Los productos por adición han desplazado a los productos por condensación.

Los productos de condensación se dividen:

Débilmente ácido (Carboxilico)

Intermedio ácido (Fosfónicos)

Fuertemente ácido (Sulfónico)

En las resinas de intercambio aniónico también se dividen en:

Débilmente básicos (alkilaminas)

Fuertemente básicos (base cuaternario amonio)

Estas resinas se encuentran en forma geométrica, de acuerdo a su composición química, pero se adopta principalmente a la forma esférica.

V.- SELECTIVIDAD DE LOS INTERCAMBIADORES DE IONES

Los intercambiadores de iones, tanto como los inorgánicos como los orgánicos, son compuestos que tienes la característica de intercambio iónico sobre ciertos

iones, es decir que el intercambio iónico no se efectúa a el azar como pudiera suponerse.

En el intercambio iónico interviene tanto la naturaleza misma del intercambiador de iones, así como las soluciones que se van a poner en contacto con el intercambiador.

Los factores que afectan la selectividad de intercambio iónico, pueden sumarizarse a través de un razonamiento cualitativo como sigue:

a) A bajas concentraciones acuosas y temperaturas ordinarias el grado de intercambio iónico se incrementa con el incremento de la valencia de los iones.

$$Na^{+} < Ca^{+2} < Al^{+3} < Th^{+4}$$

b) A bajas concentraciones acuosas y temperaturas ordinarias y valencia constante, el grado de intercambio iónico se incrementa con el incremento del número atómico del ion intercambiante.

$Li^{+} < Na^{+} < K^{+} < Rb^{+} < Cs^{+} < Mg^{++} < Ca^{++} < Sr^{++} < Ba^{++}$

c) A altas concentraciones, la diferencia en los potenciales iónico de intercambio de diferente valencia (Na^{+} versus Ca^{++}) disminuye y el ion de mas baja valencia tiene un potencial más alto de intercambio.

Por lo que respecta a las resinas intercambiadoras de aniones la selectividad es un poco más compleja ya que interviene un ion formado por varias partículas. La secuencia de las resinas de intercambio aniónico es como sigue:

Citrato $> SO_4^{=} >$ Oxalato $> I^{-} > NO_3^{-} > CrO_4^{=} > Br > SCN^{-} > Cl^{-} >$ Formato $>$ Acetato $> F^{-}$.

Una explicación a este comportamiento es la característica eléctrica que poseen los iones al estar en solución. Los iones al ser partículas cargadas eléctricamente, tienden a rodearse con moléculas polares de solvente, lo cual da a cada ion un volumen solvatado equivalente dependiente de la carga eléctrica que posea el ion.

Así el intercambiador a bajas concentraciones, el intercambiador prefiere a los iones que poseen el más pequeño volumen solvatado.

Como podemos apreciar de lo anterior, las resinas tienen preferencia por iones de menor volumen, lo que quiere decir que interviene la estructura molecular del polimero que contiene a los grupos iónicos.

La estructura tridimensional se logra con los enlaces cruzados que se realizan con compuestos químicos en una relación adecuada para obtener una estructura no muy rígida, sino una estructura elástica que pueda contener en su interior moleculas de solvente, a través de las cuales se desplacen los iones intercambiantes. Por eso es tan importante el volumen molecular iónico solvatado. La solvatación de los iones dependerá única y exclusivamente de las cargas electrostáticas de cada ión.

Además de los anteriores factores, interviene la naturaleza del grupo iónico que se encuentra en la estructura molecular de la resina.

Los grupos iónicos de los intercambiadores de cationes comunmente son los siguientes:

$-SO_3^-$ y $-COO^-$

Grupos sulfónicos y carboxílicos respectivamente.

También se han desarrollado recientemente resinas con grupos iónicos tales como:

Radical	Nombre
$-PO_3^{2-}$	Fosfónico.
$-HPO_2^-$	Fosfínico.
$-AsO_3^{2-}$	Arsénico.
$-SeO_3^-$	Selénico.

Además se han sintetizado resinas con dos mas grupos iónicos que dotan a las resinas de características muy particulares.

Los grupos iónicos de los intercambiadores de aniones más comunes son los siguientes:

Debilmente básicos:

$-NH_3^+$ $\quad$ $>NH_2$ $\quad$ Grupos Aminos.

Fuertemente básicos:

$-\overset{|}{\underset{|}{N^+}}-$ $\quad$ $-N^+(CH_3)_3$ $\quad$ Bases Cuaternarias.

Se han desarrollado recientemente resinas con bases fuertes cuaternarias fosfónicas y grupos terciarios sulfónicas.

$-\overset{|}{\underset{|}{P^+}}-$ $\quad$ Grupos Fosfonio.

$>S^+-$ $\quad$ Grupos Sulfónio

Los anteriores grupos insertados en las macro moléculas de las resinas dan características de selectividad, y en la actualidad han sido objeto de muchas investigaciones.

VI.- APLICACION A TRATAMIENTO DE AGUA Y TERMINOLOGIA USADA.

El intercambio iónico se ha aplicado para la eliminación de impurezas tales como calcio y magnesio, (de-

CAPILLA ALFONSINA
U.A.N.L.

nominado a estos dos cationes como dureza), por intercambio ciclo sodio.

$$2\underline{NaX} + Ca\,Cl_2 = \underline{Ca\,X_2} + NaCl$$

En el intercambio de ciclo sodio se usa cualquiera de los intercambiadores de cationes antes mencionados. Dicho proceso se conoce con el nombre de suavización.

Cuando se quiere eliminar a un mínimo los compuestos solubles que se encuentran en solución es necesario usar las resinas aniónicas y catiónicas en sus formas iónicas oxhidrilo e hidrógeno respectivamente.

Las resinas catiónicas, en su forma iónica hidrógeno intercambia los cationes metálicos por iones hidrógeno. Las resinas aniónicas en su forma aniónica oxhidrilo intercambia los aniones, complementarios de los cationes metálicos, por iones oxhidrilo.

En las siguientes reacciones se muestra el proceso fundamental de este intercambio iónico, llamado desmineralización ó desionización.

$$\underline{X^-H^+} + Na^+\,Cl^- \rightarrow \underline{X^-\,Na^+} + H^+Cl^-$$

$$\underline{Z^+\,OH^-} + H^+\,Cl^- \rightarrow Z^+\,Cl^- + H^+\,OH^-$$

Este proceso se presentará de una forma más completa en el capítulo siguiente.

La capacidad de las resinas es la concentración de grupos iónicos que contiene cada resina, y cada resina tiene una capacidad en particular.

Para obtener las resinas en sus formas iónicas iniciales, es decir, ciclo sodio, ciclo hidrógeno, ciclo oxhidrico, se hace una operación que se denomina <u>regeneración</u> que consiste en la introducción de electrolitos a altas concentraciones para obtener las condiciones iniciales.

La alta concentración de las soluciones para regenerar efectúa un intercambio iónico en un sentido inverso al que sufren los intercambiadores de iones o bajas concentraciones.

Una exposición más completa sobre la desionización o desmineralización enfocado directamente al tratamiento de agua se efectuará en la segunda parte, denomi-

nada Procesos de Desmineralización.

B I B L I O G R A F I A

1) F HELFFERICH "ION EXCHANGE" 1962.

2) F. C. NACHOD & J. SCHUBERT "ION EXCHANGE TECHNOLOGY" 1956.