

PROCESOS FOTOQUIMICOS EN DIAZOTIPIA

Por ANTONIO ESPINÓS GUERRERO

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Presenta el autor un curioso y documentado estudio teórico sobre estos procesos, que permite la obtención de papeles para reproducir planos con las características óptimas para el trabajo que se desee realizar en cada caso.

En todas las épocas el hombre ha sentido la inquietud por reproducir las imágenes captadas por su retina. Entre esos tipos de reproducción se encuentran los de planos y dibujos industriales, problema que han pretendido resolver desde hace mucho tiempo todos los especialistas a los que se les ha presentado; sin embargo, la resolución práctica del problema planteado, se ha presentado con los descubrimientos científicos de las materias sensibles a la luz.

La utilización práctica de los rayos actínicos de la luz como catalizadores de verdaderos procesos químicos, se produjo como consecuencia de la comprobación del proceso bioquímico de la función clorofílica, que comenzó a estudiarse en sus diversos aspectos para mejor aprovechamiento de las condiciones debidas del hombre.

La fotosíntesis química en la actualidad tiene tal importancia, que hay productos químicos que sólo pueden ser sintetizados con ayuda de la luz como catalizador, trabajando en las zonas del violeta y ultravioleta, que es donde los rayos son verdaderamente actínicos.

Aunque en este trabajo no me voy a ocupar directamente de estos fenómenos de fotosíntesis, no por ello voy a dejar de señalarlos, ya que se encuentran cerca de los procesos de diazotipia, conocidos vulgarmente con el nombre de papeles heliográficos o de reproducir planos y muy comúnmente con la acepción de ferroprusiato.

La puesta en uso de estos papeles no se sabe con certeza cuándo fué; se citan hace más de un siglo y se conserva, bastante mal, alguna copia de los planos del canal de Suez. El primitivo procedimiento de sensibilización de papeles fué el conocido ferroprusiato. Para ello, sobre la lámina de papel en que se va a hacer la copia, se pone una solución de citrato férrico amónico o de oxalato y de ferrocianuro potásico. Una vez expuesto a la luz del sol o de otra luz suficientemente activa debajo del dibujo original, que actúa como negativo fotográfico, se somete a un lavado con agua, para eliminar la capa sensible, que por ser tapada por el trazo opaco del dibujo no ha sido afectada por la luz, oxidando el resto y convirtiéndolo en ferrocianuro del color azul prusia.

Los trazos del dibujo eliminados en la copia por el agua, producen el color blanco del papel primitivo,

sobre el fondo azul prusia sobre el que ha actuado la luz.

Este procedimiento clásico ha sufrido muchas modificaciones, bien retardando la oxidación del ferrocianuro, ya cambiando la parte activa que ha de oxidarse, introduciendo para ello complejos metálicos e incluso modificando el núcleo molecular, para hacerle susceptible de admitir más cargas positivas, o a reducirlo hasta emplearlo en estado metálico total, como sucede en las sales de plata.

Un progreso considerable en la producción de copias de planos, ha venido marcado por el empleo de tintes obtenidos por los diazoicos. Las sales de diazonio forman una parte de la química más compleja y posiblemente de las más estudiadas, a las que la gran industria concede la mayor importancia, porque de ellas se obtienen las principales materias colorantes, y de donde salen los productos que se emplean para sensibilizar los papeles para copiar planos, que por esta razón se llaman de "diazotipia" por ser los azoicos la parte fundamentalmente activa.

El sensibilizado de los papeles se hace extendiendo sobre ellos una capa de emulsión debidamente preparada, que queda químicamente tamponada, es decir, amortiguada, para que los rayos actínicos de la luz sean los que realicen el desarrollo de esos diazos, que posteriormente precipitan su color, por un revelado, bien por vía húmeda con líquido preparado o por vía seca con vapor de amoníaco.

La emulsión tiene generalmente un color amarillento claro, antes de ser expuesta a la luz y una vez que han actuado los rayos actínicos de ésta, desaparece ese color, quedando únicamente en los lugares que han sido cubiertos por los trazos del dibujo que se pretende copiar.

La duración de la exposición necesaria para esta decoloración o transformación, depende de la sensibilidad a la luz del diazoico, y de la concentración en la superficie. La intensidad de la luz descompone el diazoico en las regiones transparentes del calco, viéndose de esta manera una copia positiva de trazos amarillos sobre fondo blanco.

La obtención de la copia se puede efectuar, bien en prensa a la luz del sol — por lo que estos papeles tiradoras automáticas, donde calco y papel sensible toman el nombre de heliográficos — o en las actuales

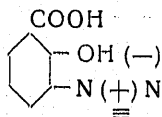
son pasados a velocidad reglada uniforme, delante de una o varias lámparas de arco voltaico o de vapor de mercurio, que aseguran una luz actínica uniforme.

La copia así obtenida no puede ser utilizada, puesto que los trazos se ven mal, y con el inconveniente todavía mayor de que serían atacados por la luz, llegando a desaparecer, por lo que es necesario proceder a una fijación y revelado por cualquiera de los dos procedimientos indicados anteriormente, con un proceso de descomposición del diazoico, copulación inmediata con el revelador y, finalmente, transformación en una materia colorante, de color definido y estable a la luz sobre un fondo blanco.

El color obtenido en el trazo, varía de acuerdo con el diazoico y copulante empleado, debiendo la copia satisfacer las condiciones de fondo blanco lo más perfecto posible, trazos netos y precisos de líneas definidas y estabilidad para su manejo a la luz.

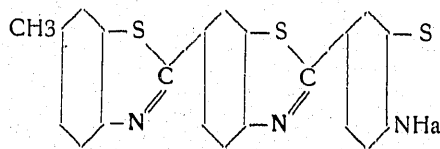
Una vez conocido por las explicaciones dadas cómo se opera en diazotipia, voy a exponer las deducciones sacadas en varios años de experiencia en la fabricación de papeles para reproducir planos, que pudiesen posiblemente explicar los fenómenos fotoquímicos que se producen en la diazotipia.

Se considera como principio fundamental el procedimiento de Wesx que, en el año de 1885, empleando como cuerpo sensible a la luz el diazo del ácido salicílico

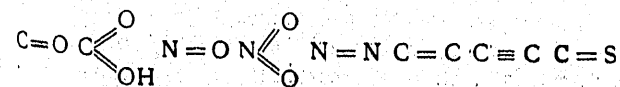


obtuvo copias negativas en color rojo carmín.

Basado en este principio, Green, en 1890, obtuvo la primera patente del procedimiento de obtención de copias positivas, al emplear como producto fotosensible el cuerpo obtenido por diazotación de la primulina, creando así el principio de la diazotipia positiva, que es el que hoy se emplea en la reproducción de planos:



Es un postulado basado en la experiencia, que la absorción selectiva de la luz por una sustancia determinada, va siempre unida a un estado no saturado de su molécula, dando como consecuencia que todas aquellas sustancias en cuyas moléculas existen enlaces múltiples de los tipos



presenten la capacidad de absorber rayos de luz de determinada longitud de onda; al lado de ellas, hay otros cuerpos cuya absorción selectiva de la luz, se puede atribuir a una inestabilidad, producida por un estado de la solución de la totalidad de los átomos unidos o simplemente de un átomo determinado, que ha sufrido una deformación en la envoltura electrónica. Muchas de estas sustancias aparecen a simple vista como incoloras, por absorber solamente radiaciones de longitud de onda correspondientes a las regiones ultravioletas e infrarrojas del espectro, presentándose coloreadas con valor apreciable cuando las combinaciones correspondientes absorben las radiaciones en longitudes de onda de la zona visible.

Los grupos llamados cromóforos son los grupos atómicos que materializan esa absorción, haciendo, por tanto, que aparezca el color, presentándose en la mayoría de los casos como sistemas no saturados correspondientes al grupo $-\text{N}=\text{N}-$ de los colorantes azoicos. El color es en cierto modo una propiedad constitucional, ya que se da el caso de que una combinación de elementos de la misma composición, pero con otra estructura o configuración, produce color distinto.

Entre el color y la constitución química de las materias orgánicas, se ha querido encontrar una armonía, pero el éxito ha sido muy escaso, ya que únicamente dentro de un pequeño grupo de combinaciones que están entre sí muy próximas, se pueden reconocer regularidades de mayor o menor extensión y valor.

El color de un cuerpo puede ser variado por sustituciones químicas, bien empleando sustitutivos batocromos para intensificar el color, o bien moviéndonos hacia las longitudes de onda más corta, haciéndolo en caso contrario con hipsocromos que debilitan el color. Es el caso, por ejemplo, de una variación del amarillo hacia el verde y violeta por el empleo de un batocromo, que al emplear un hipsocromo volvemos por el camino recorrido pasando del violeta al verde y, finalmente, al amarillo.

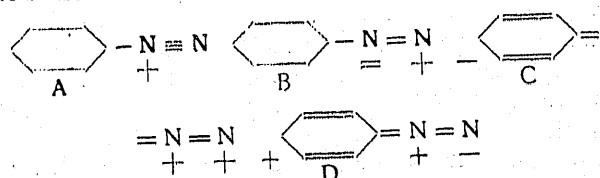
Para reforzar el color de una combinación obtenida, se emplean los grupos auxocromos que forman sales (NH_2 ; OH ; SO_3H ; COOH ; ...). Por su presencia, convierten los cuerpos coloreados en colorantes, es decir, comunicándoles la propiedad de teñir. Sobre el tono del colorante los grupos auxocromos actúan en sentido batocromico.

El proceso en que se desarrolla el teñido parece confirmar la teoría de Wih, según la cual el colorante forma con la fibra una disolución que se reparte según la ley de Henry, entre ella y el agua, como entre dos líquidos no miscibles.

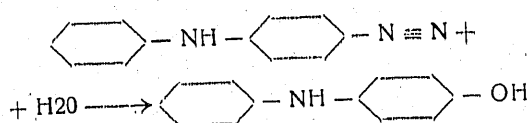
En la diazotipia, el fenómeno de absorción no se verifica sobre fibra, sino que se deja que el efecto de la copulación lo realice la luz, previa su preparación delicada y adecuada para la subsiguiente fijación.

La fotólisis de los diazoicos es una de las reacciones fotoquímicas más importantes de la química

orgánica; para el estudio de su proceso es necesario el recurrir a la teoría electrónica, según la cual los diazoicos pueden existir bajo cuatro estados límites de mesomería:



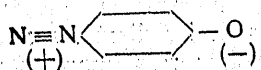
La disposición de los electrones en la configuración A es tal que el nitrógeno $\text{N} = \text{N}$ se separa fácilmente, completando la deficiencia en electrones de núcleo, por una compensación del ión hidróxilo del agua para formar un fenol. Es el caso de la muy empleada 4 diazodifenilamina, que se transforma en 4 oxidifenilamina:



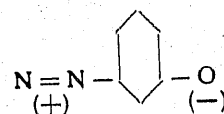
En diazotipia son muy empleados los derivados diazoicos de los O-aminofenoles y O-aminonaftoles. Estudiando su descomposición se ha comprobado que si se les somete a una irradiación moderada, una capa espesa de esas substancias, la fotólisis del diazoico se realiza siguiendo un proceso diferente de aquél. El núcleo aromático de 6 átomos de carbono se transforma en ácido ciclopentodienocarbónico, que copula con el exceso del diazoico dando una materia colorante. Desde el punto de vista práctico, la sensibilidad de los compuestos diazoicos a la luz está influenciada por varios factores.

El primero es la intervención del pH sobre la fotosensibilidad, siendo un hecho comprobado que aumenta la sensibilidad con la acidez y disminuye en los medios alcalinos. El diazo es tanto más sensible cuanto mayor sea el número de sustituyentes en el núcleo, teniendo gran influencia la posición de estos sustituyentes. La posición orto respecto al grupo diazoico es la más eficaz para los sustituyentes cloro y metilo.

La formación de anhídrido aumenta también la sensibilidad, obteniéndose por la pérdida de agua durante la diazotación de aminos aromáticos que llevan los grupos hidróxilo, sulfónico o carboxílico; los orto y paraanhídridos son particularmente estables y sensibles, explicándose por su misma constitución. Es el caso de los compuestos P-oxidiazoicos, en que su fórmula general contiene un hidroxilo ácido y un grupo diazoico básico, ambos fuertemente polarizados. Sucede lo mismo con los O de los oxidiazoicos

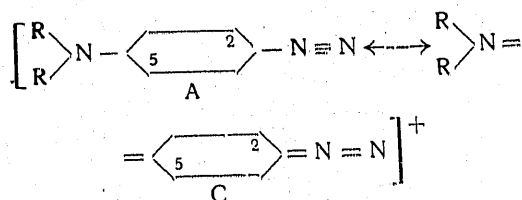


y, por el contrario, con los *m*-aminofenoles no se obtienen oxidiazoicos estables por el hecho de la polarización del grupo oxidrónico, en el que el polo positivo es transferido sobre el segundo átomo del N del grupo diazo:



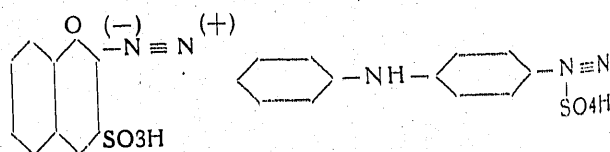
Los ácidos orto-aminonaftalsulfónicos, como los O-aminofenoles, dan por diazotación oxidiazoicos muy estables y, por ello, son muy empleados en diazotipia debido a la condición apuntada, y a su gran sensibilidad, que queda aumentada si los sustituyentes negativos están en posición orto o para, que al mismo tiempo aseguran una buena estabilidad.

En la práctica se ha reconocido como particularmente ventajosos, los diazoicos que tienen en la posición para, respecto del grupo diazo, un grupo amino sustituido, cuya constitución puede ser figurada, como sigue por las fórmulas mesoméricas extremas:



En estos compuestos, las sustituciones en 2 y 5, sobre todo si son simultáneas, favorecen la formación de la estructura C, fuertemente polarizada, muy sensible y enérgicamente copulante.

El rendimiento de la fotólisis de los diazoicos, se mide por el volumen de nitrógeno desprendido; una comprobación de ello se ha hecho sobre el ácido 2-diazo-1-naftol-4-sulfónico y el sulfato de P diazodifenilamino:



El valor del rendimiento cuántico está comprendido entre 0,35 y 0,50, siendo este valor independiente de la concentración del diazoico, de la duración de la fotólisis (entre 0,4 y 0,5), de la longitud de onda de la radiación empleada (entre 436 y 365 μ) y de la temperatura (entre 2° y 40° C.). Es sorprendente que el rendimiento cuántico sea inferior a 1, ya que en general debe ser por lo menos igual a 1, por el hecho de ser reacciones en cadena.

La explicación de ello, la vamos a ver seguidamente, al comparar los rendimientos cuánticos de la

fotólisis de algunos sistemas fotoquímicos de gran importancia técnica, como son el cloruro y bromuro de plata en presencia de gelatina, sulfato de la *p*-diazodifenilamina y gelatina bicromatada.

Mientras que un quantum de luz descompone una molécula de halogenuro de plata, en los otros dos sistemas no se puede establecer que dos quantum descompongan una molécula de diazoico o reduzcan un ion cromato CrO_4 a un ion cromilo CrO .

Sistema fotosensible	Proceso fotoquímico	Rendimiento cuántico
$\text{Cl Ag} + \text{gelatina}$	$\begin{array}{l} \text{Cl} + \text{fr} = \text{Cl} + \text{e} \\ \text{e} + \text{Ag} = \text{Ag} \end{array}$ $\text{Cl Ag} + \text{fr} = \text{Cl} + \text{Ag}$	$\varphi = 1$
$\text{Br Ag} + \text{gelatina}$	$\begin{array}{l} \text{Br} + \text{fr} = \text{Br} + \text{e} \\ \text{e} + \text{Ag} = \text{Ag} \end{array}$ $\text{Br Ag} + \text{fr} = \text{Br} + \text{Ag}$	$\varphi = 1$
Diazoico $\text{C}_6\text{H}_5-\text{NH}-\text{C}_6\text{H}_5-\text{N}=\text{N}+$ $+ \text{H}_2\text{O} + \text{fr} = \text{N}_2 + \text{C}_6\text{H}_5-\text{NH}-\text{C}_6\text{H}_5 + \text{SO}_4\text{H}_2$		$\varphi = \frac{1}{2}$
Gelatina dicromatada $\text{CrO}'_4 + 3\text{H} + \text{fr} =$ $= \text{CrO}' + \frac{3}{2}\text{H}_2\text{O}$		$\varphi = \frac{1}{2}$

En la figura 1.^a la curva (I) indica la sensibilidad espectral del bromuro de plata; la (II) la del cloruro de plata, y la (III) la de una solución acuosa de la *p*-diazofenilamina; la (IV) la de una capa seca de

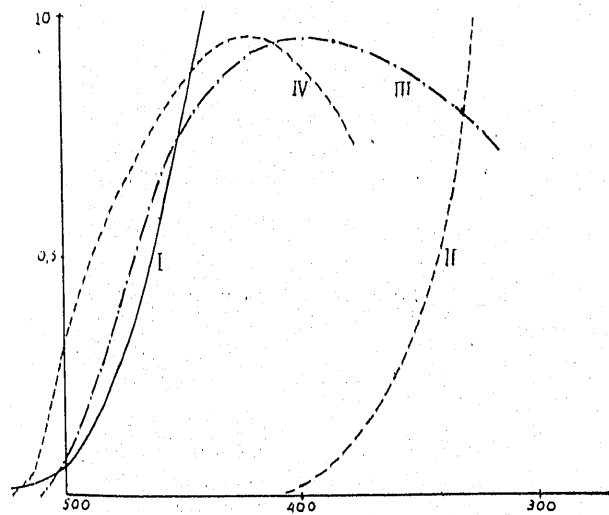


Figura 1.^a

gelatina dicromatada. La máxima sensibilidad está situada siempre en la región de las ondas cortas del espectro visible, y se extiende un poco en la región ultravioleta, lo que explica que los aparatos de copiar utilicen luces ricas en azul y ultravioleta.

Se ha tratado de ensanchar la zona de sensibilidad entre los diversos compuestos diazoicos, siguiendo

el mismo principio empleado en la cromatización de los halógenos de plata, incluyendo sustancias cuya absorción se sitúe en la misma región que la de los diazoicos, pero cuyo poder absorbente no se modifique durante la exposición a la luz, o que absorban fuertemente las radiaciones comprendidas entre 3.000

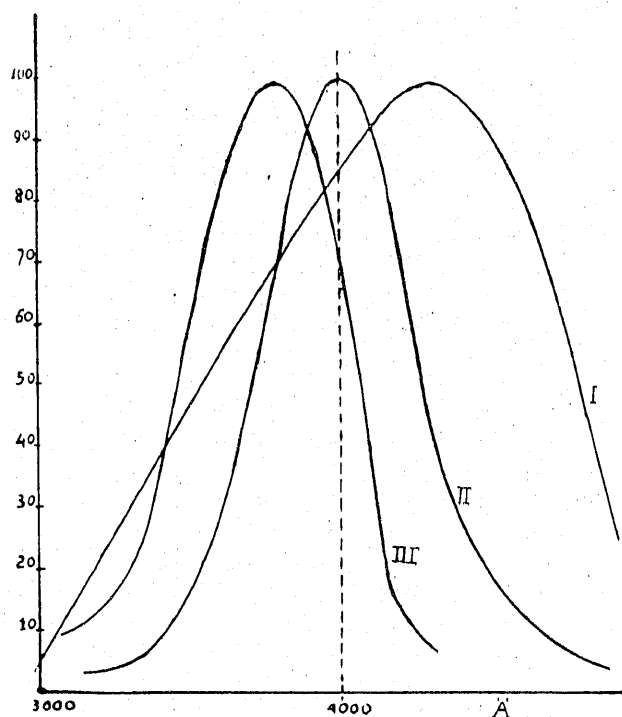


Figura 2.^a

y 4.000 Å. Las sustancias que se han empleado normalmente han sido compuestos cuyo núcleo aromático lleva un radical carbonilo tal como la antroquinona, cetona aromática, ácido antroquinodisulfónico, quinoxalina, colorantes de acridina, etc.

Sin embargo, en la práctica no se produce esa sensibilización teórica, ya que se ha visto por la experiencia, que la sensibilidad no se aumenta útilmente más que en el caso de los diazoicos poco sensibles, ya que en el caso de los más sensibles, los resultados son poco útiles, deduciéndose de ello que los diazoicos que tienen que operar una estabilidad conveniente son aquellos cuyo poder absorbente es inferior a longitudes de onda de 4.800 Å, aunque en los procedimientos modernos, con el empleo de diazoicos, se pueda fijar este límite en 4.500 Å.

Los diazoicos respecto a su calidad para el empleo en los manipulados de papeles para planos, se consideran en relación con su sensibilidad espectral, que coincide con su absorción, aunque esta sensibilidad algunas veces queda desplazada de 150 a 200 Å en la dirección de las longitudes de onda crecientes, con relación a la máxima absorción de la solución.

En la figura 2.^a la curva (I) indica la sensibilidad

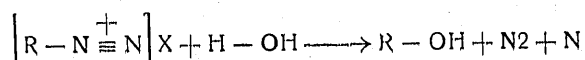
espectral de un papel diazo rápido; la (II) la de un papel diazo de contraste, y la (III) la absorción de la solución del diazoico.

Al tener en cuenta lo que el papel absorbe en la región ultravioleta, se ve que la sensibilidad espectral coincide con la absorción de los papeles diazo vírgenes (III).

Por ello, para la copia sobre papeles diazo, se emplean lámparas de fuerte emisión de radiaciones visibles de corta longitud de onda en la región ultravioleta, que en general son lámparas de arco o de vapor de mercurio.

No obstante lo señalado, también se pueden preparar composiciones diazoicas para papeles cuya sensibilidad corresponda a las lámparas de incandescencia, incluso para trabajar en la región del amarillo o naranja y aun más allá, con diazos incoloros que no absorban más que radiaciones cuya longitud de onda sea inferior a 3.600 Å, pero entonces se presentan los inconvenientes de la estabilidad, uno de los factores más dignos de tener en cuenta en la práctica.

Los compuestos diazoicos no sólo se descomponen por la luz de corta longitud de onda, sino también, aunque con un proceso lento, cuando están en disolución, o en estado sólido bajo la influencia de la humedad. La ecuación general que regula esta descomposición es la que sigue:



El proceso de la descomposición está representado por la ecuación

$$K = \frac{1}{t} \log \frac{a}{a - \varphi} \quad \left\{ \begin{array}{l} K = \text{constante.} \\ a = \text{cantidad inicial de diazo.} \\ \varphi = \text{cantidad descompuesta en el instante } t. \end{array} \right.$$

De las investigaciones efectuadas para determinar la influencia de las diversas sustituciones sobre la estabilidad de los compuestos diazo, se ha llegado a la conclusión de que la mayor parte de sus sales sustituidas en posición para son muy estables, mientras que los mismos cuerpos sustituidos en posición meta lo son poco, y que en el caso de efectuar varias sustituciones la influencia de uno de ellos puede ser aumentada por los otros.

La estabilidad es una condición fundamental en diazotipia; tanto es así, que los compuestos diazoicos que intervienen en un proceso, se les puede clasificar como sigue, de acuerdo con la forma de estabilización empleada:

Esta clasificación comprende dos grupos. El grupo que llamaremos *A* formado por compuestos activos, que pueden ser copulados sin necesidad de hacerles sufrir transformación, y el grupo *B* formado por compuestos pasivos que no copulan directamente

si no actúa sobre ellos un excitante adecuado, luz o calor.

Grupo A.—Entre ellos podemos distinguir los que siguen:

a) Diazos simples estables por su propia composición, como el sulfato de la diazofenilamina, muy

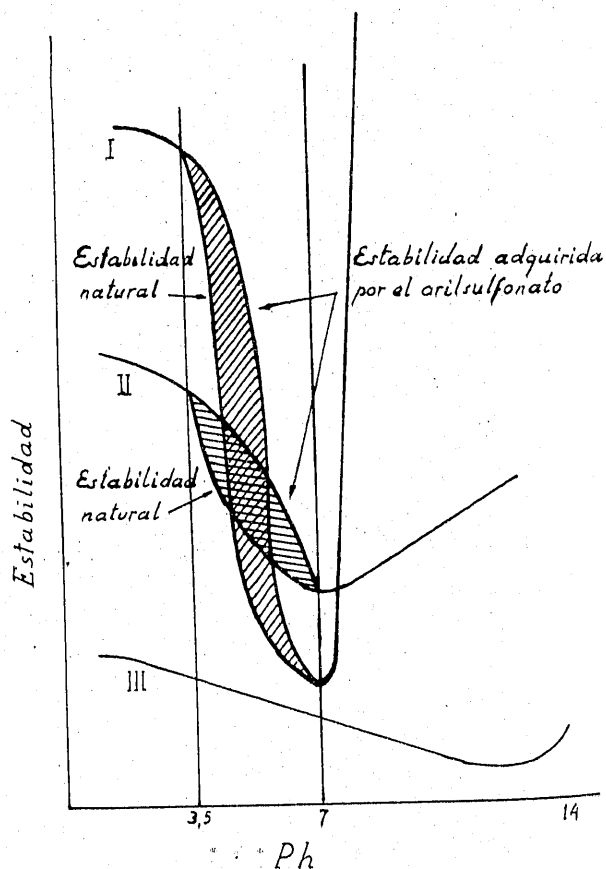


Figura 3.^a

empleado en diazotipia; anhídridos diazoicos poco solubles, que pueden ser conservados después de haber sido secados a vacío, como el diazo anhidro del ácido 1-amino-2-naftol-4-sulfónico.

b) Diazos estabilizados por ácidos o sus sales ácidas; generalmente esta estabilización se hace por los ácidos cítrico, tartárico, bórico, etc.

La figura 3.^a muestra la variación de la estabilidad en función del pH, para tres tipos característicos de diazos; la zona rayada indica el aumento de la estabilidad por la adición de sulfatos arílicos.

El tipo (I) representa el diazoico de la *p*-nitroanilina, cuya estabilidad decrece rápidamente, cuando el pH se aproxima al punto de neutralización, para después aumentar bruscamente por la formación de un diazotato marcado por la rama ascendente de curva.

El tipo (II) representa el diazoico de la 5-cloro-orto-toluidina, relativamente estable en medio ácido

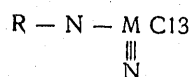
o neutro y cuya estabilidad es poco aumentada por la formación del N-diazotato.

El tipo (III) representa el diazobenceno, cuya estabilidad bastante débil es ligeramente mayor en medio ácido y está apenas influenciada por la adición de arilsulfonatos.

c) Diazos estabilizados al estado de sales complejas o de sales dobles.

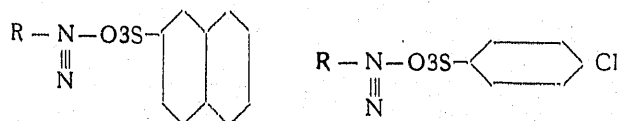
Comprende las sales complejas, cuya constitución recuerda a la de los alumbres descritos en 1894 por Gallois, que se obtienen por evaporación a seco en el vacío, de la solución ácida concentrada de sales de diazo en presencia de sulfato de aluminio anhidro $(\text{SO}_4)_3\text{Al} \cdot \text{SO}_4 \cdot 2.24\text{H}_2\text{O}$.

En diazotipia, se emplean numerosas sales inorgánicas, que forman con los diazos sales dobles insolubles y estables, como son el cloruro de cinc, cloruro de estaño, fluoroboratos, cloruro magnésico, etc., y cuya fórmula general viene representada por



d) Diazos estabilizados por ácidos arilsulfónicos.

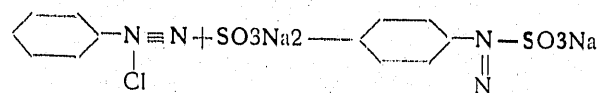
A este efecto se emplean los ácidos mono o polisulfónicos del naftaleno, del benceno o del clorobenceno:



El ácido 1,3,6 naftaleno trisulfónico, es de una importancia decisiva en diazotipia, por ser un polisulfónico del naftaleno que da una de las mejores estabildades.

Grupo B. — Formado por aquellos compuestos que no copulan directamente, si no es por la intervención de un factor adecuado, luz o calor.

Este grupo comprende los diazosulfatos, que pueden formarse por la acción del sulfato de sodio, sobre el diazo en solución neutra o débilmente alcalina:



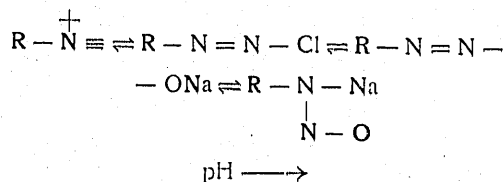
Estos diazosulfonatos estables que no son reactivos, se transforman por la influencia de la luz o del calor, en presencia del oxígeno del aire, en sulfatos de diazos capaces de copular.

Son los que fueron empleados en diazotipia negativa por A. Feer en 1899 y que ahora vuelven a ser utilizados para la fotografía en color.

En diazotipia, como se ha visto, el diazo empleado tiene una influencia decisiva en la obtención del resultado apetecido, teniendo como característica funda-

mental la forma en que se efectúa la copulación, para dar lugar a la obtención del color. Por ello es muy importante el conocer bajo qué forma toman parte los diazos en la copulación azoica.

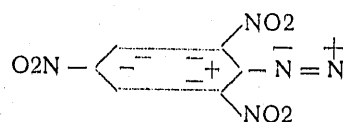
Las diversas formas en que los diazos están en equilibrio, son como sigue:



El equilibrio está, pues, determinado, de una parte, por las sustituciones en el núcleo, y de otra, por el pH de la solución. La parte dotada de mayor reactividad es $\text{R}-\text{N}=\text{N}-\text{Cl}$, que corresponde al SIN-Diazoico de Hanstch.

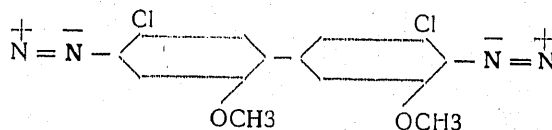
La experiencia ha indicado que la forma más apta para la copulación es aquella en la que predominan los valores elevados del pH; pero si éstos llegan a aumentar en forma que llegamos al $\text{R}-\text{N}=\text{N}-\text{ONa}$, nos situamos en el antidiazoico de Hantsch, que llega a predominar, y este cuerpo ya no copula.

Esto queda confirmado por los radicales negativos que contienen los diazos, lo que produce una fuerte polarización debido a los grupos nitro, que transfieren el polo positivo al segundo átomo del nitrógeno para adoptar la mejor forma para su copulación. Es el caso del diazo de la 2-4-6 trinitro-anilina.



cuya copulación se produce ya en medio ácido.

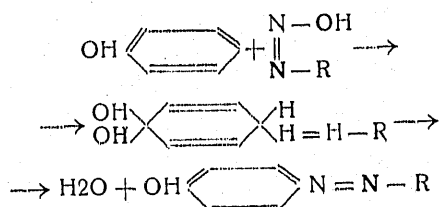
Todo ello demuestra que los radicales negativos que aumentan la sensibilidad, también lo hacen con la aptitud para la copulación. Por el contrario, las sustituciones positivas, como el grupo metilo, la debilitan, pudiendo explicar esta particularidad la razón por la que el derivado tetrazoico, muy empleado en diazotipia de la 3-3 dicloro-orto-dianisidina, copula en medio neutro o débilmente ácido:



Otro factor que influye en la copulación es la estructura del reactivo empleado como copulante. Este debe presentar un doble enlace entre dos átomos de carbono polarizado.

La polarización en el grupo auxocromo se produce sencia de un radical positivo sobre uno de los átomos

La polarización en el grupo auxóromo se produce generalmente en posición orto o para, formándose transitoriamente un producto de adición que, al perder agua, da lugar inmediatamente al compuesto azoico.



Los factores citados influyen en la copulación en relación con la estructura del diazo y copulante, pero como también intervienen los factores externos como la concentración, temperatura y p_H, vamos a considerar el problema en conjunto.

$$R = \frac{\varphi}{T a (a - \varphi)} \cdot K \quad \left\{ \begin{array}{l} K = \text{constante.} \\ a = \text{concentración inicial.} \\ \varphi = \text{cantidad transformada en el tiempo } t. \end{array} \right.$$

$$R = \frac{\varphi}{T a (a - \varphi)} \cdot K \left\{ \begin{array}{l} K = \text{constante.} \\ a = \text{concentración inicial.} \\ \varphi = \text{cantidad transformada en el tiempo } t. \end{array} \right.$$

En general, y en diazotipia principalmente, uno de los componentes está en estado sólido y la copulación se produce bajo la influencia del gas amoníaco húmedo o de una pequeña cantidad de solución reveladora.

Finalmente la concentración en iones hidrógeno tiene gran influencia en la copulación; por de pronto, el pH debe alcanzar un valor suficiente para que el diazoico sea capaz de reaccionar, viniendo determinado dicho valor por las sustituciones en el núcleo aromático. De la misma forma el reactivo copulante exige un valor conveniente del pH para facilitar durante la copulación la disolución del mismo.

El análisis y armonización de los factores enunciados que intervienen en el proceso de la diazotipia permite, en cada caso, la obtención de papeles para reproducir planos, con las características óptimas para el trabajo que se desee realizar.

Adams, D. A. W.: (Soc. Dyers Colourists.
Borvent, E. J.: Quart. Revs. (London) A-1950.
Brooker, L. G. S.: Advances in Nuclear Chemistry and
Theoretical Organic Chemistry.
Curtis, C. A.: Artificial Organic Pigments.
Diresens, L.: The Chemical Technology of Dyeing and
Printing.
Donb, L., and Vandenbelt, J. M.: Ultraviolet absorption
spectra of mono-and-p-disubstituted benzene deri-
vatives.
Fierz-David, H. E.: Huenstliche Organische Farbstoffe.
Groggius, P. H.: Unit Processes in Organic Synthesis.
Hartinet, J.: Matières Colorantes.
Houben, J.: Das Anthracen und die Anthrachinone.
I. G. Farbenindustrie; Bios 961 (PB 60905) y Bios 1548.
Lange, D.: Die Schwefelfarbstoffe.
Mattielle, J. J.: Protective and decorative Coatings.
Samders, K. H.: The Aromatic Diazo-compounds and
their Technical.
Thorpe, J. F., and Linstead, R. P.: The Synthetic Dyes-
tuffs.