

A PARTIR DE HIDROCARBUROS DE PETRÓLEO CON ENLACES DOBLES OBTENCIÓN DE SURFACTANTES, COLORANTES Y SOLVENTES

Vladimir Aguirre ⁽¹⁾, Vicente Delgado ⁽¹⁾, María José Anrango ⁽¹⁾, Luis Escobar ⁽²⁾,
Nelson Jaramillo ⁽²⁾

⁽¹⁾Centro de Investigaciones
Universidad de las Fuerzas Armadas. ESPE
Av. Gral. Rumiñahui, Sangolquí - Ecuador
vaaquirre@espe.edu.ec

⁽²⁾Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción
Universidad de las Fuerzas Armadas. ESPE
Av. Gral. Rumiñahui, Sangolquí - Ecuador

RESUMEN

El mercado Petroquímico actual ha creado las condiciones para que se dé una fuerte inversión de capitales de tal manera que se revierta el flujo de divisas hacia el Ecuador, al pasar de ser importadores a exportadores de materias primas derivadas del petróleo.

En esta investigación se trabajó en la síntesis química de compuestos básicos para la industria petroquímica como son: solventes, colorantes y tensoactivos aprovechando los hidrocarburos del petróleo, actividad que en primera instancia se ejecutó a nivel de laboratorio, donde se logró obtener por medio de síntesis orgánica, nitrobenzeno a partir del benceno, por reducción del nitrobenzeno se obtuvo la anilina, mediante una reacción de diazotación de la anilina se obtuvo fenol, al hacer reaccionar el fenol con cloroformo se obtuvo la aurina y también por medio de la reacción entre el alcohol cetílico el ácido sulfúrico y el fenol se obtuvieron tensoactivos, con el etileno mediante una reacción de oxidación se obtuvo el glicol, posteriormente se construyó el equipo apropiado a escala piloto el cual consta en un reactor en acero inoxidable al vacío y en atmósfera de gases inertes, con la finalidad de transferir la tecnología e industrializarla.

ABSTRACT

The current petrochemical market has created the conditions for which a strong capital investment so that the flow of currency into Ecuador, from importers to exporters be derived feedstock oil is reversed.

In this research work in the chemical synthesis of basic compounds for the petrochemical industry and are : solvents , dyes and tense active advantage petroleum hydrocarbons , an activity that was executed at the laboratory in the first instance , where they managed to get through organic synthesis , nitrobenzene from benzene , by reduction of nitrobenzene aniline was obtained by diazotization reaction of aniline phenol was obtained , by reacting the phenol with chloroform the aurin was obtained and also by the reaction between cetyl alcohol sulfuric acid and phenol surfactants were obtained with the ethylene oxidation reaction using a glycol is obtained , then the appropriate equipment is constructed at pilot scale which comprises a stainless steel reactor and vacuum gas atmosphere inert , with the aim of transferring technology and industrialize .

1. INTRODUCCION

Del petróleo se obtienen determinados compuestos que son la base de diversas cadenas productivas que establecen una amplia gama de productos denominados petroquímicos [1,2,3] que se utilizan en las industrias de fertilizantes, plásticos, alimenticia, farmacéutica, química y textil, entre otras. Las principales cadenas petroquímicas son las del gas natural, las olefinas ligeras (etileno, propileno y butenos) y la de los aromáticos.

En este contexto la industria petroquímica utiliza el petróleo o el gas natural como materia prima para la obtención de productos químicos, transformando el crudo en combustibles fósiles purificados como el metano, propano, butano, gasolina, queroseno, gasoil, combustibles para la aviación, así como también colorantes, tenso activos, pesticidas, herbicidas, fertilizantes y otros artículos como plásticos, asfaltos o fibras sintéticas de uso común en las grandes industrias. [7,8]

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 Síntesis orgánica para obtener colorantes

2.1.1 Nitrobenceno

En la línea de colorantes se inició con la reacción de síntesis del nitrobenceno a partir del benceno [12,15], para lo cual se preparó la mezcla nitrosulfónica $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$; a continuación y con agitación se añadió gota a gota el benceno cuidando de no exceder la temperatura a 60°C , al finalizar se formó dos fases, en la fase superior se encontró el nitrobenceno y en la fase inferior una mezcla de ácidos sulfúrico y nítrico. La masa de reacción se pasó a un embudo de separación con la finalidad de decantar los ácidos y lavar el nitrobenceno resultante con una agua destilada cuidando de no exceder el $\text{pH}=7$, para eliminar el exceso de humedad en el producto se secó con CaCl_2 , el nitrobenceno obtenido se sometió a un proceso de destilación simple y se recogió la fracción de 200 a 212°C donde se obtuvo nitrobenceno puro.

2.1.2 Anilina

En un balón de tres bocas acoplado un refrigerante se colocó limallas de hierro y nitrobenceno, a continuación se añadió gota a gota HCl (c), debido a la reacción exotérmica se controló la temperatura con baños de hielo. La masa de reacción se sometió a baño maría por una hora y para mantener el pH alcalino se añadió una solución de NaOH . Enseguida el producto se sometió a arrastre de vapor hasta obtener un destilado completamente limpio, se añadió NaCl hasta la saturación; para luego extraer la anilina con dicloro metano, se retiró el exceso de humedad con MgSO_4 anhidro, finalmente se obtuvo anilina pura mediante destilación simple [10,17].

2.1.3 Aurinas

En un erlenmeyer se colocó una pequeña cantidad de fenol, se añadió con agitación cloroformo e hidróxido de potasio [4,9]. La masa de reacción fue calentada por algunos minutos hasta ebullición. Se dejó enfriar y se obtuvo un líquido de color rojizo.

2.2 Síntesis orgánica para obtener solventes

2.2.1 Fenol

En un vaso erlenmeyer se colocó agua destilada, con agitación se añadió en pequeñas cantidades de ácido sulfúrico (c) a la solución aún caliente se le agregó anilina, la cual precipitó en forma de sulfato, rápidamente se añadió agua fría y se llevó a baño de hielo con la finalidad de no exceder los 5°C de temperatura requerida para la diazotación [5,6]. Se preparó una solución de nitrito de sodio y gota a gota se mezcló con la masa de reacción hasta efectuar la reacción de diazotación que fue comprobada con papel iodoaminodato. La solución obtenida se sometió a baño maría por 30 minutos, se desprendió el nitrógeno y la solución se volvió oscura. El fenol obtenido fue separado de la mezcla de reacción por arrastre de vapor[25], el destilado se saturó con cloruro de sodio, se extrajo el fenol con dicloro metano, se eliminó la humedad con sulfato de magnesio anhidro y finalmente se procedió con la destilación simple para recolección del solvente.

2.2.2 Glicol

Para la oxidación del etileno con permanganato de potasio se preparó el reactivo de Baeyer en proporción 2:1, permanganato de potasio 1% con carbonato de calcio 1%.; se hizo burbujear etileno en la solución durante una hora y se observó la decoloración del permanganato de potasio y se formó el precipitado café de óxido de magnesio. El óxido de potasio formado en la reacción con el agua se transformó en hidróxido de potasio y el oxígeno oxidó al etileno formando el glicol[21,23,26].

2.3 Síntesis orgánica para obtener surfactantes

2.3.1 Surfactante catiónico

En un balón de tres bocas se colocó alcohol cetílico el cual fue sumergido en baño maría luego se adicionó ácido sulfúrico hasta su completa fundición y gota a gota se añadió fenol [22,24]. La masa de reacción se calentó por un par de minutos y de dio paso a la reacción de sulfonación en donde se continuó adicionando ácido sulfúrico hasta alcanzar 100°C.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Síntesis de colorantes

3.1.1 Nitrobenceno

La mezcla nitrosulfónica, comprende la conjugación de dos ácidos altamente fuertes que se combinan dando como resultado la nitración proceso en el cual se sustituye el hidrógeno de un hidrocarburo aromático por un grupo nitro, la reacción se inicia con el ión nitronio (+NO₂) que actúa como reactivo electrófilo uniéndose a la zona de máxima densidad electrónica del anillo aromático, éste se estabiliza desprendiendo un protón Figura 1.

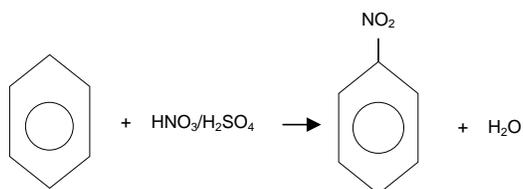


Figura 1 Reacción de síntesis del nitrobeneno

En la formación del nitrobeneno se forman dos fases [11,13,14], en la fase superior de color amarillenta se encuentra el nitrobeneno y en la fase inferior está la mezcla de ácidos, Figura 2 adicionalmente de la reacción se desprende un olor a almendras característico del nitrobeneno. En la destilación simple la fracción que pasa entre 210 - 212 °C se considera nitrobeneno puro.



Figura 2 Separación de dos fases miscibles en la formación del nitrobeneno

En la Figura 3(A), se observa el cromatograma correspondiente al benceno, efectuado a 60°C de temperatura; el primer pico determinado a 2.3 minutos, representa el solvente utilizado, metanol y el siguiente pico de 7.2 min es benceno puro utilizado como agente de partida para la síntesis orgánica de los subsecuentes compuestos. En la Figura 3(B), a 6.4 minutos se observa el pico del nitrobeneno sintetizado a partir de benceno a 180°C, en ambos casos a 2.3 minutos se presenta el pico del solvente.

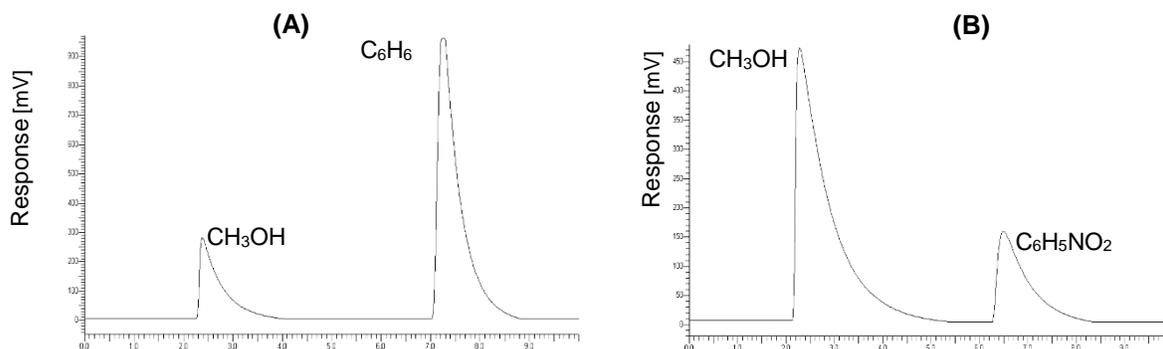


Figura 3 (A) Cromatograma del benceno, (B) Cromatograma de nitrobeneno

Time [min]							Time [min]						
Peak #	Time [min]	Area [$\mu\text{V}\cdot\text{s}$]	Height [μV]	Area [%]	Norm. Area [%]	BL Area/Height [s]	Peak #	Time [min]	Area [$\mu\text{V}\cdot\text{s}$]	Height [μV]	Area [%]	Norm. Area [%]	BL Area/Height [s]
-	0,001	0,00	0,00	0,00	0,00	-----	-	0,001	0,00	0,00	0,00	0,00	-----
1	0,972	74139,87	10090,55	0,20	0,20	BV 7,3475	1	0,133	617,53	166,43	0,00	0,00	BB 3,7105
2	1,010	51276,07	10256,00	0,14	0,14	VV 4,9996	2	0,252	1490,41	350,93	0,01	0,01	BB 4,2470
3	1,165	110341,72	12306,56	0,29	0,29	VV 8,9661	3	0,391	1787,69	440,77	0,01	0,01	BV 4,0558
4	1,306	89296,73	7272,00	0,24	0,24	VV 12,2795	4	0,680	30583,00	3271,52	0,11	0,11	VB 9,3483
5	1,495	37521,35	6752,56	0,10	0,10	VV 5,5566	5	1,062	34348,07	3572,00	0,12	0,12	BB 9,6159
6	1,591	46968,58	6483,79	0,12	0,12	VV 7,2440	6	1,465	26515,01	2778,73	0,09	0,09	BB 9,5421
7	1,759	101174,54	6400,89	0,27	0,27	VV 15,8063	7	1,853	32523,86	2818,25	0,12	0,12	BV 11,5404
8	2,024	63665,93	4790,57	0,17	0,17	VV 13,2898	8	2,285	21447797,34	467872,98	76,35	76,35	VB 45,8411
9	2,389	7999970,18	279488,47	21,19	21,19	VB 28,6236	9	6,498	6517156,57	154670,62	23,20	23,20	BB 42,1357
10	7,233	29187473,79	995428,13	77,29	77,29	BB 29,3215							
		37761828,77	1,34e+06	100,00	100,00				28092819,49	635942,23	100,00	100,00	

Figura 4 (A) Tiempo del benceno, (B) Tiempo de nitrobenzeno

3.1.2 Anilina

Al mezclar limallas de hierro con nitrobenzeno se ocasiona la reducción del nitrobenzeno y la oxidación del hierro a óxido de hierro, con el ácido clorhídrico como catalizador [16, 19,20]. La anilina presenta un carácter básico debido a la propiedad del nitrógeno para aceptar un protón como consecuencia del par electrón desapareado y libre que posee pero por ser una amina aromática disminuye su basicidad por esto es una base más débil que el amoniaco debido a la deslocalización del par de electrones libres del átomo de nitrógeno respecto al anillo aromático.

La primera etapa del mecanismo es una adición en el curso de la cual el compuesto electrófilo reacciona con un par de electrones del sistema aromático, que en el caso más simple es benceno. Esta etapa necesita generalmente ser catalizada con un ácido de Lewis. Esta adición conduce a la formación de un carbocatión ciclohexadienilo, (o ion arenio o intermedio de Wheland). Este carbocatión es inestable, debido a la presencia de la carga sobre la molécula y a la pérdida de la aromaticidad. Esto es en parte compensado por la deslocalización de la carga positiva por resonancia[18,29].

En el transcurso de la segunda etapa la base conjugada del ácido de Lewis, (o un anión presente en el medio de reacción), arranca el protón (H^+) del carbono que había sufrido el ataque del electrófilo, y los electrones que compartía el átomo de hidrógeno vuelven al sistema π recuperándose la aromaticidad [35,40], ver figura 4

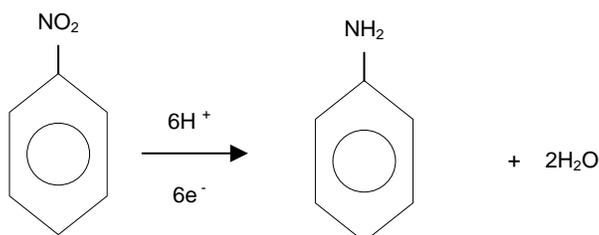


Figura 5 Reacción de síntesis de anilina

3.1.3 Aurina

La reacción que se produce entre el cloroformo y el fenol en presencia de hidróxido de potasio forma un compuesto denominado aurina Figura 5. Es de color amarillo oscuro se disuelve en álcali y produce una coloración rojiza. Muy utilizado como indicador por sus propiedades de viraje [31,33].

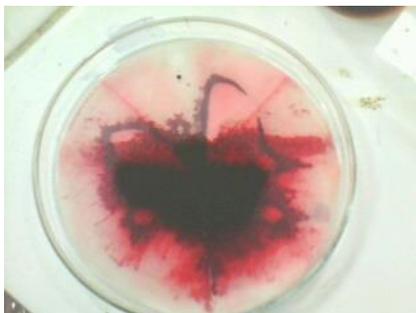


Figura 6 Aurina de color rojizo

3.2 Síntesis orgánica para obtener solventes

3.2.1 Fenol

Los fenoles son sustratos muy reactivos a la sustitución aromática electrofílica, puesto que los electrones no enlazantes del grupo hidroxilo estabilizan al complejo sigma que se forma por ataque en la posición orto o para. Por lo tanto, se dice que el grupo hidroxilo es activante y director orto-para. Los fenoles son sustratos excelentes para la halogenación, nitración, sulfonación. Alquilación o acilación con catalizadores de Friedel-Crafts. Adicionalmente los fenoles sufren reacciones de sustitución electrofílica que están limitadas sólo a los compuestos aromáticos más activos, incluyendo la nitración y la copulación con sales de diazonio y requieren condiciones mucho más suaves que para el benceno y la reacción suceda mucho más rápido [27,36].

La nitrosación de la anilina corresponde a una adición electrofílica del catión nitrosonio (azilidinoxonio) sobre el nitrógeno que tiene un par libre. Las reacciones de complexación son propias del grupo hidroxilo fenólico que actúan como un ligante monodentado.

El fenol forma agujas incoloras de olor característico, al aire adquieren un color rojizo y es moderadamente soluble en agua y muy soluble en alcohol o éter [28,32]. El fenol tiene carácter ácido $pK_a=10$ y da una reacción coloreada característica con cloruro de hierro (III) en disolución acuosa en la que se forma un complejo interno de hierro de color violeta de constitución desconocida, figura 6.

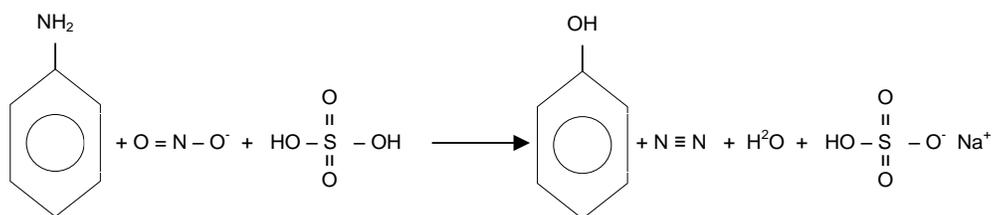


Figura 7 Reacción de síntesis del fenol

Se presenta un cromatograma Figura 7, obtenido en un cromatógrafo de gases, en el cual se compara el fenol sintetizado con un patrón

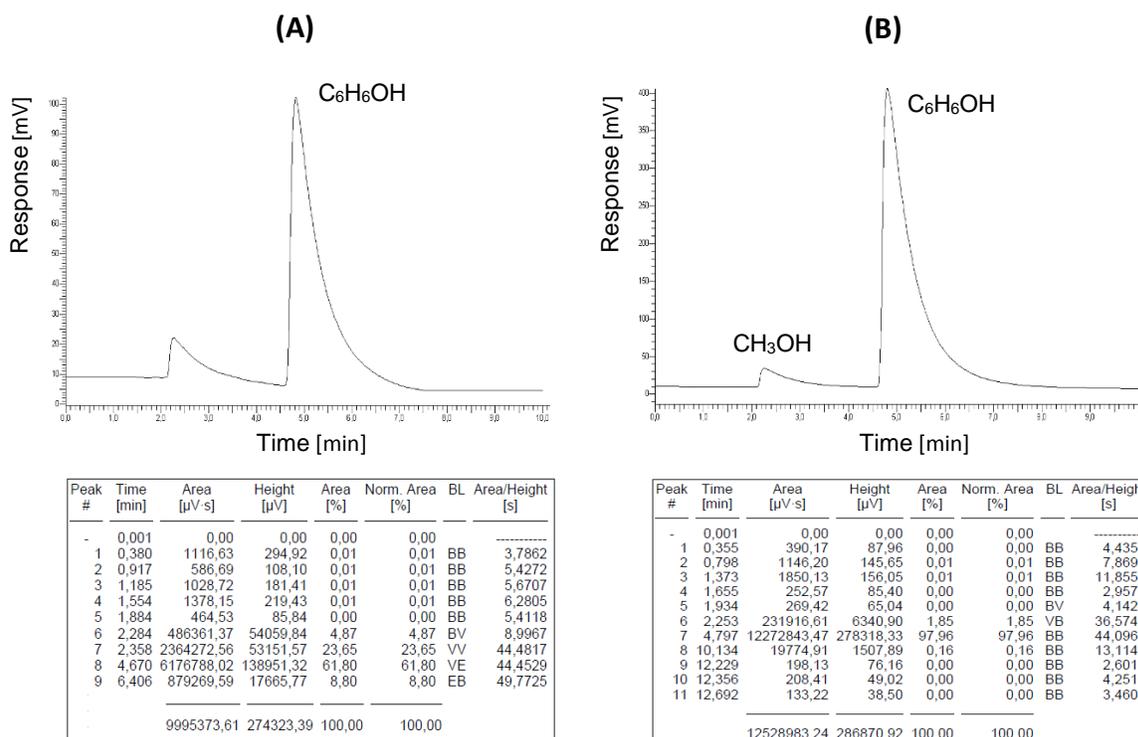


Figura 8 (A) Cromatograma de fenol puro y (B) fenol sintetizado a 180°C

3.2.2 Glicol

El etileno decolora una solución violeta de permanganato de potasio alcalinizada con carbonato de sodio formando un precipitado de color café correspondiente al óxido de manganeso, en esta reacción el permanganato de potasio cede el oxígeno necesario para la oxidación de la unión doble del etileno mediante una reacción de sustitución [30,34], el óxido de potasio formado con el agua se transforma en hidróxido de potasio y el oxígeno oxida al etileno formando glicol, figura 8.

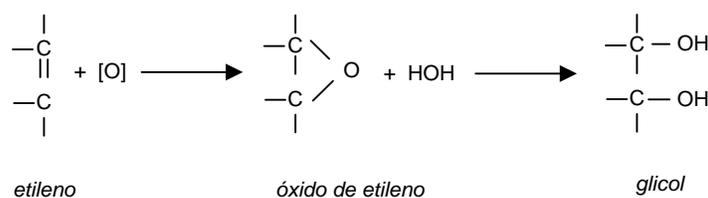


Figura 9 Síntesis del glicol partiendo del etileno

En la Figura 9, se observa el pico correspondiente a glicol a 4.7 min y el solvente, metanol a 2.2 min obtenido en el cromatógrafo de gases.

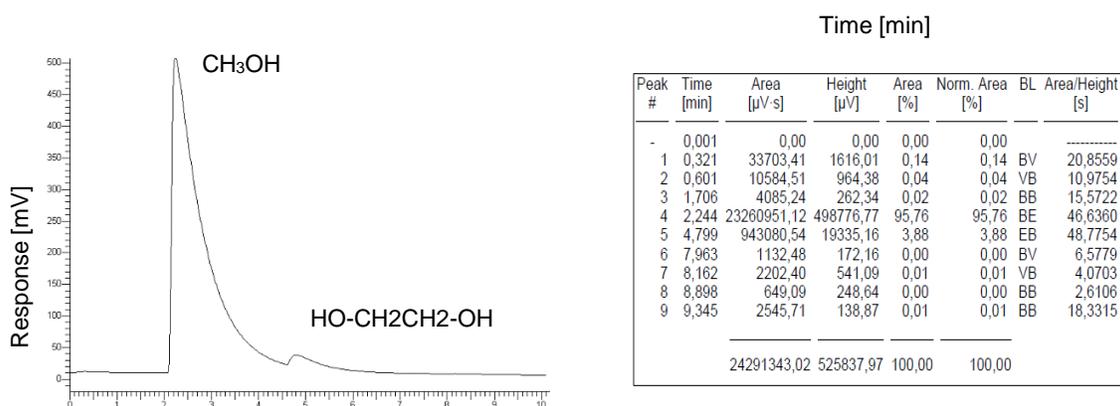


Figura 10 Cromatograma del glicol a 180°C

3.3 Síntesis orgánica para obtener surfactantes

3.3.1 Surfactante

Las sustancias que tienen una fuerte tendencia a migrar hacia la interfase, se denominan surfactantes o tenso activos. La reacción de síntesis química que permite obtener este tipo de productos es la sulfonación, proceso que se efectúa sobre un anillo aromático mediante una sustitución electrofílica para obtener un ácido arilsulfónico y con neutralización del ácido se obtiene la sustancia anfífila [37-39].

En la práctica la reacción de sulfonación ocurren entre el alcohol cetílico y el fenol, donde se forma el hexadecilbenceno, en presencia del ácido sulfúrico y sulfito se forma el ácido hexadecilbencensulfónico en la posición para [38]; para neutralizar la reacción se añade hidróxido de sodio y se forma la sal sódica, hexadecilbencensulfonato de sodio, y se libera agua. Figura 10.

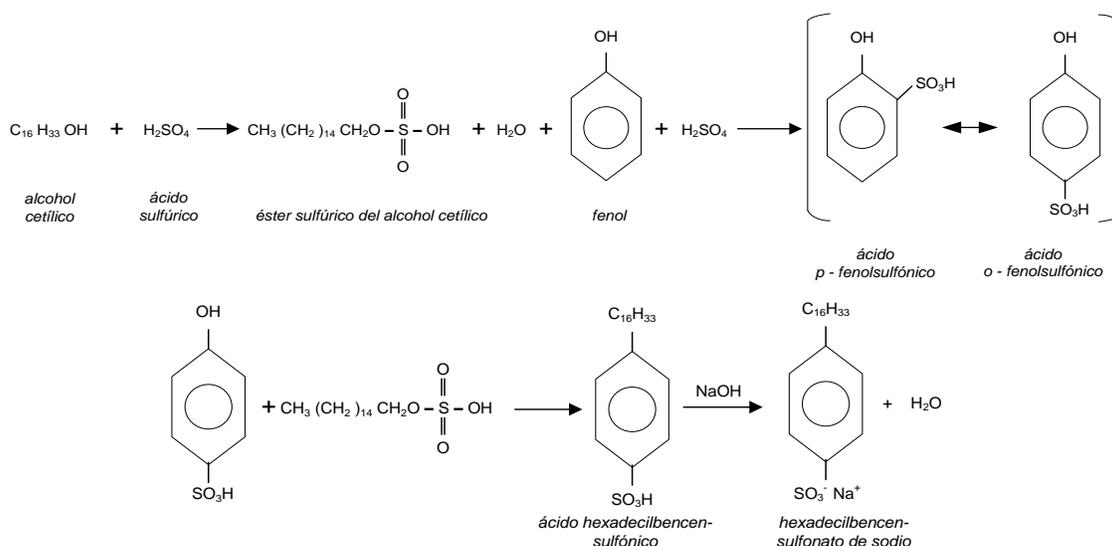


Figura 11 Reacción de síntesis del surfactante, hexadecilbencensulfonato de sodio

4. CONCLUSIONES:

- El benceno y el etileno por sus estructuras y propiedades características, han sido el punto de partida para sintetizar diferentes compuestos útiles en las cadenas productivas de colorantes, solventes y surfactantes.
- La mezcla nitrosulfónica, comprende la conjugación de dos ácidos altamente fuertes, ácido sulfúrico y nítrico, que se combinan dando como resultado la nitración, proceso en el cual se sustituye el hidrógeno de un hidrocarburo aromático por un grupo nitro, mediante esta metodología se logró obtener nitrobenzoceno.
- Al mezclar limallas de hierro con nitrobenzoceno se ocasiona la reducción del nitrobenzoceno y la oxidación del hierro a óxido de hierro, con el ácido clorhídrico como catalizador, y se obtuvo anilina la cual presenta un carácter básico debido a la propiedad del nitrógeno para aceptar un protón como consecuencia del par electrón desapareado y libre que posee; pero por ser una amina aromática disminuye su basicidad por esto es una base más débil que el amoniaco debido a la deslocalización del par de electrones libres del átomo de nitrógeno respecto al anillo aromático.
- La reacción que se produce entre el cloroformo y el fenol en presencia de hidróxido de potasio forma un compuesto denominado aurina, presenta un color amarillo oscuro y cuando se disuelve en álcali, cambia su coloración a rojizo; por esta razón la aurina es muy utilizada como indicador por sus propiedades de viraje.
- Mediante una reacción de diazotación, se obtuvo fenol, en este proceso la temperatura juega un papel muy importante debido a que las sales de diazonio preparadas mediante la reacción de síntesis de anilina con nitrito de sodio en presencia de ácido clorhídrico son muy inestables a temperaturas por encima de $5^\circ C$, de acuerdo a estas condiciones se obtuvo fenol en cristales y líquido.
- El etileno decolora una solución violeta de permanganato de potasio alcalinizada con carbonato de sodio formando un precipitado de color café, que es óxido de manganeso, en la reacción de síntesis el permanganato de potasio cede el oxígeno necesario para la oxidación de la unión doble del etileno, el óxido de potasio formado con el agua se transforma en hidróxido de potasio y el oxígeno oxida al etileno formando glicol.

- Por acción del ácido sulfúrico sobre el alcohol cetílico y adicionando fenol se realizó la reacción de sulfonación y se obtuvo un surfactante con propiedades características tenso activas.

5. RECOMENDACIONES

Seguir investigando sobre la producción de materias primas a partir de hidrocarburos derivados del petróleo, para elaborar colorantes, solventes y surfactantes; útiles en las diversas líneas de producción industrial.

6. AGRADECIMIENTO

A las autoridades de la Universidad de la Fuerzas Armadas por haber aprobado y financiado el proyecto: A partir de hidrocarburos del petróleo con enlaces dobles obtención de surfactantes, colorantes y solventes.

7. REFERENCIAS

1. Aguilar, J. (1982). Principios de los Procesos Químicos. Termodinámica. Universidad de Madrid. Editorial Reverté. Tomo II. 21-36. Madrid – España.
2. AITEX, (2002). Colorantes Azoicos. Laboratorio Químico. Disponible en: <http://www.textil.org/extranet/inf/Revista8/colorantes.pdf>
3. Allinger, J. & Jonson, S. (1984). Grupos Funcionales con Heteroátomos. Segunda Edición. Editorial Reverté. 215-219. Barcelona – España.
4. Angelici, R. (1979). Técnica y Síntesis en Química Inorgánica. Experimento 19: Síntesis de colorantes. Editorial Reverté. Vol.1. 421-430. Barcelona - España.
5. Beyer, H. & Wolfgang W. (1987). Lehrbuch der organischen Chemie 19 Auflage. Editorial Reverté. **12(1)**, 16-22. Barcelona – España.
6. Billmeyer, F. (1975). Ciencia de los Polímeros. Análisis y Ensayos de Polímeros. Editorial Reverté. Capítulo 4. 362-375. Barcelona –España.
7. Castells, X. (2000). Reciclaje de Residuos Industriales. Tecnologías Aplicables para el Tratamiento de Residuos su Valorización. Tomo I. 65-87. Madrid- España.
8. Contento, A. (1997). Nuevos Métodos Fotométricos para la Determinación de Colorantes Rojos en Alimentos. Universidad de Castilla. Tomo II. 258-269. La Mancha – España.
9. Club del químico. <http://es.scribd.com/doc/5760998/ALCOHOLES-Y-FENOLES>
10. Devore, G. (1970). Química Orgánica. Publicaciones Culturales. Tomo I. 23-46 México DF.
11. Díaz, E., Alfaro, J., Garza, H. (2001). Método Analítico para hidrocarburos Aromáticos Policíclicos en Agua Potable. Revista CIENCIA UANL. Volumen IV. 12-18. México
12. Escárcega, S., González, J., Martínez, S., Neria, M., Ramírez, A., Santos, M., Suárez, R. (1997). Obtención de Fenol. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa **15(4)**, 33-58. México.
13. Fernández, P., Costa, P., González, D., Jaya, C., Herrero, V., Mauri, A., Veas, P. (2007). Planta de Producción de Anilina. Universidad Autónoma de Barcelona. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Tomo 1. 125-142. España
14. Fessender, R. & Fessender, J. (1983). Química Orgánica. Editorial Iberoamericana. II Edición. 102-136. México DF.
15. Fieser, L. (1985). Química Orgánica Fundamental. Síntesis con Sales de Diazonio. Capítulo 6 Hidrocarburos aromáticos. Editorial Reverté. Tomo I. 269-284. Barcelona – España.

16. García, H., Climent, M.J., Iborra, S, 2005. Bases de la Química Orgánica. Editorial Universidad Politécnica de Vaa. Tema 6. Aromáticos.Vol.II 7-71. Valencia- España.
17. Geymonat, L. (1971). El pensamiento Científico. Editorial Universitaria de Buenos Aires – Argentina. I Edición. 15-36.Argentina
18. Geisman, T. (1974). Principios de Química Orgánica. Editorial Reverté. Universidad de Salamanca. Tercera Edición.112-129 Barcelona – España.
19. Gudsche, D. & Pasto, D. (1979). Fundamentos de Química Orgánica. Capítulo 9. Síntesis de compuestos Orgánicos Volátiles.Tomo II. Editorial Reverté. 89-105 España.
20. Hernández, G., Rodríguez, A., Téllez, L. (1998). Manual de Prácticas del Laboratorio de Química Orgánica II. Departamento de Ciencias Químico Biológicas y Agropecuarias. 56-68. España
21. Industria Petroquímica, disponible en: <http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador-correa-pide-a-iran-reactivar-industria-petroquimica-de-ecuador-32234.html>
22. Julca, L. (2002). Nitración. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional de Trujillo. 36-45. Perú
23. Julia, L. (2004). Tema: Fenoles. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional de Trujillo. 56-72.Perú.
24. Klages, F. (1968). Tratado de Química Orgánica. Tomo III. Editorial Reverte. 365-389.Zaragoza – España.
25. López, J. (1999). Industria Petroquímica de los Aromáticos en el Siglo XXI. Jefe de Coordinación Petroquímica. Cepsa.89-95. Ecuador.
26. Mayer, L. (1987). Métodos de la Industria Química Orgánica. Editorial Reverté. Tomo II. 26-41.Barcelona – España.
27. Ministerio de Recursos Naturales no Renovables.(2002) Viceministerio de Hidrocarburos. Tomo I. 65-78. Ecuador.
28. Morrinson, R. & Boyd, R. (1990). Química Orgánica. Alquenos II. Reacciones doble enlace Carbono . Quinta Edición. Editorial Pearson. 113-139.México DF.
29. Nudelman, N. (2004). Química Sustentable. Universidad de Nacional del Litoral. Editorial: Unl.edu.ec.347-368. Santa Fé – Argentina.
30. Palomar, P. (2005). Oxidación Catalítica de Benceno a Fenol en Líquidos Iónicos. 3^{ra} Reunión Red Temática Líquidos Iónicos. 468-489.España.
31. Prensa Latina. Agencia Informativa Latinoamericana. 36-54.La Habana – Cuba.
32. Primo, E. (1996). Química Orgánica Básica. Editorial Reverté. Tomo I. Universidad Politécnica de Valencia.314-125. Barcelona – España.
33. Ramsay, O & Rucker, A. (1984). Kekulé dreams. Chemistry in Britain.**54(20)**:1093-1094.USA
34. Restrepo, F., Cervera, J., Hoyos, B. (2005). Síntesis de Poli – Anilina por Oxidación Electroquímica. DYNA. Universidad Nacional de Colombia. 12 – 73. Medellín – Colombia.
35. Rius, C. (2007). Estructura y síntesis de Alcoholes. Departamento de Química Orgánica. UNAM. II Edición 63-85.México.
36. Salanger, J. & Fernández, A. (2004). Surfactantes. Plan Piloto en Especialidades Químicas. Escuela de Ingeniería Química. Universidad de los Andes.114-126. Mérida – Venezuela.
37. Suarez, R; Ríos, L & Restrepo, G. (2007). Nueva Ruta de Síntesis de glicoles a partir de aceites vegetales insaturados empleando catalizadores ácidos heterogéneos. Universidad de Antioquia. Vol 14, Núm 2, 101-108. Medellín – Colombia.
38. Tomás, J. & Gaspar, L. (1995). Competitividad, Medio Ambiente. Tomo II.89-114. Universidad de Valencia. España.
39. Vollrath, H. (1994). Fundamentos de Tecnología Química. Editorial Reverté.268-274 Barcelona- España.
40. Weissmermel, K., 1981. Química Orgánica Industrial. Editorial Reverte. Tomo I. 87-94 Barcelona- España.