20	6		1	100	7	40			45	6	10	7.6	29	4.6	8.2	0.0	0.5	I-II
6	7.8	100	17	22	4		1	100	7	40			50	6	10	7.8	29	7.0	8.0	0.0	1.2	I-II

3

1																							
2																							
3																							
4																							
5																							
6																							

OBSERVACIONES:



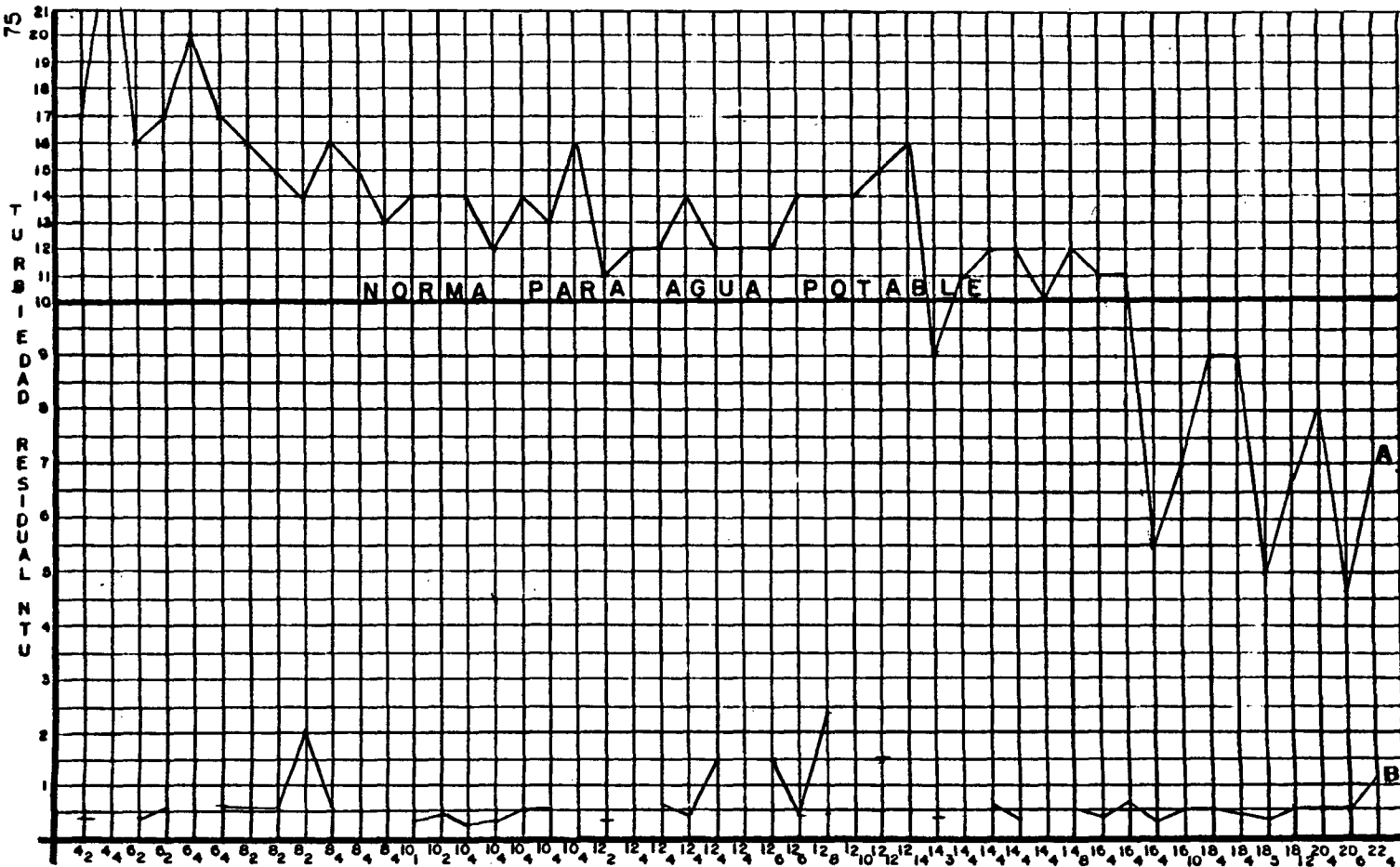


[ 4. El índice representa las partes por millón de sulfato de aluminio utilizadas en cada muestra.  
 2 El sub-índice representa los ppm de polímero de pitayo.

A Etapa de Clarificación.

B Etapa de Filtrado.

GRAFICA No. 17



O<sub>2</sub> PPM de sulfato de aluminio  
PPM de polimero de pitoyo

A Etapa de Clarificación.

B Etapa de Filtrado

GRAFICA No.18

6.3.- Polímero de Nopal (*Opuntia ficus-indica*), este producto al igual que el pitayo tienen las mismas características, únicamente que el nopal en relación al anterior baja más las unidades de color y turbiedad en la etapa de filtración, quedando la mayoría dentro de normas en color, mientras que en turbiedad todos los valores se encuentran dentro de la norma, siendo ésta de 20 unidades en el caso del color residual y de 10 para turbiedad residual. En la tabla No. 1 y en las gráficas A y B se puede apreciar mejor.

El polímero de Nopal al ser dosificado con Sulfato de Aluminio se logra reducir la demanda de este último hasta en un 77.7% aún cuando las unidades de turbiedad y color son elevadas en la etapa de sedimentación a bajas concentraciones de Sulfato de Aluminio, en la filtrada quedan las partículas que proporcionan color y turbiedad al agua, en las tablas N-2, N-3 se reflejan con mayor claridad. Según los resultados aportados en la tabla N-4 en relación con los de la tabla N-3 el Sulfato de Aluminio es el mismo pero invertidas las dosificaciones de Polímero de Nopal donde se presenta una ligera variación debido a que son aguas con distintas condiciones. Además, se efectuaron pruebas comparativas de cat-floc con Polímero de Nopal, agregando también Sulfato de Aluminio en cantidades iguales para uno y otro polímero y los resultados nos dicen que existe variación únicamente en la etapa de sedimentación, pero no así en la filtración, obsérvese se tabla N-5.

La norma en el caso del PH es de 8, pero en nuestro caso se presentan aguas filtradas arriba de la norma, esto se debe a que el agua cruda viene alcalina, es por esto que no es problema del polímero del Nopal dado que lo mismo sucede con el Cat-Floc.

Para concluir con el Polímero del Nopal se ordenaron cada una de las pruebas de jarras conforme a la cantidad dosificada de Sulfato de Aluminio y polímero de Nopal como se aprecia en la tabla N-6 y para dar una mejor visión se graficaron los datos de color y turbiedad, esto lo podemos obser

ar en las gráficas K y L, el color residual para el agua potable es aceptable en un 66.6% cuando se dosifica sólo; por lo que es factible de utilizarlo sin ayuda de un coagulante primario, dado que para turbiedad entró el 100% dentro de norma aún cuando tanto el color como la turbiedad son elevados en la etapa de sedimentación. Con la ayuda del coagulante primario mejoran las condiciones todavía más en caso de utilizar los dos productos reduce en grandes proporciones la demanda de Sulfato de Aluminio.

## PRUEBAS DE JARRAS

78

No. DE MUESTRA	FECHA:			PRODUCTOS COAGULANTES EN R.P.M.				FLOCULACION					SEDIMENTACION			FILTRACION			TABLA N-1				
	AGUA CRUDA			ORDEN DE DOSIFICA...		MEZCLA		AGITACION					TIEMPO DE FORMACION DEL FLOCCULO (SEG)	INDICE DE WILCOXB	TIEMPO DE SEDIMENTACION	PH	COLOR RESIDUA (PT - Co)	TURBIDEDAD RESIDUAL N.T.U.	PH	COLOR RESIDUAL (PT - Co)	TURBIDEDAD RESIDUAL N.T.U.	PLANTA EN ANALISIS	
	TEM.°C.			SULFATO DE ALUMINIO	PITAYO ROYAL ZABILA	POLIMERO	CAT - FLOC	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	1er. PASO		2do PASO											
	PH	COLOR	TURBEDAD							ALCALINIDAD TOTAL EN mg/l CaCO3	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.											TIEMPO
1	8.1	126	26		2		1	100	2	80	7	40	60	1	10	7.9	110	24	8.1	18	3.0	TV-V	
2	8.1	126	26		4		1	100	2	80	7	40	60	1	10	7.9	118	24	8.2	19	2.3	TV-V	
3	8.1	126	26		6		1	100	2	80	7	40	55	1	10	8.0	108	23	8.2	15	3.0	TV-V	
4	8.1	126	26		8		1	100	2	80	7	40	55	1	10	8.0	126	23	8.2	10	1.3	TV-V	
5	8.1	126	26		10		1	100	2	80	7	40	50	1	10	8.0	118	23	8.2	22	4.0	TV-V	
6	8.1	126	26		12		1	100	2	80	7	40	50	1	10	8.0	121	23	8.1	44	7.4	TV-V	

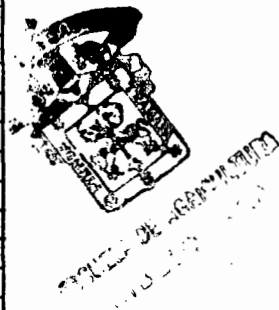
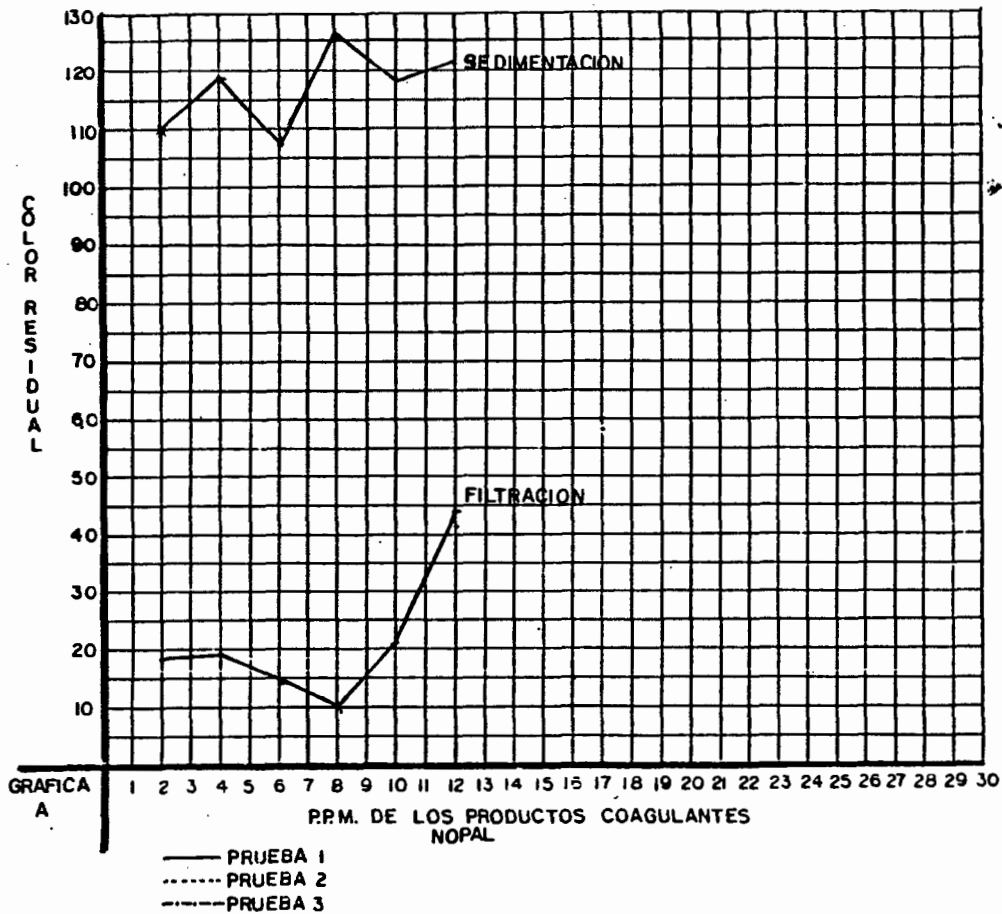
2

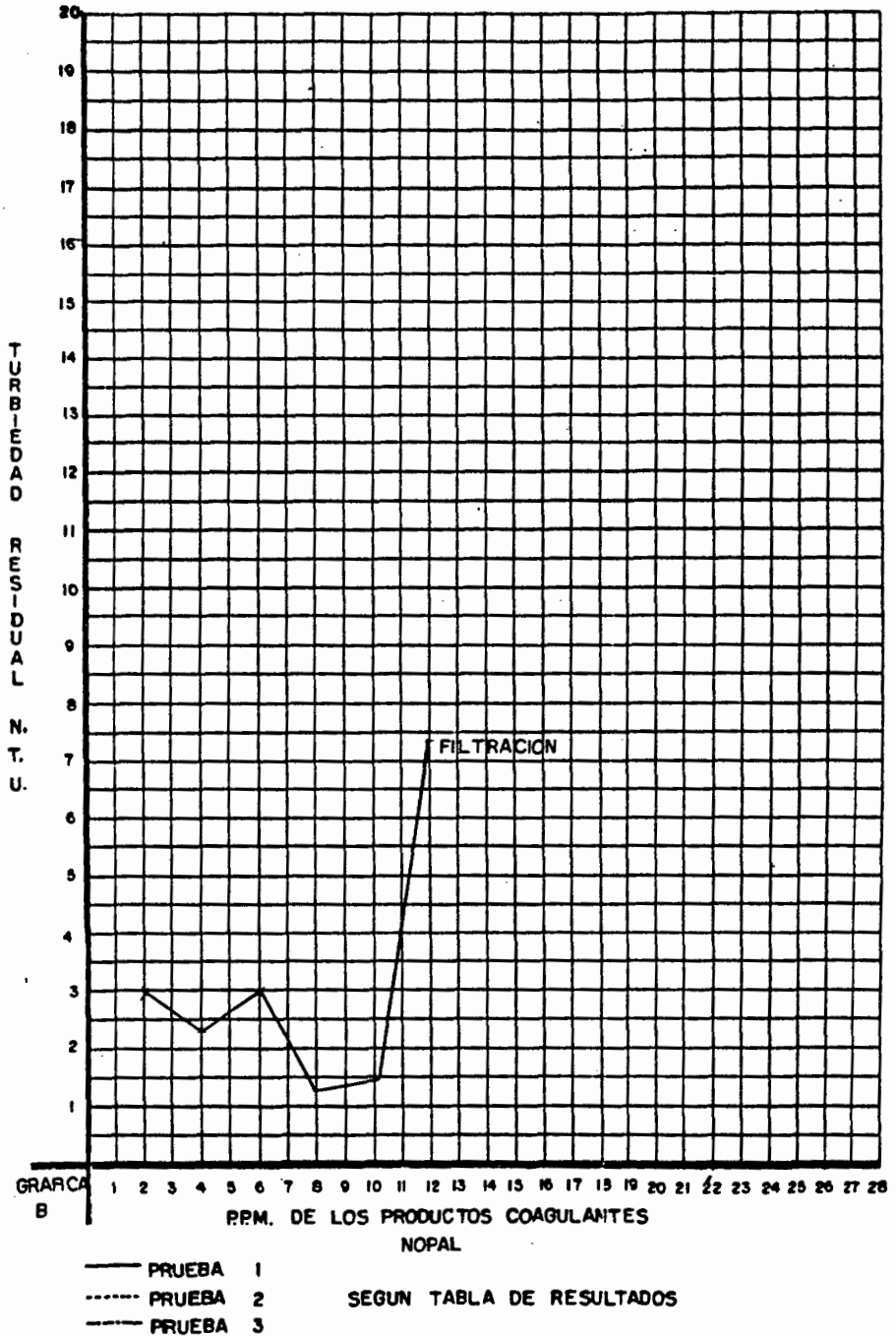
1																							
2																							
3																							
4																							
5																							
6																							

3

1																							
2																							
3																							
4																							
5																							
6																							

OBSERVACIONES:





## PRUEBAS DE JARRAS

81

No. DE MUESTRA	FECHA:			PRODUCTOS COAGULANTES EN R.P.M.					FLOCULACION					SEDIMENTACION			FILTRACION		TABLA N-2				
	AGUA CRUDA			ORDEN DE DOSIFICA.		MEZCLA			AGITACION					TIEMPO DE SEDIMENTACION	PH	COLOR RESIDUA (PT - Ce)	TURBIDAD RESIDUAL NT.U.	PH	COLOR RESIDUAL (PT - Ce)	TURBIDAD RESIDUAL NT.U.	PLANTA EN ANALISIS		
	TEM.°C.			SULFATO DE ALUMINIO	PTAYO NOPAL ZABILA	POLIMERO	CAT - FLOC	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	1er. PASO		2do. PASO										TIEMPO DE FORMACION DEL FLOCULO (SEG)	INDICE DE WILLCOB
	PH	COLOR	TURBEDAD							TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO DE FORMACION DEL FLOCULO (SEG)	INDICE DE WILLCOB						
1	7.6	121	24		10			1	100	7	40			60	1	10	7.6	107	20		14		I-II
2	7.6	121	24		12			1	100	7	40			55	2	10	7.6	101	19		13		I-II
3	7.6	121	24		14			1	100	7	40			50	3	10	7.5	90	17		11		I-II
4	7.6	121	24		16			1	100	7	40			45	3	10	7.5	78	15		11		I-II
5	7.6	121	24		18			1	100	7	40			40	4	10	7.5	68	13	8.1	8.8	0.8	I-II
6	7.6	121	24		20			1	100	7	40			40	5	10	7.5	41	7.6		3.5		I-II

2

1	7.6	121	21		8	1000		1	100	7	40			60	1	10	7.8	97	16	8.2	7.5	1.1	I-II
2	7.6	121	21		6	4		1	100	7	40			55	1	10	7.9	80	17	8.2	6.2	0.3	I-II
3	7.6	121	21		8	4		1	100	7	40			50	3	10	7.9	73	14	8.2	7.5	0.9	I-II
4	7.6	121	21		10	4		1	100	7	40			45	4	10	7.9	55	11	8.1	6.2	0.6	I-II
5	7.6	121	21		12	4		1	100	7	40			45	4	10	7.8	51	11	8.2	4.5	0.6	I-II
6	7.6	121	21		14	4		1	100	7	40			40	5	10	7.8	43	9	8.2	4.4	0.6	I-II

3

1	7.6	121	21		4	2		1	100	7	40			50	2	10	7.6	105	18	8.2	0.0	0.4	I-II
2	7.6	121	21		6	2		1	100	7	40			45	3	10	7.6	80	15	8.2	0.9	0.4	I-II
3	7.6	121	21		8	2		1	100	7	40			45	3	10	7.6	51	13	8.3	2.2	0.5	I-II
4	7.6	121	21		10	2		1	100	7	40			40	4	10	7.6	48	11	8.3	0.0	0.4	I-II
5	7.6	121	21		12	2		1	100	7	40			40	4	10	7.6	39	9	8.2	0.0	0.3	I-II
6	7.6	121	21		14	2		1	100	7	40			40	5	10	7.5	32	8	8.2	2.2	0.4	I-II

OBSERVACIONES:



### PRUEBAS DE JARRAS

No. DE MUESTRA	FECHA:				PRODUCTOS COAGULANTES EN R.P.M.				FLOCULACION					SEDIMENTACION				FILTRACION			TABLA N-3		
	AGUA CRUDA				ORDEN DE DOSIFICA.		MEZCLA		AGITACION					TIEMPO DE FORMACION DEL FLOCCULO (SEG)	INDICE DE WILLCOB	TIEMPO DE SEDIMENTACION	PH	COLOR RESIDUA (PT - Co)	TURBIDIDAD RESIDUAL N.T.U.	PH	COLOR RESIDUAL (PT - Co)	TURBIDIDAD RESIDUAL N.T.U.	PLANTA EN ANALISIS
	TEM.°C.				SULFATO DE ALUMINIO	POLIMERO	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	1er. PASO		2do. PASO												
	PH	COLOR	TURBEDAD	ALCALINIDAD TOTAL EN MG/L CaCO3					PIRATO NORAL ZABILA	CAT - FLOC	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.							
1	7.7	118	23		10		1	100	2	80	7	40	55	3	10	7.7	59	13		10		IV-V	
2	7.7	118	23		12		2	100	2	80	7	40	50	3	10	7.7	44	10	8.0	8.8		IV-V	
3	7.7	118	23		14		1	100	2	80	7	40	50	4	10	7.7	38	8.1				IV-V	
4	7.7	118	23		16		1	100	2	80	7	40	45	4	10	7.7	28	6.5				IV-V	
5	7.7	118	23		18		1	100	2	80	7	40	40	5	10	7.7	32	7.5				IV-V	
6	7.7	118	23		20		1	100	2	80	7	40	35	6	10	7.7	25	5.5				IV-V	

2

1	7.7	118	23		4	1	1	100	2	80	7	40	55	2	10	7.6	98	19	8.3	6.2	0.6	IV-V
2	7.7	118	23		6	2	1	100	2	80	7	40	50	3	10	7.6	88	18	8.3	0.9	0.9	IV-V
3	7.7	118	23		8	3	1	100	2	80	7	40	45	4	10	7.6	46	11	8.3	6.1	0.5	IV-V
4	7.7	118	23		10	4	1	100	2	80	7	40	45	4	10	7.6	39	10	8.3	6.1	0.8	IV-V
5	7.7	118	23		12	5	1	100	2	80	7	40	50	4	10	7.6	36	9	8.4	4.8	0.5	IV-V
6	7.7	118	23		14	6	1	100	2	80	7	40	45	6	10	7.6	31	8	8.2	4.8	0.7	IV-V

3

1																							
2																							
3																							
4																							
5																							
6																							

OBSERVACIONES:

## PRUEBAS DE JARRAS

No. DE MUESTRA	FECHA:				PRODUCTOS COAGULANTES EN PPM.				FLOCULACION					SEDIMENTACION			FILTRACION			TABLA N-4			
	AGUA CRUDA				ORDEN DE DOSIFICA.		MEZCLA		AGITACION					TIEMPO DE SEDIMENTACION	PH	COLOR RESIDUA (PT - Co)	TURBIEDAD RESIDUAL N.T.U.	PH	COLOR RESIDUAL (PT - Co)	TURBIEDAD RESIDUAL N.T.U.	PLANTA EN ANALISIS		
	TEM.°C.				SULFATO DE ALUMINIO	PITAYO NORAL ZABILA	POLIMERO	CAT - FLOC	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	1er. PASO		2do. PASO									TIEMPO DE FORMACION DEL FLOCULO (SEG)	INDICE DE WILLCOB
	PH	COLOR	TURBEDAD	ALCALINIDAD TOTAL EN mg/l CaCO3							TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO DE FORMACION DEL FLOCULO (SEG)	INDICE DE WILLCOB					
1	7.8	123	20		10			1	100	7	40			60	2	10	7.6	100	18		18		I..II
2	7.8	123	20		12			1	100	7	40			55	2	10	7.6	94	16		14		I-III
3	7.8	123	20		14			1	100	7	40			50	3	10	7.6	72	14		10		I-III
4	7.8	123	20		16			1	100	7	40			45	4	10	7.6	63	13	8.0	7.5	0.5	I-III
5	7.8	123	20		18			1	100	7	40			40	4	10	7.6	60	11		4.8		I-III
6	7.8	123	20		20			1	100	7	40			40	5	10	7.6	47	8		0.9		I-III

1	8.1	127	20		4	6		1	100	7	40			60	2	10	7.9	93	21	8.4	17	3.5		I-III
2	8.1	127	20		6	5		1	100	7	40			55	2	10	7.9	82	19	8.3	7.5	1.5		I-III
3	8.1	127	20		8	4		1	100	7	40			55	3	10	7.9	102	18	8.4	7.5	1.5		I-III
4	8.1	127	20		10	3		1	100	7	40			40	4	10	7.9	62	14	8.4	4.8	1.1		I-III
5	8.1	127	20		12	2		1	100	7	40			45	4	10	7.8	42	12	8.3	7.5	1.1		I-III
6	8.1	127	20		14	1		1	100	7	40			45	5	10	7.9	29	10	8.3	4.8	0.9		I-III

1																								
2																								
3																								
4																								
5																								
6																								

OBSERVACIONES:

**PRUEBAS DE JARRAS**

84

No. DE MUESTRA	FECHA:			PRODUCTOS COAGULANTES EN PPM.				FLOCULACION					SEDIMENTACION			FILTRACION			TABLA N-5				
	AGUA CRUDA			ORDEN DE DOSIFICA.		MEZCLA		AGITACION					TIEMPO DE SEDIMENTACION	PH	COLOR RESIDUA (PT - Co)	TURBIDIDAD RESIDUAL N.T.U.	PH	COLOR RESIDUAL (PT - Co)		TURBIDIDAD RESIDUAL N.T.U.	PLANTA EN ANALISIS		
	TEM.°C.			SULFATO DE ALUMINIO	POLYALUMINATO DE ALUMINIO	POLIMERO CAT-FLOC	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	1er. PASO		2do. PASO											TIEMPO DE FORMACION DEL FLOCCULO (SEG)	INDICE DE WILCOXB
	PH	COLOR	TURBEDAD						ALCALINIDAD TOTAL EN MVL CAOS.	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO											
1	7.8	147	24		8		1	100	2	80	7	40	55	1	10	7.5	55	10	8.2	2.2	0.6	IV-V	
2	7.8	147	24		8		2	100	2	80	7	40	55	3	10	7.6	51	10	8.2	3.5	0.4	IV-V	
3	7.8	147	24		8		3	100	2	80	7	40	45	3	10	7.6	63	15	8.2	4.8	0.6	IV-V	
4																							
5																							
6																							

2

1	7.8	147	24		8		1	100	2	80	7	40	45	4	10	7.7	51	0.9	8.2	3.5	0.4	IV-V
2	7.8	147	24		8		2	100	2	80	7	40	45	6	10	7.7	27	0.5	8.2	3.5	0.8	IV-V
3	7.8	147	24		8		3	100	2	80	7	40	40	6	10	7.8	25	0.4	8.0	3.5	0.7	IV-V
4																						
5																						
6																						

3

1																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						

OBSERVACIONES:

**PRUEBAS DE JARRAS**

85

No. DE MUESTRA	FECHA:			PRODUCTOS COAGULANTES EN RPM.				FLOCULACION					SEDIMENTACION			FILTRACION			TABLA N-6a				
	AGUA CRUDA			ORDEN DE DOSIFICA...		MEZCLA		AGITACION					TIEMPO DE SEDIMENTACION	PH	COLOR RESIDUA (PT - Co)	TURBIDAD RESI-DUAL N.T.U.	PH	COLOR RESIDUAL (PT - Co)		TURBIDAD RESI-DUAL N.T.U.	PLANTA EN ANALISIS		
	TEM.°C.			SULFATO DE ALUMINO	PITAYO NICOLAZUBILA	POLIMERO CAT - FLOC	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	1er. PASO		2do. PASO											TIEMPO DE FORMACION DEL FLOCULO (SEG)	INDICE DE WILLCOB
	PH	COLOR	TURBEDAD						TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.											
1	8.1	126	26	0	2		1	100	2	80	7	40	60	1	10	8.0	110	24	8.0	18	3.0	IV-V	
2	8.1	126	26		4		1	100	2	80	7	40	60	1	10	8.0	118	24	8.1	19	2.3	IV-V	
3	8.1	126	26		6		1	100	2	80	7	40	55	1	10	8.0	108	23	8.2	15	3.0	IV-V	
4	8.1	126	26		8		1	100	2	80	7	40	55	1	10	8.0	126	23	8.2	10	1.3	IV-V	
5	8.1	126	26		10		1	100	2	80	7	40	50	1	10	8.0	118	23	8.2	22	1.4	IV-V	
6	8.1	126	26		12		1	100	2	80	7	40	50	1	10	8.0	121	23	8.1	44	7.4	IV-V	

2

1	7.6	118	23	4	1		1	100	2	80	7	40	55	2	10	7.6	98	19	8.3	6.2	0.6	IV-V
2	7.6	105	21	4	2		1	100	7	40			50	2	10	7.8	105	18	8.2	0.0	0.3	IV-V
3	8.1	127	20	4	6		1	100	7	40			60	2	10	8.0	93	21	8.4	16.7	3.5	IV-V
4	7.6	121	21	6	2		1	100	7	40			45	3	10	7.6	80	15	8.2	0.9	0.4	IV-V
5	7.6	118	23	6	2		1	100	2	80	7	40	50	3	10	7.6	88	18	8.5	0.9	0.9	IV-V
6	7.6	121	21	6	4		1	100	7	40			55	1	10	7.9	80	17	8.3	6.2	0.3	IV-V

3

1	8.1	127	20	6	5		1	100	7	40			55	2	10	7.9	83	19	8.3	7.5	1.5	I-II
2	7.8	147	24	8	1		1	100	2	80	7	40	55	1	10	7.6	55	10	8.2	2.2	0.6	IV-V
3	7.8	147	24	8	2		1	100	2	80	7	40	55	3	10	7.6	51	10	8.2	3.5	0.4	IV-V
4	7.6	121	21	8	2		1	100	7	40			45	3	10	7.6	51	13	8.3	2.2	0.5	I-IV
5	7.8	147	24	8	3		1	100	2	80	7	40	45	3	10	7.6	63	15	8.2	4.8	0.6	IV-V
6	7.6	118	23	8	3		1	100	2	80	7	40	45	4	10	7.6	46	11	8.3	6.2	0.5	IV-V

OBSERVACIONES:

**PRUEBAS DE JARRAS**

86

No. DE MUESTRA	FECHA:			PRODUCTOS COAGULANTES EN RPM.				FLOCULACION				SEDIMENTACION			FILTRACION			TABLA N-6b					
	AGUA CRUDA			ORDEN DE DOSIFICA...		MEZCLA		AGITACION				TIEMPO DE SEDIMENTACION	PH	COLOR RESIDUA (PT - Co)	TURBIEDAD RESIDUAL N.T.U.	PH	COLOR RESIDUAL (PT - Co)	TURBIEDAD RESIDUAL N.T.U.	PLANTA EN ANALISIS				
	TEM.°C.	PH	COLOR	TURBIEDAD	SULFATO DE ALUMINIO	FITAYO NOPAL ZABILA	POLIMERO CAT - FLOC	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	1er. PASO										2do. PASO			
										TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO DE FORMACION DEL FLOCCO (SEG)	INDICE DE WILLCOB								
1	7.6	121	21		8	4		1	100	7	40			50	3	10	7.9	73	14	8.2	7.5	0.9	I-II
2	8.1	127	20		8	4		1	100	7	40			55	3	10	7.9	102	18	8.4	7.4	1.5	I-II
3	7.6	121	21		10	2		1	100	7	40			40	4	10	7.6	48	11	8.3	0.0	0.4	I-II
4	8.1	127	20		10	3		1	100	7	40			40	4	10	7.9	62	14	8.4	4.8	1.1	I-II
5	7.6	121	21		10	4		1	100	7	40			45	4	10	7.9	55	11	8.1	6.2	0.6	I-II
6	7.6	118	23		10	4		1	100	2	80	7	40	45	4	10	7.6	39	10	8.2	6.2	0.8	IV-V

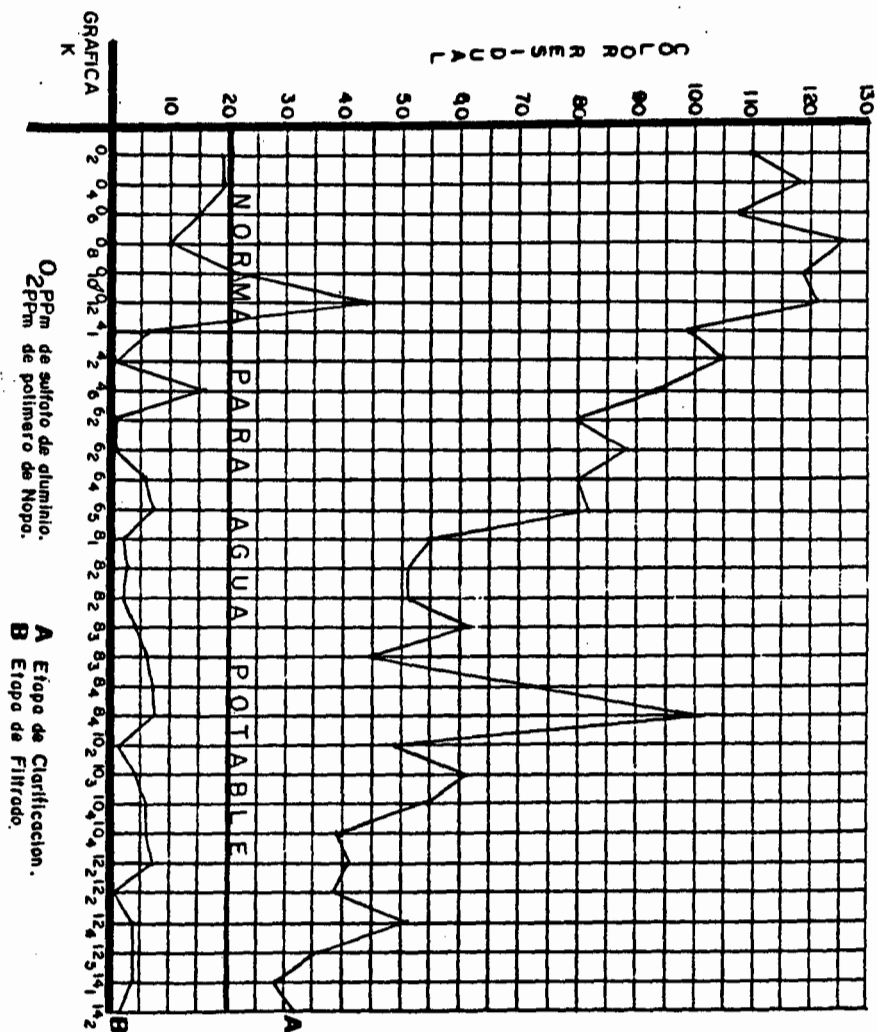
2

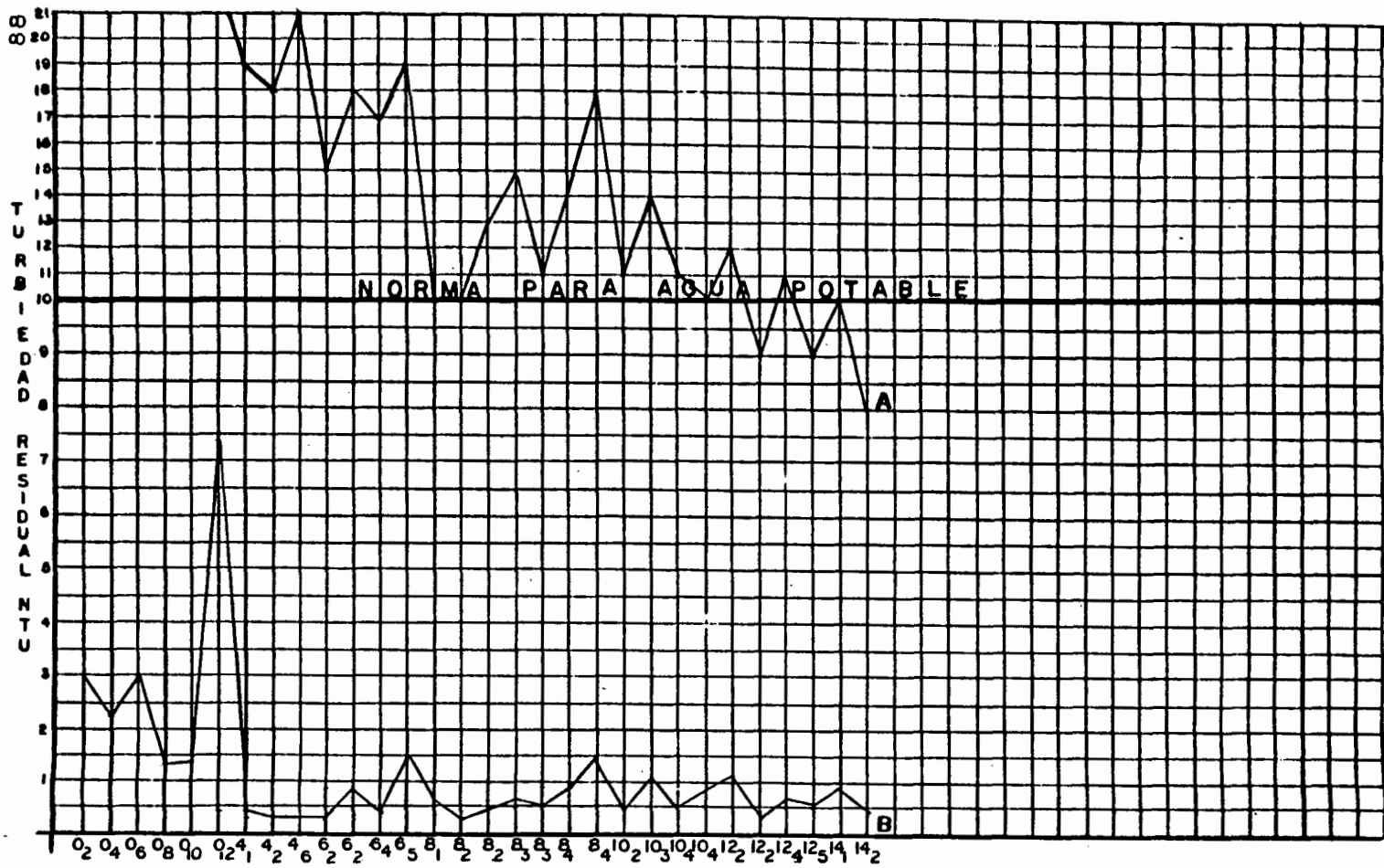
1	8.1	127	20		12	2		1	100	7	40			45	4	10	7.8	42	12	8.3	7.4	1.1	I-II
2	7.5	121	21		12	2		1	100	7	40			40	4	10	7.5	39	9	8.2	0.0	0.3	I-II
3	7.5	121	21		12	4		1	100	7	40			45	4	10	7.8	51	11	8.1	4.4	0.6	I-II
4	7.6	118	23		12	5		1	100	2	80	7	40	50	4	10	7.6	37	9	8.3	4.8	0.5	IV-V
5	8.1	127	20		14	1		1	100	7	40			45	5	10	7.8	29	10	8.2	4.8	0.9	I-II
6	7.6	121	21		14	2		1	100	7	40			40	5	10	7.5	32	8	8.2	2.2	0.4	I-II

3

1																							
2																							
3																							
4																							
5																							
6																							

OBSERVACIONES:





O<sub>2</sub> PPM de sulfato de aluminio.  
 PPM de polimero de nopal.

A Etapa de Clarificacion.  
 B Etapa de Filtrado.

GRAFICA L

6.4- Resultados obtenidos del polímero de la zábila (Aloe melanacantha). Al realizar las primeras pruebas con polímero de zábila sin acompañarlo con ningún otro, en la dosificación se pudo observar que dicho producto no baja las unidades de color lo suficiente para que quede el agua dentro de la norma de calidad en la etapa de filtrado y lo podemos observar más claramente en la tabla S-1 y las gráficas a y b, fué necesario dosificar dicho polímero acompañado de Sulfato de Aluminio donde los resultados fueron buenos una vez que se filtró el agua, logrando bajar considerablemente la cantidad de Sulfato que se adiciona rutinariamente en planta potabilizadora, logrando además resultados muy por abajo de la norma de calidad establecida por el SIA PA y lo podemos observar claramente en la tabla S-2, para terminar con el análisis del polímero de la zábila fué necesario realizar pruebas comparativas con cat-floc (polímero sintético), para observar los resultados véase la tabla S-3. Una vez terminadas las pruebas de jarras para la zábila se procedió a ordenar cada una de las jarras por orden para posteriormente graficar sobre las partes por millón que se emplearon de Sulfato de Aluminio en combinación del polímero de zábila. En la tabla S-4 y gráficas g y h, podemos observar en lo que corresponde a la turbiedad en donde los resultados son de buena calidad aún cuando no se aplica Sulfato de Aluminio, pero no así en el caso del color residual, por lo que se hace necesario agregar Sulfato.

El polímero de zábila funciona como ayudante de coagulación ya que necesita de un producto que desestabilise las partículas suspendidas en el agua.



## PRUEBAS DE JARRAS

Nº DE MUESTRA	FECHA:				PRODUCTOS COAGULANTES EN RPM.					FLOCULACION					SEDIMENTACION			FILTRACION			TABLA S-1		
	AGUA CRUDA				ORDEN DE DOSIFICA...		MEZCLA			AGITACION					TIEMPO DE SEDIMENTACION	PH	COLOR RESIDUA (PT - Co)	TURBIEDAD RESIDUAL NTU.	PH	COLOR RESIDUAL (PT - Co)	TURBIEDAD RESIDUAL NTU.	PLANTA EN ANALISIS	
	TEM.°C.				SULFATO DE ALUMINIO	POLIMERO	CAT - FLOC	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	1er. PASO		2do. PASO		TIEMPO DE FORMACION DEL FLOCCULO (SEG)									INDICE DE WILLCOB
	PH	COLOR	TURBEDAD	ALCALINIDAD TOTAL EN mg/l CaCO3						PITAYO	NOBAL	ZABILA	TIEMPO		VELOCIDAD	R.P.M.	TIEMPO	VELOCIDAD	R.P.M.				
1	8.0	114	22			2		1	100	7	40			55	1	10	8.1	100	19	8.3	19	4.1	I-II
2	8.0	114	22			4		1	100	7	40			50	1	10	8.1	101	19	8.3	25	4.0	I-II
3	8.0	114	22			6		1	100	7	40			50	1	10	8.0	102	20	8.3	26	5.0	I-II
4	8.0	114	22			8		1	100	7	40			45	1	10	8.0	104	20	8.4	25	4.5	I-II
5	8.0	114	22			10		1	100	7	40			45	1	10	8.1	105	20	8.4	25	5.1	I-II
6	8.0	114	22			12		1	100	7	40			50	1	10	8.1	106	20	8.4	35	6.2	I-II

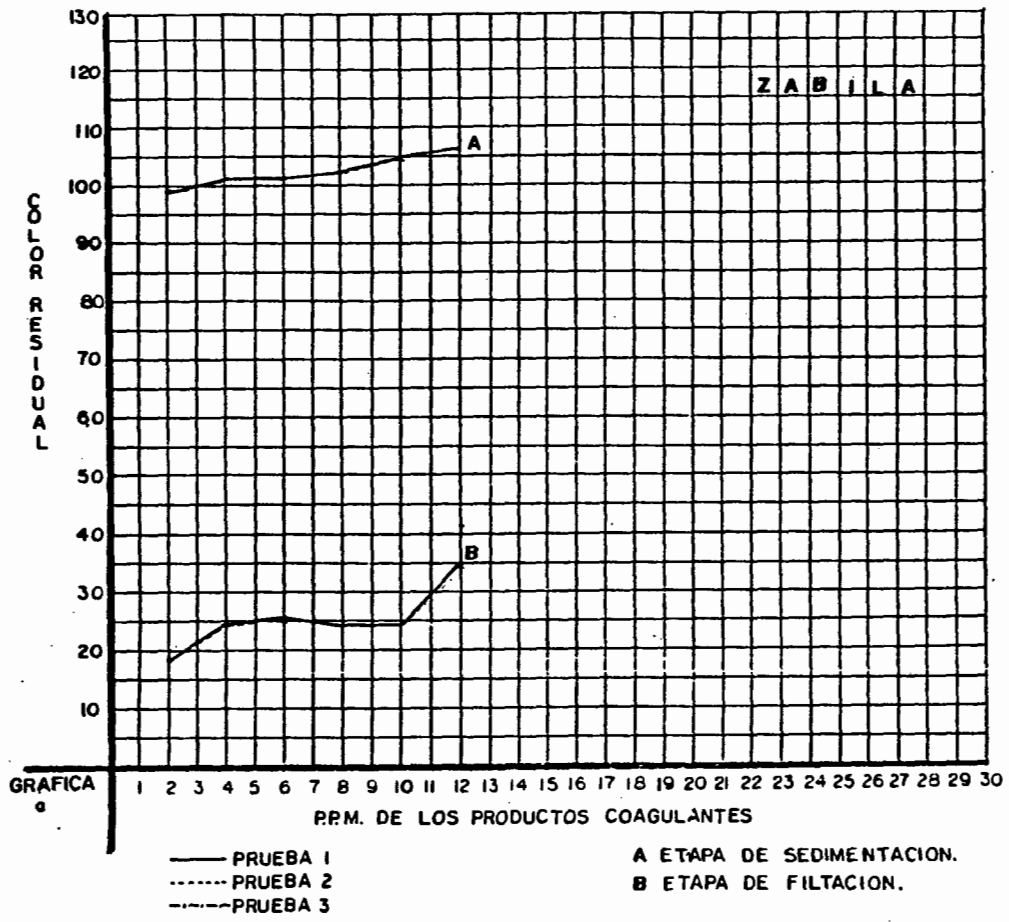
2

1																								
2																								
3																								
4																								
5																								
6																								

3

1																								
2																								
3																								
4																								
5																								
6																								

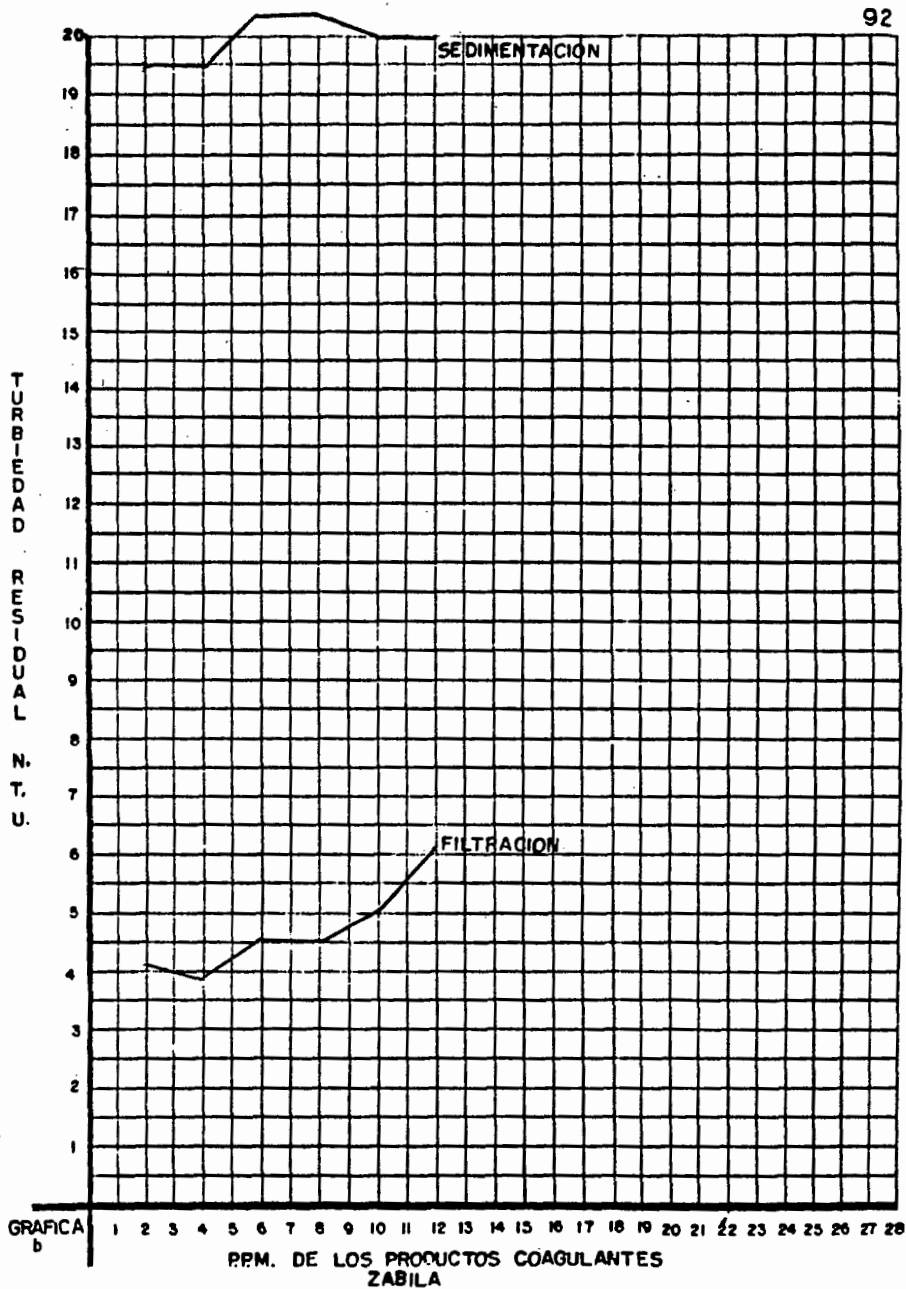
OBSERVACIONES:



GRAFICA

— PRUEBA 1  
..... PRUEBA 2  
- - - - PRUEBA 3

A ETAPA DE SEDIMENTACION.  
B ETAPA DE FILTRACION.



— PRUEBA 1

..... PRUEBA 2

- - - - - PRUEBA 3

SEGUN TABLA DE RESULTADOS

## PRUEBAS DE JARRAS

93

No. DE MUESTRA	FECHA:				PRODUCTOS COAGULANTES EN RPM.				FLOCULACION					SEDIMENTACION				FILTRACION			TABLA S-2		
	AGUA CRUDA				ORDEN DE DOSIFICA...		MEZCLA		AGITACION					TIEMPO DE FORMACION DEL FLOCCULO (SEG)	INDICE DE WILLCOB	TIEMPO DE SEDIMENTACION	PH	COLOR RESIDUA (PT - Co)	TURBIEDAD RESIDUAL N.T.U.	PH	COLOR RESIDUAL (PT - Co)	TURBIEDAD RESIDUAL N.T.U.	PLANTA EN ANALISIS
	TEM.°C.				SULFATO DE ALUMINIO	PITAYO NORAL ZABILA	POLIMERO CAT - FLOC	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	1er PASO		2do PASO											
	PH	COLOR	TURBEDAD	ALCALINIDAD TOTAL EN mg/l. CaCO3						TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.						
1	7.9	114	20		10		1	100	7'	40			20"	4	10	7.78	55.5	14	8.2	23	0.5		
2	7.9	114	20		12		1	100	7'	40			20"	4	10	7.2	54.0	12	8.2	27	4.5		
3	7.9	114	20		14		1	100	7'	40			20"	4	10	7.7	51.0	11	8.1	19	4.0		
4	7.9	114	20		16		1	100	7'	40			25"	4	10	7.7	31.2	8.5	8.1	10	4.0		
5	7.9	114	20		18		1	100	7'	40			25"	4	10	7.6	28.0	8.7	8.0	11	2.0		
6	7.9	114	20		20		1	100	7'	40			25"	4	10	7.6	24.0	7.0	8.0	10	0.5		

2

1	8.0	105	18		10	6	1	100	7'	40			40	3	10	7.9	55.3	17	8.2	7.4	.75	
2	8.0	105	18		12	5	1	100	7'	40			45	3	10	7.9	57	14	8.3	6.1	.71	
3	8.0	105	18		14	4	1	100	7'	40			45	4	10	7.9	55	13	8.3	3.5	.59	
4	8.0	105	18		16	3	1	100	7'	40			50	4	10	7.7	41	10	8.3	2.2	.3	
5	8.0	105	18		13	2	1	100	7'	40			50	6	10	7.8	39	9	8.2	3.5	.3	
6	8.0	105	18		20	1	1	100	7'	40			50	6	10	7.0	43	8	8.2	0.1	.4	

3

1	7.9	114	20		10	1	1	100	7'	40			30	3	10	7.6	61	13	8.0	6.1	.5	
2	7.9	114	20		12	2	1	100	7'	40			35	3	10	7.6	78	12	8.2	2.2	.7	
3	7.9	114	20		14	3	1	100	7'	40			35	3	10	7.5	68	7.8	8.2	4.0	.5	
4	7.9	114	20		16	4	1	100	7'	40			40	4	10	7.7	62	7.8	8.2	3.5	.4	
5	7.9	114	20		18	5	1	100	7'	40			40	4	10	7.7	61	6.9	8.1	3.5	.7	
6	7.9	114	20		20	6	1	100	7'	40			45	5	10	7.7	55	5.6	8.2	4.0	.5	

OBSERVACIONES:

**PRUEBAS DE JARRAS**

94

No DE MUESTRA	FECHA:				PRODUCTOS COAGULANTES EN RPM.				FLOCULACION					SEDIMENTACION			FILTRACION			TABLA S-3			
	AGUA CRUDA				ORDEN DE DOSIFICA.		MEZCLA		AGITACION					TIEMPO DE SEDIMENTACION	PH	COLOR RESIDUA (PT - Co)	TURBIDAD RESIDUAL N.T.U.	PH	COLOR RESIDUAL (PT - Co)		TURBIDAD RESIDUAL N.T.U.	PLANTA EN ANALISIS	
	TEM. °C.				SULFATO DE ALUMINIO	PTAYO MORAL ZABILA	POLIMERO CAT - FLOC	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	1er. PASO		2do. PASO											TIEMPO DE FORMACION DEL FLOCO (SEG)
	PH	COLOR	TURBEDAD	ALCALINIDAD TOTAL EN mg/l CaCO3						TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.								
1	7.7	97	17		4		2	1	100	7	40			60	3	10	7.7	29	8	8.3	4.9		.47
2	7.7	97	17		6		4	1	100	7	40			55	4	10	8.0	32	6	8.2	3.5	.26	I-II
3	7.7	97	17		8		6	1	100	7	40			55	6	10	7.9	19	5	8.2	0.8	.21	I-II
4	7.7	97	17		0		0	0	000	0	00			00	0	00	000	00	0	0.0	0.0	.00	0.00
5																							
6																							

2

1	7.7	97	17		4	2		1	100	7	40			50	1	10	7.9	72	16	8.3	18	.93	I-II
2	7.7	97	17		6	4		1	100	7	40			45	1	10	7.9	65	16	8.3	22	1.2	I-II
3	7.7	97	17		8	6		1	100	7	40			45	1	10	8.0	64	13	8.2	27	1.8	I-II
4																							
5																							
6																							

3

1																							
2																							
3																							
4																							
5																							
6																							

OBSERVACIONES:

## PRUEBAS DE JARRAS

No. DE MUESTRA	FECHA:			PRODUCTOS COAGULANTES EN RPM.				FLOCULACION					SEDIMENTACION			FILTRACION			TABLA S-4			
	AGUA CRUDA			ORDEN DE DOSIFICA...		MEZCLA		AGITACION					TIEMPO DE SEDIMENTACION	PH	COLOR RESIDUA (PT - Co)	TURBIDIDAD RESIDUAL N.T.U.	PH	COLOR RESIDUAL (PT - Co)	TURBIDIDAD RESIDUAL N.T.U.	PLANTA EN ANALISIS		
	PH	COLOR	TURBEDAD	ALCALINIDAD TOTAL EN mg/L CaCO <sub>3</sub>	SULFATO DE ALUMINIO	PITAYO NORAL ZABILA	POLIMERO CAT - FLOC	TIEMPO R.P.M.	VELOCIDAD	1er. PASO		2do. PASO										
										TIEMPO	VELOCIDAD	TIEMPO	VELOCIDAD	R.P.M.	TIEMPO DE FORMACION DEL FLOCULO (SEG)	INDICE DE WILLCOB						
1	8.0	114	22			2	1	100	7	40			55	2	10	8.0	100	19	8.3	19	4.1	I-II
2	8.0	114	22			4	1	100	7	40			50	2	10	8.1	101	19	8.3	25	3.9	I-II
3	8.0	114	22			6	1	100	7	40			50	1	10	8.0	102	20	8.3	26	4.6	I-II
4	8.0	114	22			8	1	100	7	40			45	1	10	8.0	104	20	8.4	25	4.5	I-II
5	8.0	114	22			10	1	100	7	40			45	1	10	8.1	105	20	8.4	25	5.1	I-II
6	8.0	114	22			12	1	100	7	40			50	1	10	8.1	106	20	8.4	35	6.2	I-II

1	7.2	97	17		4	2	1	100	7	40			50	1	10	7.9	72	16	8.3	18	0.9	I-II
2	7.7	97	17		6	4	1	100	7	40			55	1	10	7.9	65	16	8.3	22	2	I-II
3	7.7	97	17		8	6	1	100	7	40			55	2	10	7.9	64	13	8.2	27	1.8	I-II
4	7.9	114	20		10	1	1	100	7	40			50	3	10	7.7	81	13	8.1	6.2	0.6	I-II
5	8.0	105	18		10	6	1	100	7	40			45	3	10	7.9	85	17	8.3	7.5	0.7	I-II
6	7.9	114	20		12	2	1	100	7	40			40	3	10	7.6	79	12	8.2	2.2	0.7	I-II

1	8.0	105	18		12	5	1	100	7	40			45	3	10	7.9	58	14	8.3	6.2	0.7	I-II
2	7.9	114	20		14	3	1	100	7	40			45	4	10	7.6	68	7.8	8.2	4.8	0.5	I-II
3	8.0	105	18		14	4	1	100	7	40			50	4	10	7.8	55	13	8.3	3.5	0.5	I-II
4	8.0	105	18		16	3	1	100	7	40			45	4	10	7.7	42	10	8.3	2.2	0.3	I-II
5	7.9	114	20		16	4	1	100	7	40			40	5	10	7.7	63	7	8.2	3.5	0.4	I-II
6	8.0	105	18		18	2	1	100	7	40			45	6	10	7.7	39	9	8.3	3.5	0.3	I-II

OBSERVACIONES:

## PRUEBAS DE JARRAS

96

No. DE MUESTRA	FECHA:			PRODUCTOS COAGULANTES EN RPM.				FLOCULACION					SEDIMENTACION			FILTRACION			TABLA S-4					
	AGUA CRUDA			ORDEN DE DOSIFICA.		MEZCLA		AGITACION					TIEMPO DE SEDIMENTACION	PH	COLOR RESIDUA (PT - Co)	TURBIDAD RESIDUAL N.T.U.	PH	COLOR RESIDUAL (PT - Co)		TURBIDAD RESIDUAL N.T.U.	PLANTA EN ANALISIS			
	TEM.°C.			SULFATO DE ALUMINIO	PITAYO MOPAL ZABILA	POLIMERO	CAT - FLOC	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	1er PASO		2do PASO										TIEMPO DE FORMACION DEL FLOCCULO (SEG)	INDICE DE WILLCOB	
	PH	COLOR	TURBIDAD							TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO												VELOCIDAD R.P.M.
1	7.9	114	20	18	5		1	100	7	40			50	6	10	7.8	62	6.9	8.2	3.5		0.7	I-II	
2	8.0	105	18	20	1		1	100	7	40			55	6	10	7.8	43	8.0	8.2	6.2	0.4	I-II		
3	7.9	114	20	20	6		1	100	7	40			50	6	10	7.7	55	5.6	8.2	4.8	0.6	I-II		
4																								
5																								
6																								

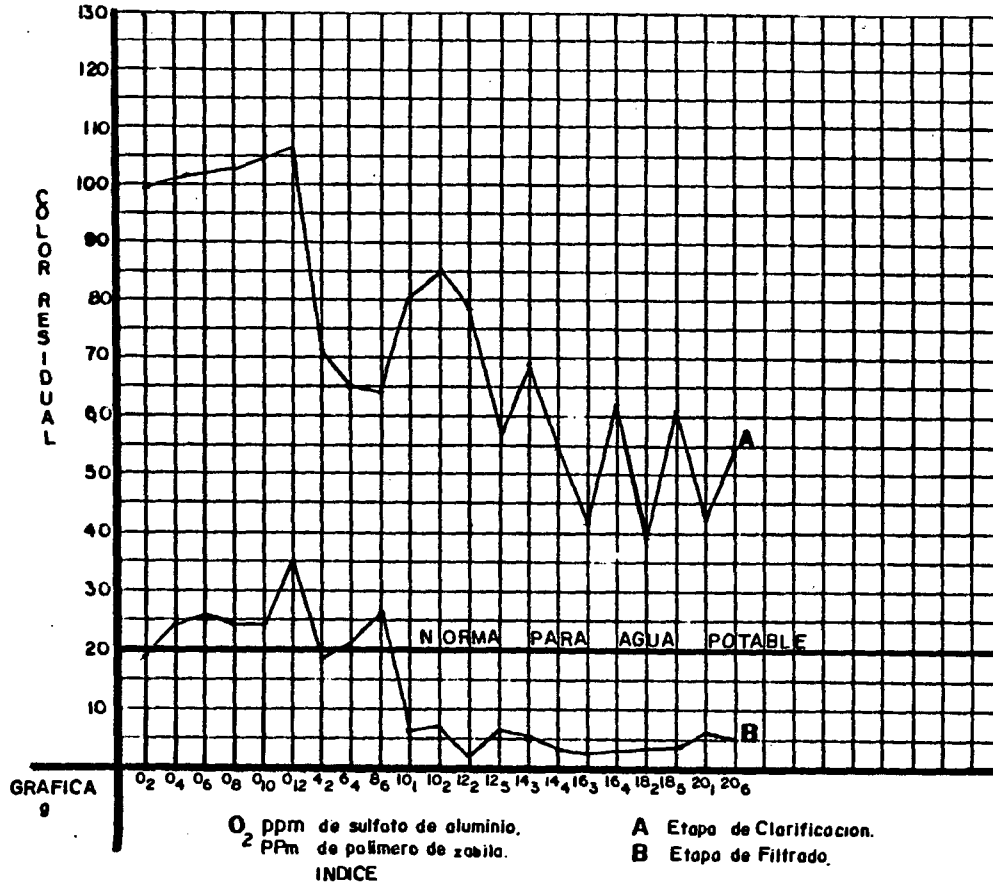
2

1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									

3

1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									

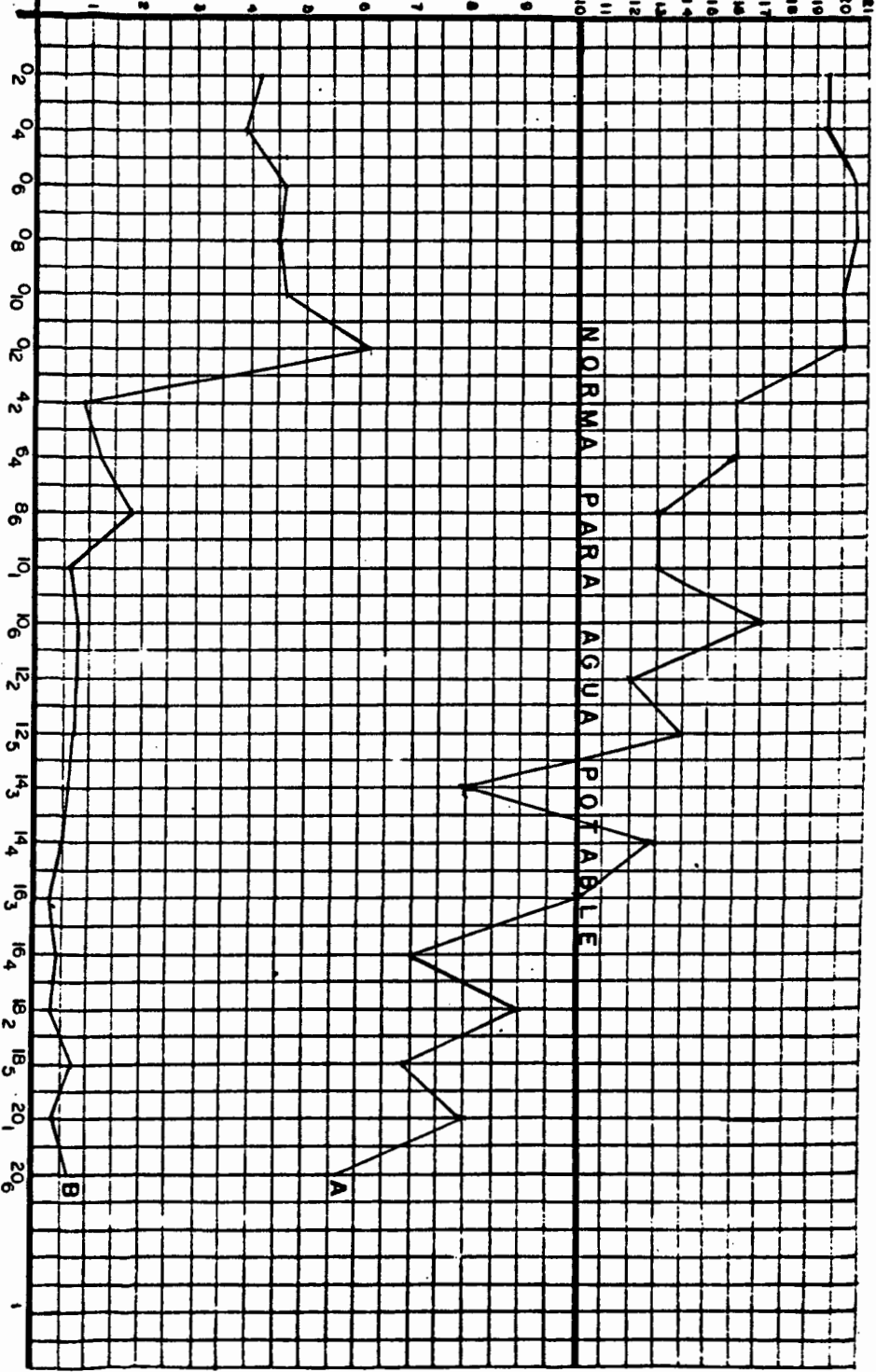
OBSERVACIONES:





CO  
20  
19  
18  
17  
16  
15  
14  
13  
12  
11  
10  
9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1

NORMA PARA AGUA POTABLE



O<sub>2</sub> ppm de sulfato de aluminio  
 ppm de polímero de zóllio

A Etapa de Clarificación.  
 B Etapa de Filtrado

GRAFICA n

6.5.- Combinación de Polímero de Nopal con Cat-floc. Se llevaron a cabo diferentes combinaciones de polímero de nopal con cat-floc y se partió de diluir 5 ppm de dicho nopal por solo una ppm de cat-floc hasta llegar a diluir 100 ppm de polímero de nopal por solo una de cat-floc.

Una vez que se tenían preparadas las soluciones se procedió a realizar las pruebas de jarras iniciando con 8 ppm de Sulfato de Aluminio en forma constante por 2 ppm de cada solución preparada, los resultados obtenidos fueron de muy buena calidad tanto en la etapa de sedimentación como en la filtrada, obteniendo un tamaño en el floc de regular a bueno permitiendo que bajara con rapidez y de esta manera las unidades tanto en color como en turbiedad fueron aceptables, véase la tabla de resultados N-C y las gráficas NC-1 y NC-2 graficadas sobre las letras del índice contra las unidades de color y turbiedad.

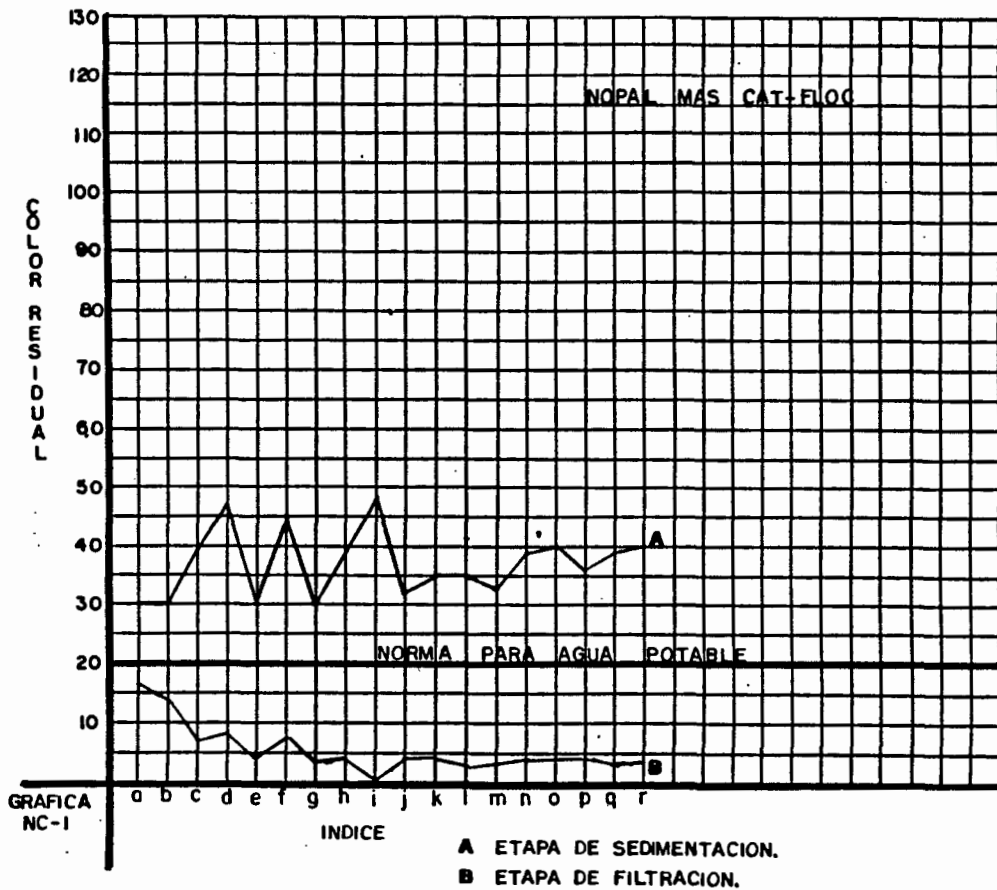
**PRUEBAS DE JARRAS**

100 No. DE MUESTRA	FECHA:				PRODUCTOS COAGULANTES EN RPM.				FLOCULACION						SEDIMENTACION			FILTRACION			TABLA N-C		
	AGUA CRUDA				ORDEN DE DOSIFICA.		MEZCLA		AGITACION				TIEMPO DE FORMACION DEL FLOCCULO (SEGI)	INDICE DE WILLCOB	TIEMPO DE SEDIMENTACION	PH	COLOR RESIDUA (PT - Co)	TURBIDIDAD RESIDUAL NTU.	PH	COLOR RESIDUAL (PT - Co)	TURBIDIDAD RESIDUAL NTU.	PLANTA EN ANALISIS	
	TEM.°C.	PH	COLOR	TURBEDAD	INDICE	SULFATO DE ALUMINO	PITAVO NOPAL ZABILA	POLIMERO CAT-FLOC	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	1er. PASO												2do. PASO
											TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.	TIEMPO	VELOCIDAD R.P.M.									
1	7.8	106	18	a	8	1.66	.33	1	100	2	80	7	40	55	4	10	7.8	30	6.5	8.1	17	0.7	IV-V
2	7.8	106	18	b	8	1.81	.19	1	100	2	80	7	40	55	4	10	7.8	30	5.9	8.0	14	1.7	IV-V
3	7.8	144	17	c	8	1.81	.19	1	100	2	80	7	40	55	3	10	7.7	39	7.7	8.3	7.4	0.5	IV-V
4	7.8	106	18	d	8	1.88	.12	1	100	2	80	7	40	50	4	10	7.6	48	7.4	8.0	8.8	1.4	IV-V
5	7.8	106	18	e	8	1.91	.09	1	100	2	80	7	40	50	4	10	7.6	30	5.1	8.1	4.8	0.4	IV-V
6	7.8	144	17	f	8	1.91	.09	1	100	2	80	7	40	55	4	10	7.8	46	9.0	8.4	7.4	0.6	IV-V

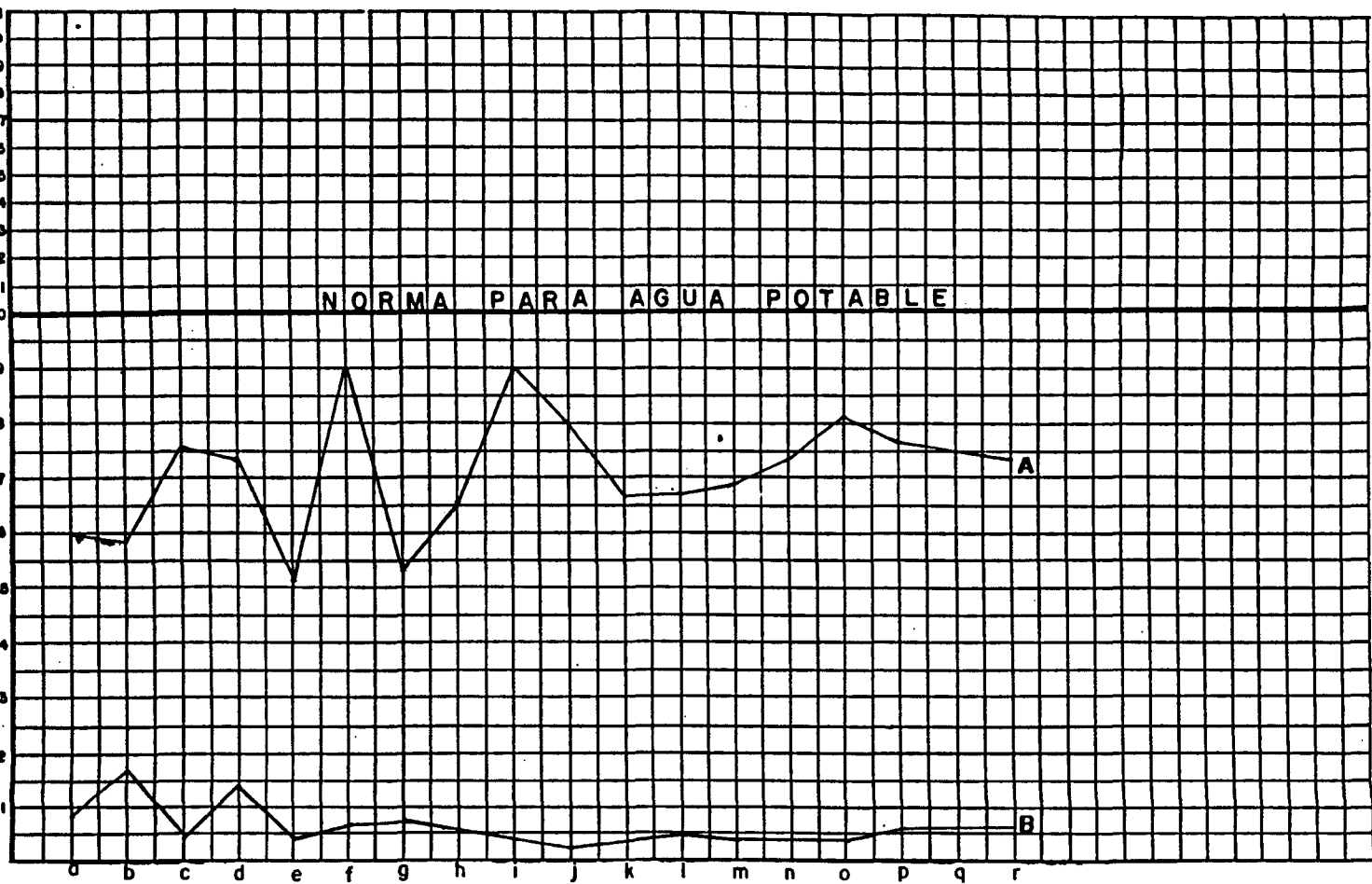
1	7.8	106	18	g	8	1.92	.08	1	100	2	80	7	40	40	4	10	7.6	30	5.4	8.1	4.8	0.8	IV-V
2	7.8	106	18	h	8	1.94	.06	1	100	2	80	7	40	40	4	10	7.6	39	6.5	8.1	4.8	.5	IV-V
3	7.8	144	17	i	8	1.94	.06	1	100	2	80	7	40	45	4	10	7.8	48	9.0	8.2	0.0	.4	IV-V
4	7.8	144	17	j	8	1.94	.06	1	100	2	80	7	40	55	5	10	7.9	32	6.6	8.2	4.8	.5	IV-V
5	7.8	144	17	k	8	1.95	.06	1	100	2	80	7	40	45	6	10	7.9	35	8.0	8.3	4.8	.3	IV-V
6	7.8	144	17	l	8	1.96	.04	1	100	2	80	7	40	45	6	10	7.8	35	6.6	8.3	3.5	.4	IV-V

1	7.8	144	17	m	8	1.97	.03	1	100	2	80	7	40	40	4	10	7.8	33	9.9	8.3	3.5	.4	IV-V
2	7.8	144	17	n	8	1.97	.03	1	100	2	80	7	40	55	5	10	7.9	39	7.4	8.2	4.8	.4	IV-V
3	7.8	144	17	o	8	1.97	.03	1	100	2	80	7	40	51	3	10	7.9	40	8.1	8.2	4.8	.4	IV-V
4	7.8	144	17	p	8	1.98	.02	1	100	2	80	7	40	51	4	10	7.9	36	7.7	8.2	4.8	.5	IV-V
5	7.8	144	17	q	8	1.98	.02	1	100	2	80	7	40	60	4	10	7.9	39	7.5	8.2	3.5	.5	IV-V
6	7.8	144	17	r	8	1.99	.01	1	100	2	80	7	40	60	4	10	7.9	40	7.4	8.2	3.5	.5	IV-V

OBSERVACIONES:



TURBIDIDAD RESIDUAL



GRAFICA NC-2

A ETAPA DE SEDIMENTACION  
B ETAPA DE FILTRACION.

6.6.- Determinación de los costos de producción de los polímeros de pitayo y nopal.

Los cálculos sobre costos de producción se realizaron en base al nopal, debido a que es la única materia prima que se comercializa; el monto por Kg. en épocas de alta producción se cotiza a \$ 250.00 en promedio, tomando en cuenta que dicho producto se puede aprovechar tierno y sazón.

Para industrializar 1 Kg. de nopal en estado fresco a nivel laboratorio es de \$ 600.00.

El costo por litro de agua potabilizada en planta SIAPA, cuando sólo se dosifica Sulfato de Aluminio únicamente, son los siguientes:

\$ 0.0884 ésto cuando se utilizan 18 ppm. de dicho material, el cuál se puede observar en la tabla N-2 en la prueba No. 1. Mientras que cuando se utiliza polímero de nopal conjuntamente con Sulfato de Aluminio, el costo es:

Sulfato de Aluminio	\$ 0.0196
Polímero de nopal	<u>\$ 0.0116</u>
Total	\$ 0.0312

Se logró un ahorro de \$ 0.0572 por litro de agua que equivale al 64.70%.

El costo del pitayo en relación al polímero es de ----- \$ 800.00 por kilogramo de materia fresca industrializada. El precio aumenta con respecto al nopal debido a que contiene una mayor cantidad de materia seca proporcionando una cantidad superior de polímero. La combinación de Sulfato y este polímero nos dá como resultado el siguiente costo \$ 0.026.

## CONCLUSIONES

Los polímeros obtenidos de pitayo, nopal y zábila funcionan como ayudantes de coagulación, y además, son compuestos no iónicos dadas sus características físicas que presentan y a su comportamiento al dosificarse al agua. Son de fácil industrialización y con un amplio potencial en materias primas accesibles para su uso, además de proporcionar una alternativa más para aprovechar las áreas inhabilitadas para la producción de estos vegetales, que no se les ha explotado como se debiera.

Los polímeros que se obtuvieron se dosifican después de aplicado el coagulante primario para que haya reacción, ya que de otra manera no funciona; se inactiva. Al aplicar el polímero natural poco después del sintético aumenta el tamaño del floc, según las condiciones del agua; cuando esto no sucede el floc no baja rápidamente, en la sedimentación de todas formas se obtiene aguas de buena calidad durante el filtrado lo que no sucede cuando sólo se aplica polímero sintético (sulfato de aluminio), ni aún cuando el floc es grande.

Al momento de aplicar tanto el polímero primario como el secundario (nopal, pitayo y zábila) se logra reducir considerablemente la cantidad de productos poliméricos durante la dosificación, logrando abatir costos en forma considerable.

Una opción más es la combinación de polímero sintético con polímero natural, como un solo producto que funciona como ayudante de coagulación y mejora la calidad del agua desde la etapa de sedimentación.

La utilidad de los polímeros naturales durante el proceso de potabilización reúne las condiciones de un ayudante de coagulación, además de que presentan las condiciones físicas y químicas requeridas por una planta potabilizadora.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Ing. Guillermo Boviralta, y J. Pérez, 1981. Curso Internacional sobre procesos Unitarios y Anteproyectos de Plantas potabilizadoras. Parte II, Programas Regional OPS/SHP/CEPIS de mejoramiento de calidad de aguas para el consumo humano, ciclo CB<sup>4</sup>, Ciencias Básicas de Tratamiento de Aguas, módulo 4.4. Procesos Unitarios Teoría, sub-módulo - CB 4.4.8. Desinfección y Manejo de Sustancias Químicas. p. 1.
- Ing. José Pérez Carrión, 1981. Ciencias Básicas de Tratamiento de Agua, módulo CB 4.4. Procesos Unitarios Teoría, submódulo CB. 4.4.7. Sedimentación. pp. 1-36.
- Instituto de Investigaciones Forestales, 1981. El Nopal. Ed. CONASA, ED. especial No. 34. pp. 15-28. México.
- Fair, Grey, Okun, 1981. Purificación de Agua, Tratamiento Remoción de Aguas Residuales, tomo II Ingeniería sanitaria y de Aguas Residuales. Ed. LIMUSA. pp. 181-214 y 375-389.
- Julio Tiscornia, 1976. Cactus y Otras Plantas de Ornato. Ed. Albatros SRL. p 32. Argentina.
- Helia Bravo-Hollis, 1978. Las cactáceas de México. Ed. Dirección General de la UNAM. ed. 2a. pp. 21-37 y 62-81.
- Nalco Chemical Company, Frank N. Kemmer, John Meelallon. Traducción por M.E. Espinoza R., Ing. Franco M. Medina, - 1982. Manual del Agua, Su Naturaleza, Tratamiento y Aplicación. Edit. McGrau-Hill. pp. 1-13.



- José Eduardo Gómez García, 1976. Uso de los Polielectrolitos de Peso Molecular Elevado, como ayuda de Coagulación y como Coagulante en las Aguas Turbias. Tesis Profesional para obtener el Título de Químico. Universidad de Guadalajara. pp. 34-51.
- Patricia Carranza Rivas, 1977. Lavado Químico en las Arenas de Filtros Rápidos de aguas. Tesis Profesional para obtener el Título de Químico. Universidad de Guadalajara pp. 28-55.
- Ma. de J. Acosta González, 1978. Investigación del Comportamiento de los Compuestos Macromoleculares Catiónicos, Aniónicos y No Aniónicos usados en Clarificación de Aguas como ayuda de las Aguas Turbias en al Coagulación o en la Floculación de estas aguas. Tesis Profesional para obtener el Título de Químico. Universidad de Guadalajara. pp. 12-45.
- Selecciones del Reader's Digest, 1979. Gran Diccionario Enciclopédico Ilustrado. Edit. Editora Mexicana S.A. Tomos 1-12
- INCA RURAL, 1982. Diccionario Agropecuario de México. - Edit. Instituto Nacional de Capacitación del Sector Agropecuario, A.C. p, 393.
- Agustín Matons, Diccionario de Agricultura Zootecnia y - Veterinaria. Edit. Publicaciones Herrerías S.A. Tomo I, p. 181.
- Dr. P. Font Quer, 1980, Plantas Medicinales. Edit. Labor S.A. ed. 6ta. pp. 162-65.
- Maximino Martínez, 1959. Las Plantas Medicinales de México, Edit. Ediciones Botas. ed. 4ta. pp. 346.

- Eddy Muñoz López y col., 1981. Dosificación, Purificación y Filtración. Curso de tratamiento de agua para oficiales de concentración.
  
- William L. Masterton y Emil J. Slowinski, 1979, Química General Superior. Edit. Interamericana. ed. 4ta. pp. 666 a la 671.