

# CIENCIA

*Revista hispano-americana de  
Ciencias puras y aplicadas*

PUBLICACION DEL  
PATRONATO DE CIENCIA

## SUMARIO

	<i>Págs.</i>
Al Lector .....	5
Mecanismos moleculares de la mutación, por EMILIANO CARBERA-JUÁREZ .....	7
Aportaciones sobre los hongos alucinógenos mexicanos y descripción de un nuevo <i>Psilocybe</i> , por GASTÓN GUZMÁN .....	25
Oximercuración-desmercuración de 5 $\alpha$ -colest-2-eno, por JOSEF R. HERZ Y ELISABETH GONZÁLEZ .....	29
Historia de la Ciencia y la Tecnología.—La "Guaira", horno de fundición del Antiguo Perú, estudio de las referencias de los cronistas, por MODESTO BARGALLÓ .....	31
Miscelánea.—Importante programa para el cultivo del camarón rosado y del pámpano en Estados Unidos.—Cuarto Congreso Europeo de Aracnólogos (no para Acarólogos). —El primer gran Planetario de la Península Ibérica .....	39
Libros nuevos .....	41

# CIENCIA

REVISTA HISPANO-AMERICANA DE CIENCIAS PURAS Y APLICADAS

DIRECTOR FUNDADOR  
IGNACIO BOLIVAR Y URRUTIA †

DIRECTOR  
C. BOLIVAR Y PIeltaIN

REDACCION:  
FRANCISCO GIRAL. RAFAEL ILLESCAS FRISBIE. JOSE PUCHE ALVAREZ  
GUILLERMO MASSIEU ALFREDO SANCHEZ - MARROQUIN MANUEL SANDOVAL VALLARTA ANTONIO GARCIA ROJAS

## CONSEJO DE REDACCION

ALVAREZ FUERTES, DR. GABRIEL, México.  
ASENJO, DR. CONRADO F., San Juan, Puerto Rico.  
BAMBAREN, DR. CARLOS A., Lima, Perú.  
BARGALLÓ, PROF. MODESTO, México.  
BELTRAN, DR. ENRIQUE, México.  
BIRABEM, DR. MAX. BUENOS AIRES, Argentina.  
BOLÍVAR, PROF. JOSÉ IGNACIO, México.  
BONET, DR. FEDERICO, México.  
BOSCH GIMPERA, DR. PEDRO, México.  
BRAVO-AHUJA, ING. VÍCTOR, México.  
BUÑO, DR. WASHINGTON, Montevideo, Uruguay.  
BUTTY, ING. ENRIQUE, BUENOS AIRES, Argentina.  
CABALLERO, DR. EDUARDO, Monterrey, N. L., México.  
CABRERA, PROF. ANGEL LULIO, La Plata, Argentina.  
CÁRDENAS, DR. MARTÍN, Cochabamba, Bolivia.  
CARRANZA, DR. JORGE, Veracruz, México.  
CASTAÑEDA-AGULLÓ, DR. MANUEL, México.  
COLLAZO, DR. JUAN A. A. Montevideo, Uruguay.  
COSTA LIMA, PROF. A. DA. Río de Janeiro, Brasil.  
COSTERO, DR. ISAAC, México.  
CORI, PROF. OSWALDO, Santiago de Chile, Chile.  
CORONADO-G., BIÓL. LUZ, México.  
CRAVIOTO, Q. B. P. RENÉ O. México.  
CRUZ-COKE, DR. EDUARDO, Santiago de Chile, Chile.  
CUATRECASAS, PROF. JOSÉ, Washington, D. C.  
CHAGAS, DR. CARLOS, Río de Janeiro, Brasil.  
DEULOFEU, DR. VENANCIO, BUENOS AIRES, Argentina.  
DOMINGO, DR. PEDRO, La Habana, Cuba.  
ERDOS, ING. JOSÉ, México.  
ESCUDERO, DR. PEDRO, BUENOS AIRES, Argentina.  
ESTABLE, DR. CLEMENTE, Montevideo, Uruguay.  
ESTÉVEZ, DR. CARLOS, Guatemala, Guatemala.  
FLORKIN, PROF. MARCEL, Lieja, Bélgica.  
FOLCH y PI, DR. ALBERTO, México, D. F.  
FONSECA, DR. FLAVIO DA, São Paulo, Brasil.  
GALLO, ING. JOAQUÍN, México.  
GONÇALVES DE LIMA, DR. OSWALDO, Recife, Brasil.  
GRAEF, DR. CARLOS, México.  
GRANDE, DR. FRANCISCO, Minneapolis, Estados Unidos.  
GUZMÁN, ING. EDUARDO J., México.  
GUZMÁN BARRÓN, DR. A., Lima, Perú.  
HAHN, DR. FEDERICO L., México.  
HARO, DR. GUILLERMO, Tonantzintla, México.  
HEIM, PROF. ROGER, París.  
HENDRICHS, ING. JORGE, México.  
HERNÁNDEZ CORZO, DR. RODOLFO, México.  
HOFFSTETTER, DR. ROBERT, París.  
HORMAECHE, DR. ESTENIO, Montevideo, Uruguay.  
HOUSSAY, PROF. B. A., BUENOS AIRES, Argentina.  
HUBBS, PROF. C., La Joya, California.  
IZQUIERDO, DR. JOSÉ JOAQUÍN, México.  
JIMÉNEZ-ASÚA, PROF. LUIS, BUENOS AIRES.  
KOPFISCH, DR. ENRIQUE, Puerto Rico.  
KUHN, PROF. DR. RICHARD, Heidelberg, Alemania.  
LASNIER, DR. EUGENIO P., Montevideo, Uruguay.  
LENT, DR. HERMAN, Río de Janeiro, Brasil.  
LIPSCHUTZ, DR. ALEJANDRO, Santiago de Chile, Chile.  
LUCO, DR. J. V., Santiago de Chile, Chile.  
MACHADO, DR. ANTONIO DE B. Dundo, Angola.  
MADRAZO G., QUÍM. MANUEL, México.  
MALDONADO-KOERDELL, DR. MANUEL, México.  
MARTÍNEZ, PROF. ANTONIO, BUENOS AIRES, Argentina.  
MARTÍNEZ BÁEZ, DR. MANUEL, México.  
MARTÍNEZ DURÁN, DR. CARLOS, Guatemala.  
MARTINS, PROF. THALES, São Paulo, Brasil.  
MEDINA PERALTA, ING. MANUEL, México.  
MONGE, DR. CARLOS, Lima, Perú.  
MURILLO, PROF. LUIS MARÍA, Bogotá, Colombia.  
NÈGRE, JACQUES, Versailles, París.  
NIETO, DR. DIONISIO, México.  
NOVELLI, PROF. ARMANDO, La Plata, Argentina.  
OCHOA, DR. SEVERO, Nueva York, Estados Unidos.  
OGUETA, ING. EZEQUIEL, BUENOS AIRES, Argentina.  
ORIAS, PROF. OSCAR, Córdoba, Argentina.  
ORIOI ANGUERA, DR. ANTONIO, México.  
OSORIO TAFALL, PROF. B. F., Nicosia, Chipre.  
PARODI, ING. LORENZO R., BUENOS AIRES, Argentina.  
PATIÑO CAMARGO, DR. LUIS, Bogotá, Colombia.  
PELÁEZ, DR. DIONISIO, México.  
PEREIRA, PROF. FRANCISCO S., São Paulo, Brasil.  
PÉREZ VITORIA, DR. AUGUSTO, París.  
PI SUÑER, DR. SANTIAGO, Panamá.  
PUENTE DUANY, DR. NICOLÁS, La Habana, Cuba.  
ROSENBLUETH, DR. ARTURO, México.  
ROTGER, P., BERNARDO, México, D. F.  
RUIZ CASTAÑEDA, DR. MAXIMILIANO, México.  
SANDOVAL, DR. ARMANDO M., México.  
SOMOLINOS D'ARDOIS, DR. GERMÁN, México.  
STRANFO, PROF. S. L., Milán, Italia.  
TRIAS, DR. ANTONIO, Bogotá, Colombia.  
TUXEN, DR. SÖREN L., Copenhague, Dinamarca.  
VARELA, DR. GERARDO, México.  
VIANA, DR. BUENOS AIRES, Argentina.  
VILLELA, DR. G., Río de Janeiro, Brasil.  
ZAPPI, PROF. E. V., BUENOS AIRES.  
ZELEDON, PROF. RODRIGO, Costa Rica.

## PATRONATO DE CIENCIA

PRESIDENTE  
LIC. CARLOS PRIETO

VICEPRESIDENTE  
DR. IGNACIO CHAVEZ

VOCALÉS  
DR. IGNACIO GONZALEZ GUZMAN      ING. GUSTAVO P. SERRANO      ING. RICARDO MONGES LOPEZ  
ING. LEON SALINAS      SR. EMILIO SUBERBIE      SR. SANTIAGO GALAS      DR. SALVADOR ZUBIRAN



# **CAL-C-VITA\***

**ROCHE\***

- **Sinergia constructiva**
- **aumenta la resistencia • acrecienta el rendimiento**

Vitamina C 1000 mg + Calcio 250 mg + Vitamina D 300 mg

Vitamina B<sub>6</sub> 15 mg + Acido cítrico 1350 mg

Productos Roche, S. A. de C. V. — Av. de la Universidad 902 — México 12, D. F.

Reg. No. 63573 S.S.A.    Literatura exclusiva para médicos.    Marca Registrada.    X.A. 38    P. Méd. 7178/65

---

---

---

**ediciones de la**  
**UNIVERSIDAD**  
**LIBROS DE RECIENTE APARICION**

**EL TIEMPO EN LA BIOLOGIA**

por J. B. S. Haldane \$ 6,00

**INFORMACION BIOLOGICA E INFORMACION**

por R. Lavocat \$ 3,50

**LA PROPORCIONALIDAD ENTRE LOS HUESOS LARGOS Y SU  
RELACION CON LA ESTATURA EN RESTOS MESOAMERICANOS**

por Santiago Genovés \$ 15,00

**EL PAPEL DE LA CIENCIA PURA EN LA CIVILIZACION EUROPEA**

por Cecil F. Powell \$ 5,00

**ANALES DE ANTROPOLOGIA, VOLUMEN IV — 1967**

por el Instituto de Investigaciones Históricas \$ 40,00

**CARACTERISTICAS FISICAS DE LA FAMILIA LINGÜISTICA MAYA**

por Juan Comas \$ 30,00

**HAGA SUS PEDIDOS A**

**LIBRERIA UNIVERSITARIA**

Ciudad Universitaria

México 20, D. F.

Tel. 48-65-00

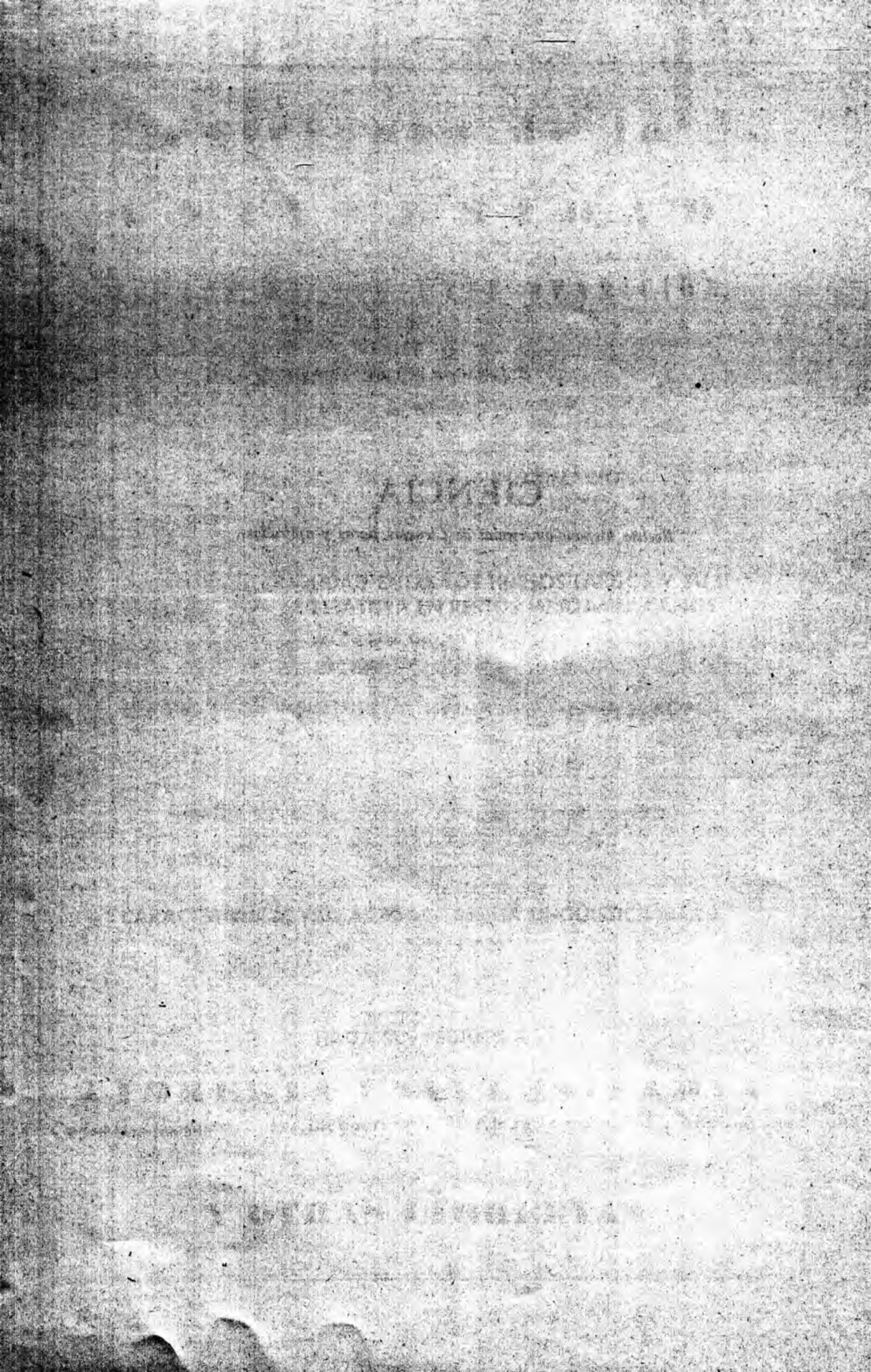
Ext. 125 429 493

**Y OTRAS LIBRERIAS**

---

# CIENCIA

*Revista hispano-americana de Ciencias puras y aplicadas*



# CIENCIA

*Revista hispano-americana de  
Ciencias puras y aplicadas*

VOLUMEN XXVI  
AÑO 1968

PATRONATO DE CIENCIA

MEXICO, D. F.  
1968

III

# GENOVA

REDAZIONE PERIODICA  
CANTIERE DI S. PIETRO

VOLUME VII  
ANNO 1884

STABILIMENTO DI GENOVA

NUMERO 1  
1884



## Al Lector

En el pasado año publicó la Revista CIENCIA su volumen XXV, con lo que cumplió su primer cuarto de siglo de existencia. Como es sabido fue la revista creada por un Patronato independiente, que presidió durante muchos años el Ing. Evaristo Araiza, y al fallecer éste el 7 de mayo de 1964, fue reemplazado por el Lic. Carlos Prieto, y la Vicepresidencia quedó a cargo del Dr. Ignacio Chávez, que desde los primeros números de la revista colaboró con ella y formó parte de su Consejo editorial. Del Patronato forman parte asimismo los Dres. Ignacio González Guzmán y Salvador Zubirán, los Ings. Gustavo P. Serrano, León Salinas y Ricardo Monges López, y los Sres. D. Santiago Galas y D. Emilio Suberbie.

Es un grato deber para el que suscribe enumerar las personas que en el pasado ejercicio aportaron trabajos para la revista, comenzando por citar a los autores de la Sección de "Ciencia moderna", que fueron los siguientes: Dr. José Suárez-Caabro, de la Unesco; Dres. Emiliano Cabrera-Juárez, Mauricio Russek, Federico Fernández-Gavarrón, e Ivico Mar Morelos, y el Biól. Gastón Guzmán.

En la Sección de Comunicaciones originales figuran trabajos de los Dres. Luis Mazzotti, José Erdős, Alfredo Sánchez-Marroquín, Alfredo Barrera, Dionisio Peláez, Manuel Servin-Massieu, Cándido Bolívar y Pieltain, y los Profs. Antonio Martínez, Hilda Pezzano y Juan C. Stockert, los tres de Buenos Aires; el Dr. Thomas C. Barr, Jr., de Lexington, Kent. (Estados Unidos), y el Dr. A. N. Gupta, de Udaipur (India); los Químs. Jorge Hendrichs S., Guillermo Carvajal, José Ignacio Bolívar, F. Sánchez-Viesca, E. Díaz, G. Ghávez, R. M. Mainero, Ivico Mar Morelos, Pilar Fernández, Consuelo Rocha y los Bióls. Luz Coronado-Gutiérrez, P. Bernardo Rotger Villalonga; el Ent. J. Nègre, de París, y los Drs. Xorge Alejandro Domínguez, Julio Arauz, María Graciela Leal, Rosalinda Rivera, Jean Mathieu y Hermilio Fariás Martínez, todos ellos de Monterrey (Nuevo León).

En la Sección de Historia de la Ciencia y Terminología, ha colaborado el Prof. Modesto Bargalló.

La Revista tuvo también la ayuda económica de varias entidades entre las que hay que citar en lugar preeminente al Banco de México, que fue dada por el Sr. Rodrigo Gómez, cuyo Consejo de Gerencia preside; la Compañía Fundidora de Fierro y Acero de

Monterrey, cuyo Consejo de Administración dirige el Lic. Carlos Prieto; el Banco Nacional de México de que es Director General el Sr. Agustín Legorreta; la Universidad Nacional Autónoma de México, de la que es Rector el Ing. Javier Barros Sierra; el Instituto Politécnico Nacional, que dirige el Dr. Guillermo Massieu y los Laboratorios Médico-farmacéuticos, como Productos Roche, Ciba, Iqja y Laboratorios Dr. Zapata, y la Librería Internacional.

La redacción de la Revista continuó formada por las siguientes personas: Ing. Rafael Illescas Frisbie, Dres. José Puche Alvarez, Guillermo Massieu, Alfredo Sánchez-Marroquín, Manuel Sandoval Vallarta e Ing. Antonio García Rojas y Dr. Francisco Giral, habiendo colaborado como editora-ayudante de la revista la Profa. Luz Coronado-Gutiérrez.

La secretaría y depósito de la revista van a estar en las calles de Homero 1245 (México 5, D. F.), en locales de la Academia Hispano-Mexicana, amablemente cedido por su director Ing. Lorenzo Alcaraz.

De nuevo ha colaborado en la administración la Srta. Blanca Contreras.

Por último desea el que suscribe expresar el agradecimiento del Patronato a la Editorial Muñoz, S. A., que ha seguido imprimiendo la revista CIENCIA, contribuyendo a que conserve sus características tipográficas.

C. BOLÍVAR Y PIeltaIN

México, D. F., 25 de febrero de 1968

# CIENCIA

REVISTA HISPANO-AMERICANA DE CIENCIAS PURAS Y APLICADAS

DIRECTOR FUNDADOR:  
IGNACIO BOLIVAR Y URRUTIA †

DIRECTOR:  
C. BOLIVAR Y PIeltaIN

REDACCION:  
FRANCISCO GIRAL, RAFAEL ILLESCAS FRISBIE, JOSE PUCHE ALVAREZ  
GUILLERMO MASSIEU H., ALFREDO SANCHEZ - MARROQUIN, ANTONIO GARCIA ROJAS, MANUEL SANDOVAL VALLARTA

VOL. XXVI  
NUMERO 1

PUBLICACION BIMESTRAL DEL  
PATRONATO DE CIENCIA

MEXICO, D. F.  
PUBLICADO: 25 DE FEBRERO DE 1968

REGISTRADA COMO ARTICULO DE 2A. CLASE EN LA ADMINISTRACION DE CORREOS DE MEXICO, D. F. CON FECHA 24 DE OCTUBRE, 1948

## La Ciencia moderna

### MECANISMOS MOLECULARES DE LA MUTACION

por

EMILIANO CABRERA-JUÁREZ,

Departamento de Bioquímica,  
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I. P. N.,  
México, D. F.

#### ESTRUCTURA DEL ÁCIDO DESOXIRRIBONUCLEICO

Como se sabe, el ácido desoxirribonucleico (DNA) es el componente principal de los cromosomas así como del material genético en virus y bacterias, es conocido también que en la actualidad el modelo del DNA propuesto por Watson y Crick (1953 *a*) es el más aceptado; estos autores acoplaron brillantemente los datos suministrados por análisis químico y aquéllos obtenidos a partir de los modelos de difracción de rayos X del DNA (Cabrera-Juárez, 1966), y propusieron para el ácido desoxirribonucleico un modelo que consiste en una estructura simétrica, no sólo compatible con estos hechos sino que además tuvo las propiedades inherentes que serían de esperarse en el material genético.

El modelo de Watson y Crick comprende dos cadenas de polidesoxirribonucleótidos (Fig. 1), en las cuales las bases nitrogenadas están hacia el interior del polímero y se encuentran unidas las de una cadena con la otra por medio de enlaces de puentes de hidrógeno; estas cadenas de polinucleótidos se encuentran enrolladas formando una doble hélice (Fig. 2), por esta razón es muy común comparar este modelo a una escalera helicoidal, los pasamanos laterales representarían los esqueletos de desoxipentosa fosfato,

y los escalones los pares de bases unidas por puentes de hidrógeno. Una de las características más importantes del modelo es que necesita haber apareamiento específico entre las bases (Fig. 3); no solamente deben las purinas aparearse siempre con pirimidinas, sino que adenina se aparea siempre con timina (*A-T*) y guanina con citosina (*G-C*); las purinas, con dos anillos, son estructuras más largas que las pirimidinas, con un solo anillo, por lo tanto si se aparean dos purinas sus dimensiones serían demasiado grandes para mantener constante el diámetro de la doble hélice, mientras que las dimensiones de dos pirimidinas son demasiado pequeñas.

Aunque la especificidad del apareamiento de bases significa que cada base en una cadena de polinucleótido determina la base equivalente en la otra cadena (Fig. 4), es decir que si un filamento tiene *A*, en el otro deberá haber *T*, si hay *G*, en el opuesto deberá encontrarse *C*; o sea que la secuencia de bases en las dos cadenas es complementaria, no hay restricción teórica por lo que se refiere a la secuencia de los pares de bases complementarias; por lo que a una cadena se refiere cualquier secuencia de bases es permitida en el modelo, siempre y cuando la otra cadena tenga las bases complementarias. Evidencias recientes a nivel enzimático, molecular y cro-

mosómico, apoyan plenamente el modelo de DNA propuesto por Watson y Crick (Cabrera-Juárez, 1966).

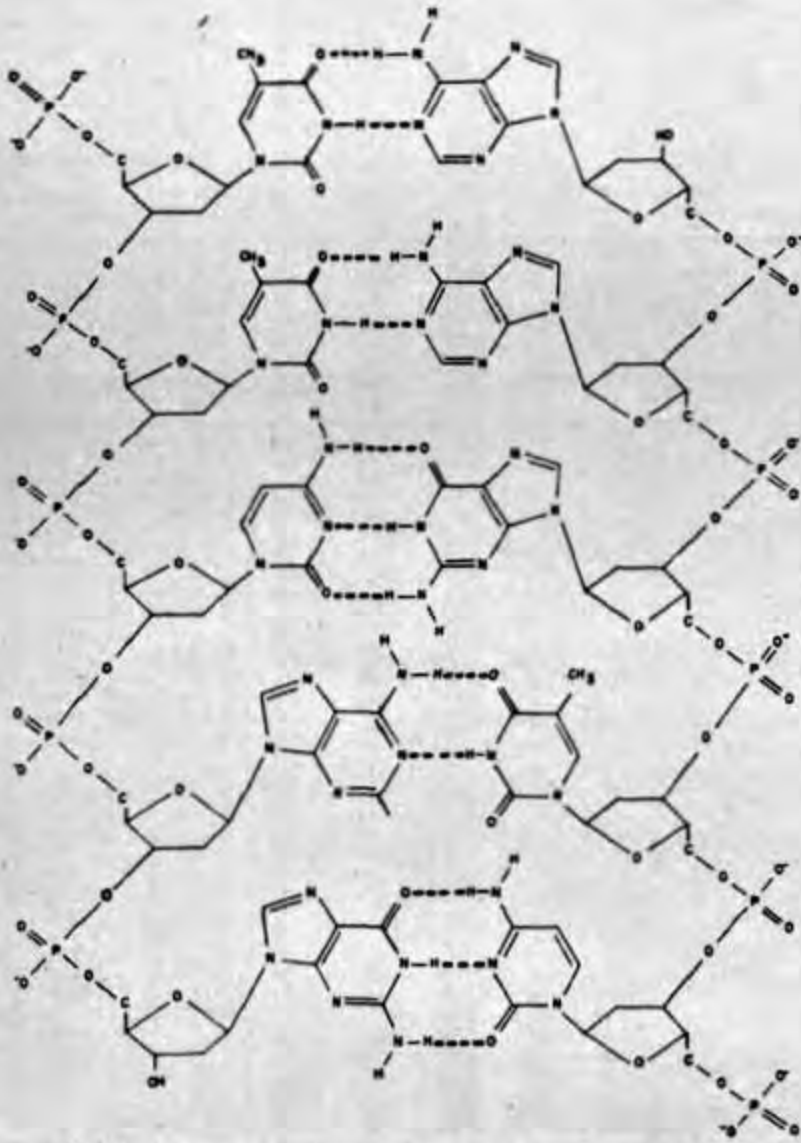


Fig. 1.—Esquema de la forma en que se unen los dos filamentos de polidesoxirribonucleótido en el ácido desoxirribonucleico. (Tomado de Stahl, 1964, pág. 31).

EL ÁCIDO DESOXIRRIBONUCLEICO COMO UNIDAD DE MUTACIÓN

*Teoría de Watson y Crick (1953 b).*—Cabe preguntarse si el modelo propuesto por Watson y Crick (1953 a), llena los requerimientos que se necesitan para considerar al ácido desoxirribonucleico como el material genético de la célula, es decir ¿podemos explicar el acarreo de información específica? ¿es posible presentar un mecanismo para la replicación del DNA conservando esta información específica?, y por último ¿podemos explicar el fenómeno de mutación teniendo en cuenta este modelo? No nos referiremos aquí a los dos primeros aspectos, los cuales sí pueden explicarse con el modelo de Watson y Crick y han recibido además suficiente apoyo experimental (Cabrera-Juárez, 1966).

Por lo que respecta al fenómeno de la mutación, es decir a la capacidad del material genético para sufrir cambios que se hagan permanentes y hereditarios en la célula, siempre y cuando estos cambios no sean debidos únicamente a segregación o recombinación, Watson y

Crick (1953 b), junto con su modelo sugirieron un mecanismo para explicar el fenómeno de mutación. Estos autores partieron de la posibilidad de que las cuatro bases, purinas y pirimidinas, pueden existir en estados diferentes a los normales; estas formas tautoméricas se presentan por rearrreglo en la distribución de electrones y pro-

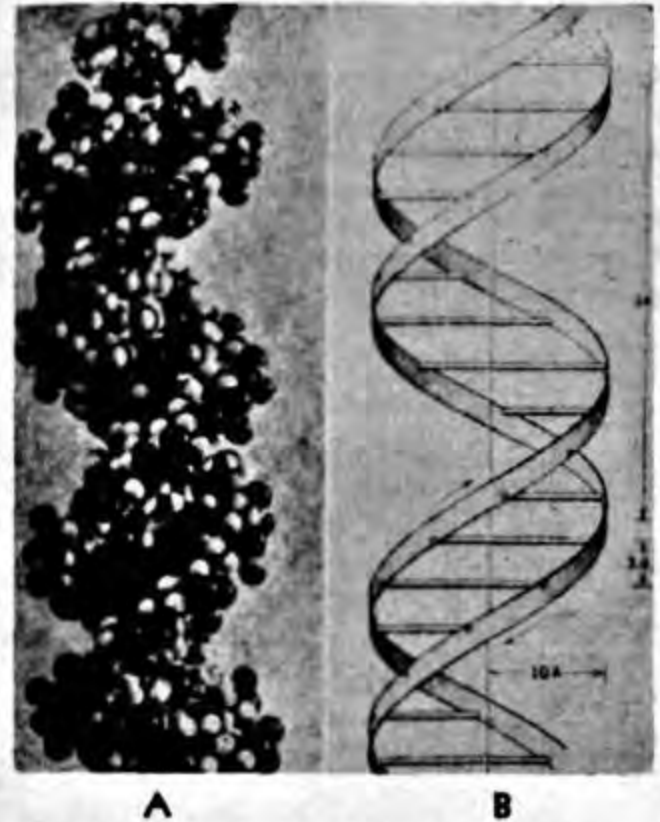


Fig. 2.—A. Modelo molecular del ácido desoxirribonucleico. B. Representación esquemática de su estructura. (Tomado de Hayes, 1964, pág. 230).

tones en la molécula, las posibilidades para cada una de las cuatro bases se muestra en la Figura 5; en la columna de la izquierda se tienen las bases en su forma más común y en la de la derecha su forma tautomérica rara, sombreada se representa la parte de la molécula que sufre el cambio.

Cuando una base se encuentra en su forma tautomérica rara, no puede formar en el DNA el par usual unido por puentes de hidrógeno con su base complementaria correspondiente; sin embargo, una purina en su estado tautomérico raro

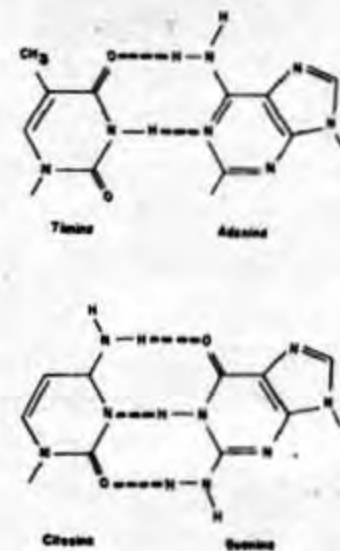


Fig. 3.—Apareamiento normal de las bases en el ácido desoxirribonucleico. (Tomado de Stahl, 1964, pág. 30).

puede aparearse con la pirimidina con la cual normalmente no se une, y una pirimidina en su estado tautomérico raro puede aparearse con la purina con la cual normalmente no lo hace. Los cuatro apareamientos que pueden ocurrir cuando un miembro del par de bases se encuentra en

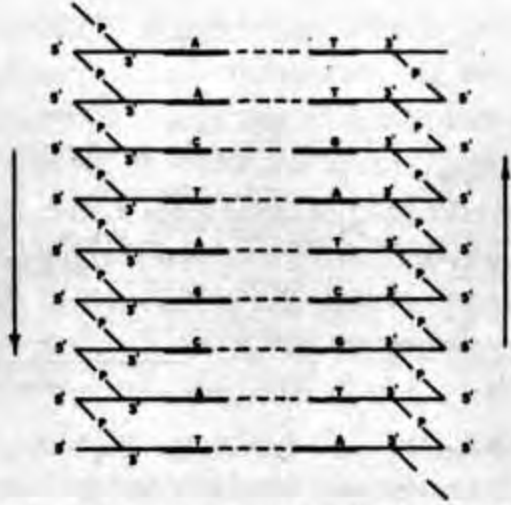


Fig. 4.—Diagrama de la doble hélice del ácido desoxirribonucleico. Las dos flechas indican la diferente polaridad de los dos cadenas del DNA. (Tomado de Hayes, 1964, pág. 229).

su forma tautomérica rara se observa en la Figura 6, en la columna de la izquierda están las bases en su forma tautomérica rara que forman el par, y en la de la derecha las bases en su forma normal que lo constituyen; es normal que la timina se aparee con adenina, en cambio en su forma tautomérica se une a la guanina; la citosina que regularmente lo hace a la guanina, en su estado tautomérico se une a la adenina; la adenina que se aparee normalmente con timina,

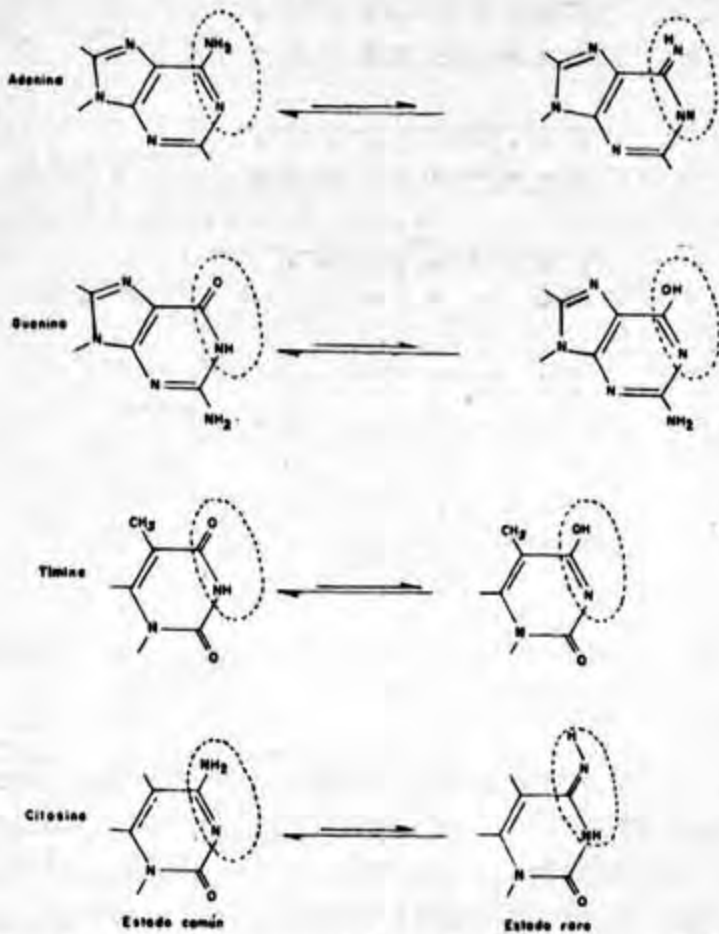


Fig. 5.—Formas tautoméricas de las bases del ácido desoxirribonucleico (Tomado de Stahl, 1964, pág. 48).

en su estado raro lo hace con citosina y por último guanina que siempre se une a citosina, en su estado tautomérico raro lo hace a la timina. Watson y Crick (1953 b), sugirieron que estas formas tautoméricas y apareamientos no usuales de las bases, podían dar lugar a mutaciones del DNA durante su replicación en la forma esquematizada en la Figura 7; en la parte superior se observa el DNA inicial con sus dos cadenas y uno de sus pares de bases A-T, la cadena de la derecha dirige la incorporación de las bases complementarias; cuando llega a T incorpora normalmente A y tenemos por último una molécula de DNA igual a la inicial, conservándose el par A-T; la cadena de la izquierda del DNA original también dirige la incorporación de las bases complementarias, pero al llegar a adenina,

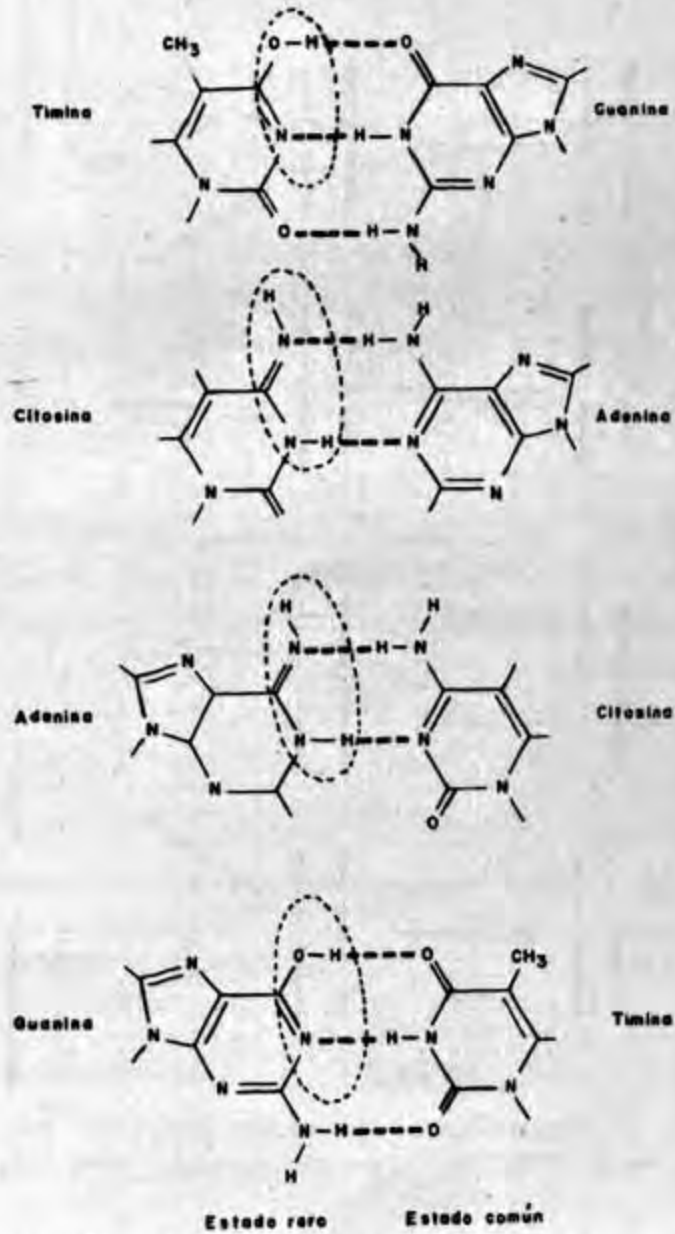


Fig. 6.—Apareamiento en el DNA de las bases en su estado normal y bases en su forma tautomérica rara. (Tomado de Stahl, 1964, pág. 49).

ésta se cambia a su forma tautomérica rara y en lugar de aparearse con timina lo hace con citosina, teniendo como consecuencia una molécula de DNA en la cual el par A-T se cambió a A-C, esta segunda molécula al replicarse origina que su filamento izquierdo ya con la adenina en su forma usual dé lugar a la formación de su cade-

na complementaria y a una molécula de DNA igual a la original, en cambio su filamento derecho también dirige la incorporación de las bases complementarias, pero al llegar a citosina, se une a su base normal guanina, dando como resultado una molécula de DNA semejante a la original, pero en la cual un par *A-T* se cambió a *G-C*, este cambio de un par por otro altera la información genética que lleva el DNA en esa porción dando lugar por lo tanto a que aparezca una mutación.

En la parte inferior de la Figura 7 se observa la misma molécula original del DNA, pero si se sigue ahora un par *G-C*, al replicarse la cadena de la izquierda dirige la biosíntesis de su com-

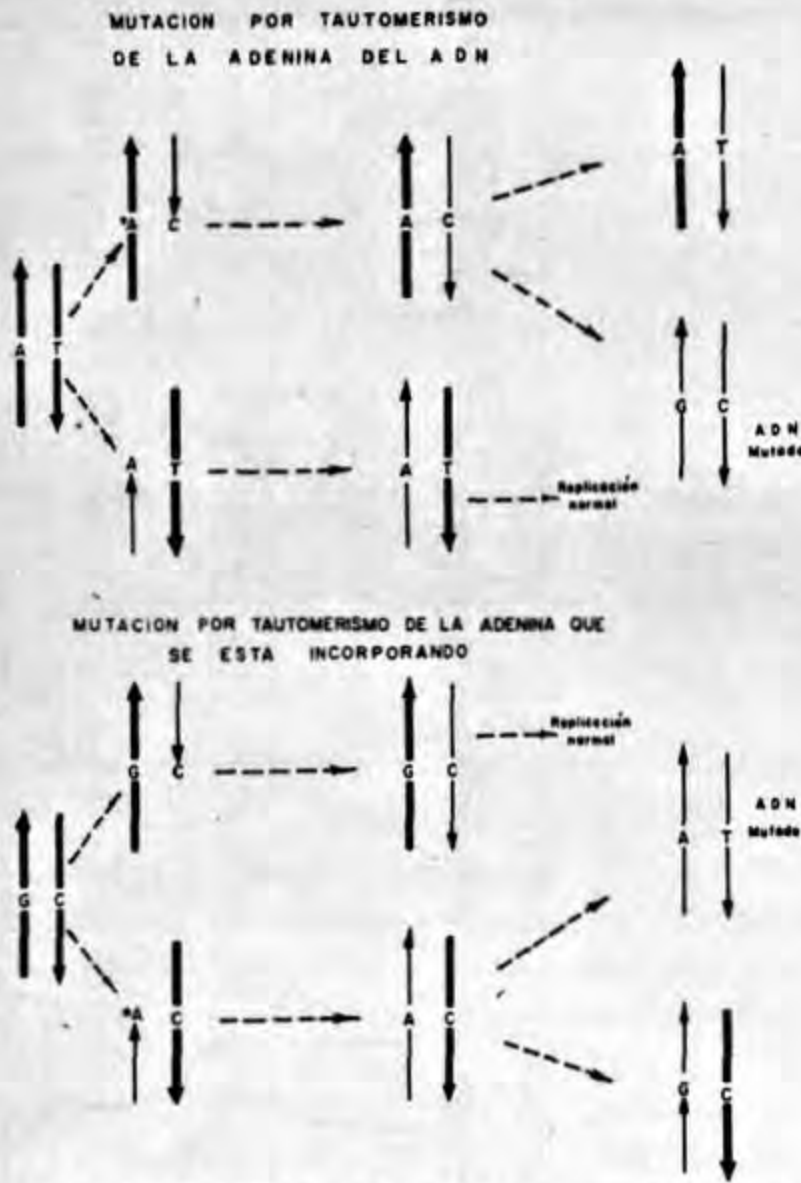
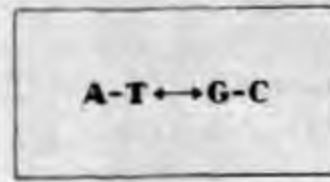


Fig. 7.—Mecanismo de mutación propuesto por Watson y Crick (1953 b). (Tomado de Stahl, 1964, pág. 50).

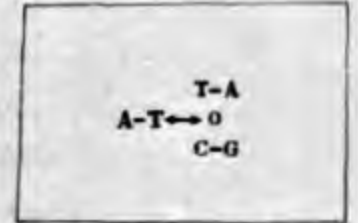
plementaria, al llegar a guanina incorpora su base complementaria citosina y forma finalmente una molécula de DNA igual a la inicial; la cadena de la derecha dirige también la biosíntesis de su complementaria, pero al llegar a citosina no se une a guanina, sino que lo hace a una adenina en su forma tautomérica rara, dando entonces una molécula de DNA en la cual en lugar del par *G-C* se tiene un par *A-C*, al replicarse esta última molécula, su cadena con *C* dirige la biosíntesis de la complementaria y origi-

na una molécula de DNA igual a la inicial, la cadena con *A* incorpora normalmente *T*, dando como resultado un DNA en el cual un par *G-C* ha cambiado a *A-T*, alterándose la información genética en esa porción del DNA y presentándose la mutación.

Clasificación de las alteraciones de las bases en los ácidos nucleicos.—Freese (1959 a), propuso el nombre de *transición* para cuando hay un



8



9

Fig. 8.—Mutación por transición de bases.

Fig. 9.—Mutación por transversión de bases.

cambio (Fig. 8) de un par *A-T* a un *G-C* o bien la inversa, es decir cuando hay el cambio de una purina por una purina o de una pirimidina por una pirimidina; en cambio reservó el nombre de *transversión* para el cambio (Fig. 9) de un par *A-T* a *T-A* o *C-G*, o bien la inversa *T-A* a *A-T* o *C-G* a *A-T*, es decir cuando hay el cambio de una purina por una pirimidina o viceversa. Este tipo de mutaciones producidas por alteraciones en las bases de DNA corresponden a un reemplazamiento de un par por otro, o sea, refiriéndose a la Figura 10, el reemplazamiento del par 6 del DNA original por un par diferente.

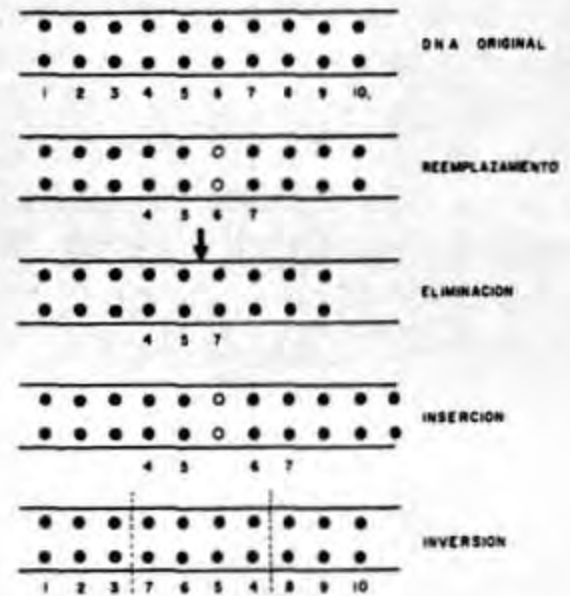


Fig. 10.—Clasificación de las alteraciones de las bases en los ácidos nucleicos.

Otras alteraciones de bases se pueden producir en el DNA, las cuales representan mutaciones potenciales, como por ejemplo las *eliminaciones*, es decir, en la Figura 10 la eliminación del par de bases número 6; las *inserciones*, o sea la introducción de un par extra de bases, en

nuestro ejemplo entre los pares 5 y 6; por último se tienen las *inversiones*, es decir el cambio del orden de los pares de bases del DNA original, se puede observar (Fig. 10) cómo el orden ha cambiado de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, y 8 etc. a 1, 2, 3, 7, 6, 5, 4, 8, etcétera.

AGENTES MUTAGENÉTICOS QUÍMICOS

Una prueba ideal de la hipótesis de Watson y Crick (1953 *b*) para explicar el fenómeno de mutación, sería demostrar por análisis directo de la secuencia de bases en el DNA, que ha sufrido una mutación, o sea que un par específico de bases ha sido sustituido por otro. Actualmente esto no ha sido posible, y debemos recurrir a métodos indirectos, entre los que más prometen a la fecha es el empleo de ciertos agentes químicos que además de ser altamente mutagenéticos se conoce que reaccionan en cierta forma con las bases del DNA. Estos agentes químicos los podemos agrupar en cinco categorías: *a*) inhibidores de la biosíntesis de precursores de los ácidos nucleicos; *b*) análogos de las bases que pueden reemplazar a las mismas durante la replicación del DNA; *c*) sustancias cuya acción química altera las bases púricas o pirimídicas de los ácidos nucleicos; *d*) agentes que eliminan directamente bases del DNA y por último *e*) sustancias que en forma indirecta producen eliminaciones o inserciones de pares de bases.

*a) Inhibidores de la biosíntesis de precursores de los ácidos nucleicos.*—Los hay que interfieren con la biosíntesis de purinas, otros con la de pirimidinas; hay otros más específicos que

rinas (Handschumacher y Welch, 1960). Exceptuando a azaserina, estos inhibidores tienen débil efecto mutagenético en las bacterias y producen roturas en los cromosomas de organismos superiores. Novick (1956) ha realizado los experimentos cuantitativos más cuidadosos acerca de la inducción de mutaciones por estos agentes; sus observaciones sugieren que el aumento de la

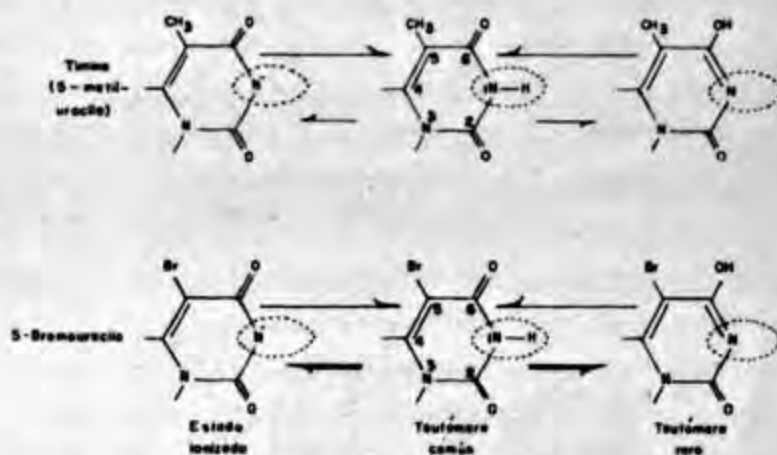


Fig. 11.—Formas tautoméricas de timina y 5-bromouracilo. (Tomado de Stahl, 1964, pág. 54).

frecuencia de mutación se debe a que la falta de una base puede causar: bien la ruptura del cromosoma produciendo una gran alteración en el mismo, o por otro lado aumenta la frecuencia de apareamientos equivocados, a través de los cuales una base normal de los ácidos nucleicos se incorpora en lugar de otra. Sin embargo, es probable que el inhibidor cause un aumento en la formación de un análogo natural de una base, la cual sería el verdadero agente mutagenético quizá por incorporarse al ácido nucleico en lugar de la base normal (Freese, 1963).

TABLA I

AGENTES MUTAGENÉTICOS QUE INTERFIEREN CON LA FORMACIÓN NORMAL DE LOS PRECURSORES DE LOS ÁCIDOS NUCLEICOS.

Agente	Inhibe	Efecto mutagenético estudiado en	Referencia
5-Aminouracilo	Timina	<i>Escherichia coli</i>	Greer, 1958
Azaserina	Purinas	<i>E. coli</i>	Iyer y Szybalski, 1958.
Benzimidazol	Purinas	<i>E. coli</i>	Novick, 1956
Cafeína	Purinas	<i>E. coli</i>	Novick, 1956
6-Mercaptopurina	Purinas	<i>E. coli</i>	Greer, 1958
Teobromina	Purinas	<i>E. coli</i>	Novick, 1956
Teofilina	Purinas	<i>E. coli</i>	Novick, 1956

sólo afectan la biosíntesis de una base. Algunos de los inhibidores que han mostrado un efecto mutagenético más o menos importante se observan en la Tabla I, el agente más eficaz parece ser la azaserina que inhibe la biosíntesis de pu-

*b) Análogos de las bases.*—Son sustancias cuya estructura es muy cercana a la de las bases normales de los ácidos nucleicos, los cuales son, o se puede esperar que sean incorporados en el DNA sin destruir su capacidad para replicarse;

sin embargo, debido a que el análogo difiere de la base normal, en la distribución de los átomos de hidrógeno, tiene una tendencia mayor que la base normal a un apareamiento erróneo. Se mencionarán aquí sólo los análogos artificiales,

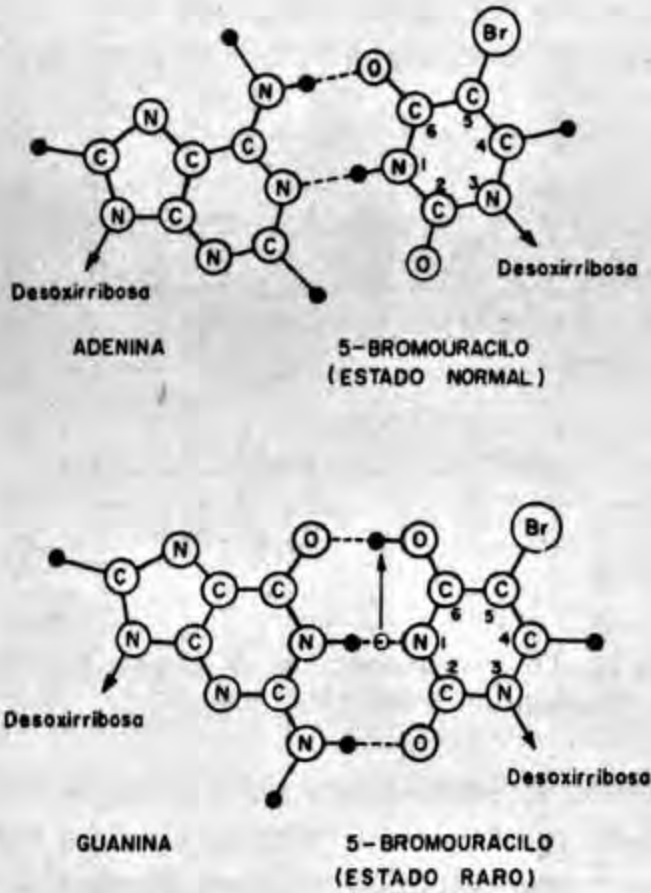


Fig. 12.—Apareamiento de las formas tautoméricas del 5-bromouracilo. (Tomado de Hayes, 1964, pág. 278).

o sea aquéllos que normalmente no forman parte de la célula. Los más potentes agentes mutagénicos del tipo análogo de bases son el 5-bromouracilo (*BU*), el cual es un análogo de timina en el que, el grupo metilo en la posición 5 está sustituido por un átomo de bromo; y la 2-amino-purina (*AP*), la cual es similar a la adenina, excepto que el grupo amino se encuentra en la posición 2 en vez de la 6.

El 5-bromouracilo se incorpora en el DNA de bacterias y bacteriófagos reemplazando a la timina (Dunn y Smith, 1954), en tal forma que una proporción de pares de bases *A-T* es sustituida por pares *A-BU*. Su carácter mutagénico se piensa que refleja la mayor inestabilidad de sus átomos de hidrógeno por el átomo de bromo (Freese, 1959 *b*). En la parte superior de la Figura 11, se observa la timina en su forma tautomérica normal rara; en la inferior tenemos 5-bromouracilo, análogo de la timina, el cual debido al átomo de bromo tiende a encontrarse con más frecuencia en su forma tautomérica rara, lo cual origina que tenga una mayor tendencia a su apareamiento erróneo; o sea (Fig. 12) que en su forma normal lo mismo que timina se une a la adenina y en su forma tautomérica rara a la guanina; sin embargo, esta últi-

ma tendencia quizá es mayor en el caso del 5-bromouracilo y menor en la timina.

Este apareamiento erróneo puede dar lugar a la mutación en dos formas (Freese, 1959): en la primera (Fig. 13 *a*), el 5-bromouracilo se incorpora en forma normal apareándose a una adenina, pero en una replicación posterior el *BU* se aparea erróneamente con guanina (*G*), en una tercera replicación el *BU* ya en su forma normal se aparea con adenina y tendremos un par *A-BU* que corresponde al inicial *A-T* sin presentarse mutación; sin embargo el otro filamento con *G* se aparea con *C* para originar un par *G-C* que es diferente al inicial *A-T*, presentándose la mutación que se perpetúa en las células hijas; en la segunda (Fig. 13 *b*), puede suceder que al replicarse la molécula del DNA y llegar al par *G-C*, el filamento con *C* dirige la incorporación de *G* y se forma una molécula idéntica a la primera sin presentarse mutación; pero el filamento que contiene *G* se une a una molécula de *BU* en su forma tautomérica resultando el par *G-BU*, en la siguiente replicación la *G* se aparea con *C* y se forma una molécula idéntica a la original; el filamento que contiene

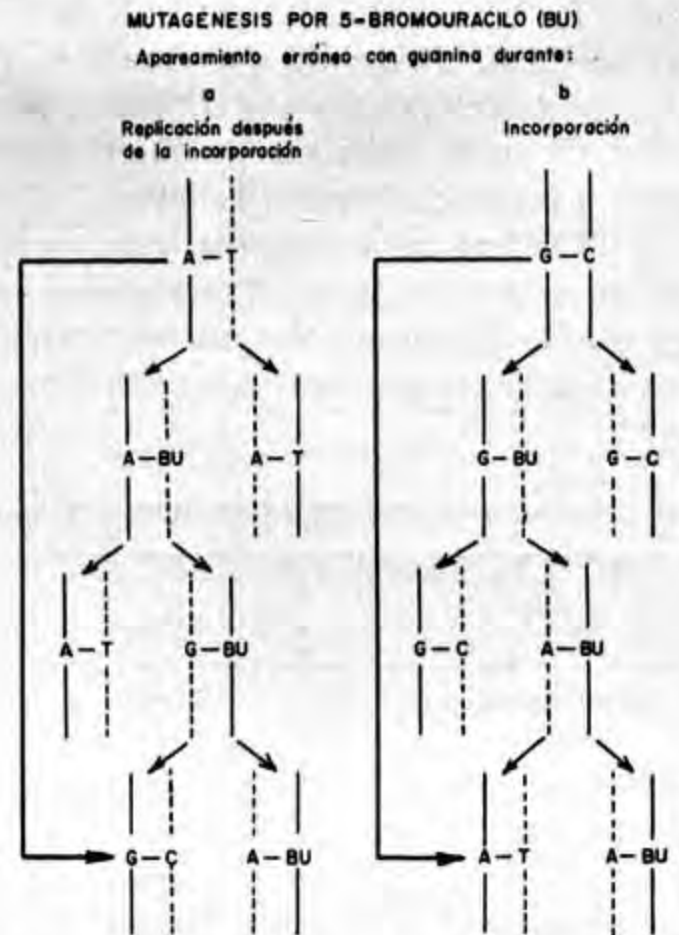


Fig. 13.—Probable mecanismo del efecto mutagénico del 5-bromouracilo. (Tomado de Hayes, 1964. 284).

*BU*, al encontrarse este análogo ya en su forma normal se une como se lleva a cabo usualmente con *A* dando un par *A-BU*; en una subsiguiente replicación, el filamento que contiene *A* se aparea con *T* para dar una par *A-T* diferente al inicial *G-C*, presentándose entonces la mutación.



Por lo tanto se observa que el *BU* puede inducir mutaciones causando transiciones en ambos sentidos,  $A-T \rightarrow G-C$  y  $G-C \rightarrow A-T$ , dependiendo de que el error en el apareamiento se presente durante subsecuentes repeticiones o durante la

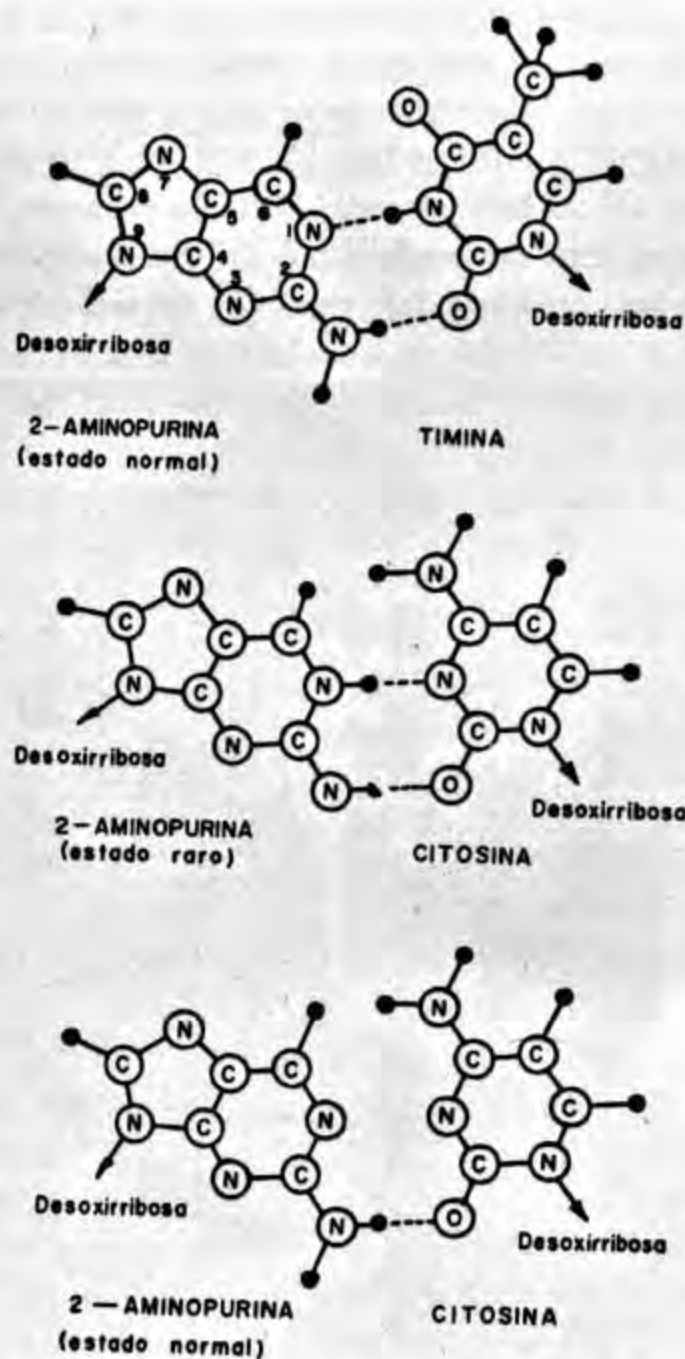


Fig. 14.—Apareamiento de las formas tautoméricas de la 2-aminopurina. (Tomado de Hayes, 1964, pág. 279).

incorporación inicial del *BU*. Ahora bien, qué datos experimentales apoyan el mecanismo propuesto por Freese (1959 *b*), que no es sino una elaboración de la teoría de Watson y Crick (1953 *b*). En el caso del bacteriófago T4 se ha demostrado casi completo reemplazo de la timina por *BU* (Stahl y col., 1961).

Experimentos de Strelzoff (1961) sobre mutación bacteriana inducida con *BU*, revelaron que la mutación se relaciona directamente con la incorporación del *BU* en el DNA y no con alguna perturbación metabólica general. Pratt y Stent (1959), han observado las "mutantes heterocigóticas" de bacteriófagos en que la timina ha sido sustituida por *BU*, las cuales se han explicado por contener en su DNA el par  $G-BU$  (Fig. 13 *b*); durante la siguiente replicación, la

*G* se aparearía con *C* para dar descendientes normales, mientras que *BU* se aparearía con *A* para dar descendientes mutadas.

Por otra parte Trautner y col. (1962), han demostrado que si en el sistema de la polimerasa de DNA aislado de *Escherichia coli* y descrito por Kornberg (1957), se emplea como DNA plantilla un copolímero sintético de desoxirribonucleótido conocido como poli-d (*A-BU*), se observa incorporación de guanina durante la biosíntesis enzimática del DNA, esta incorporación no se detecta si se usa como molde el copolímero *A-T*. Por ahora no se tiene prueba directa de que los errores de apareamiento ocasionados por el *BU* produzcan únicamente transiciones, y no algún otro tipo de cambio en los pares de bases. Como ya se expuso, es posible que la mayor tendencia del *BU* para presentarse en su forma tautomérica rara, se deba a la mayor electronegatividad del bromo, lo cual también ha hecho pensar a Freese (1963) y a Krieg (1963), en la posibilidad de que el *BU* induzca la transición  $G-C \rightarrow AT$  con más frecuencia que la inversa, debido a que en la contraria el *BU* se encuentra ya como un miembro del DNA y la electronegatividad del átomo de bromo puede estar parcialmente reducida por grupos vecinos donadores de electrones.

La 2-aminopurina (Fig. 14), análoga de la adenina, se aparearía normalmente con timina por dos enlaces por puente de hidrógeno, en su forma tautomérica rara se puede aparear por dos puentes de hidrógeno con la citosina; además, en su estado normal, a diferencia de la adenina

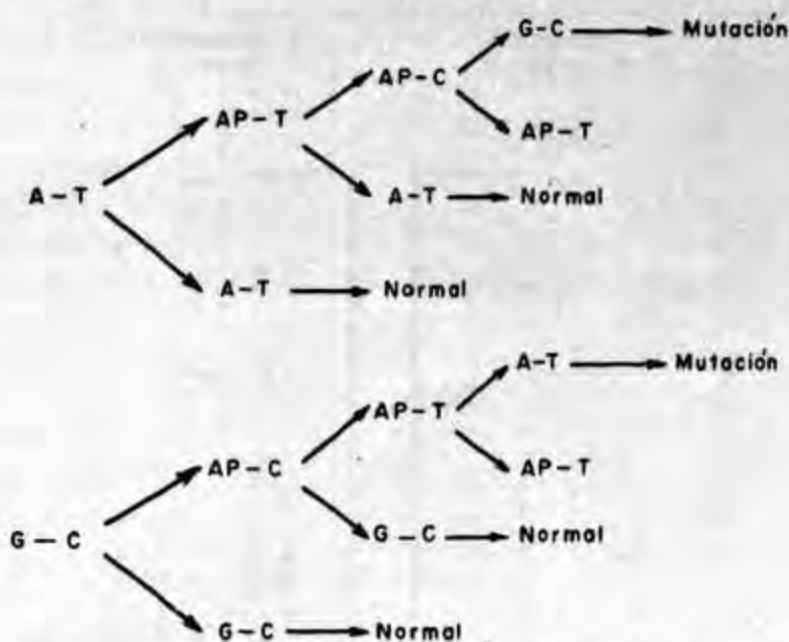


Fig. 15.—Probable mecanismo de la acción mutagénica de la 2-aminopurina.

puede unirse a la citosina por un enlace por puente de hidrógeno; por lo tanto es de esperarse que se aparee frecuentemente con la citosina. La 2-aminopurina (AP) es un fuerte agen-

te mutagenético, pudiéndose explicar por un mecanismo similar al del 5-bromouracilo (Freese, 1959 c).

En la parte inferior de la Figura 15, se tiene

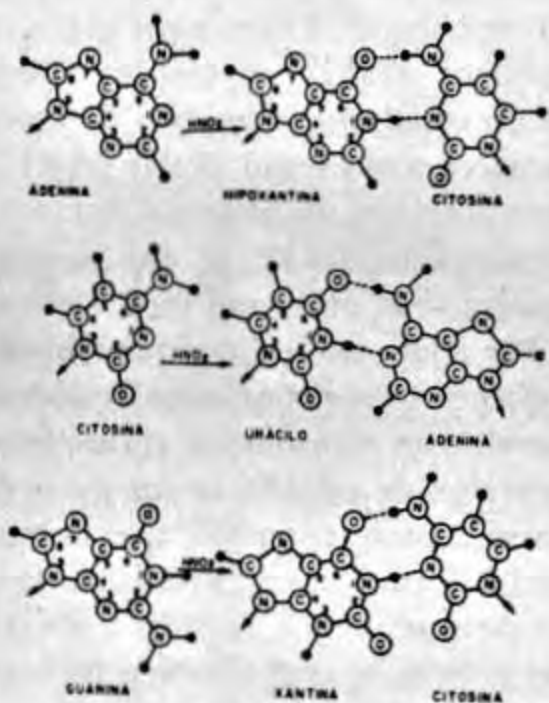


Fig. 16.—Desaminación oxidativa por el ácido nitroso de las bases del DNA y su efecto en las propiedades de apareamiento de las mismas.

una molécula de DNA en la cual seguiremos un par G-C, al repetirse esta G se aparea con C y nos da una molécula idéntica a la primera, en cambio C puede unirse a la 2-aminopurina; en la siguiente replicación C se aparea a G y continúa su replicación normal, pero AP se puede aparearse con T y en una replicación subsiguie-

te T se aparea con A para dar el par A-T diferente al inicial G-C, presentándose entonces la mutación. En la parte superior de la Figura 15, tenemos el error en el apareamiento, pero después de que AP se ha incorporado en forma normal al DNA; partiendo entonces del par A-T, AP se incorpora inicialmente con T; en la siguiente replicación AP se aparea erróneamente con C y por último al aparearse C con G da el par G-C diferente al inicial A-T, presentándose por lo tanto la mutación. Este compuesto, por lo tanto, está en posibilidad de dar transiciones en ambos sentidos, A-T → G-C y de G-C → A-T,



Fig. 18.—Placas producidas por diferentes cepas del virus del mosaico del tabaco. Placas pequeñas = Mutante obtenida con ácido nitroso. Placas grandes = Cepa común. (Tomado de Fraenkel-Conrat, 1962).

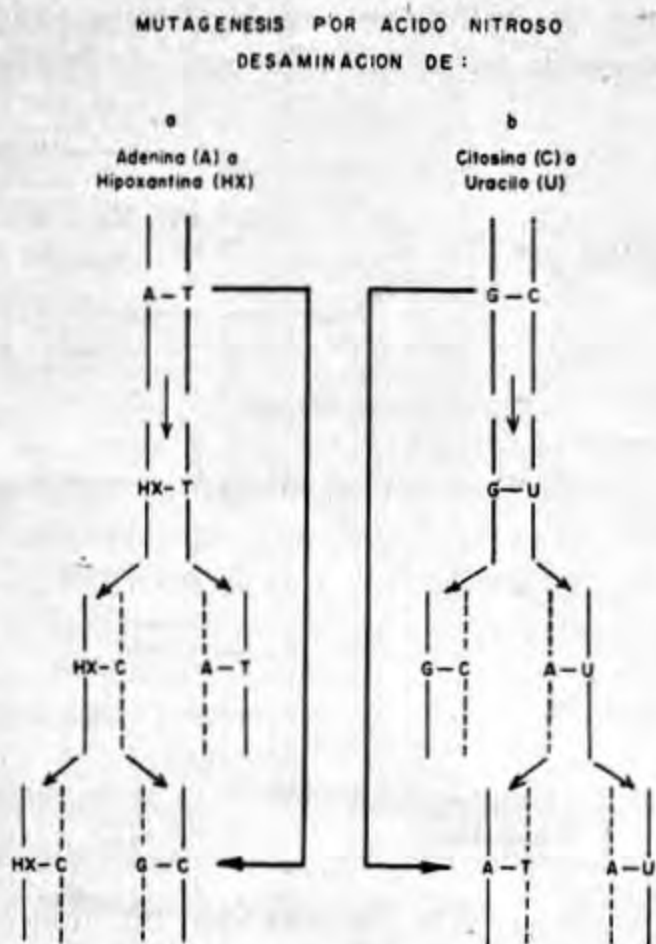


Fig. 17.—Mecanismo para explicar el efecto mutagenético del ácido nitroso. (Tomado de Hayes, 1964, pág. 284).

en forma similar al 5-bromouracilo. A pesar de que la 2-amino purina se incorpora muy poco (Wacker y col., 1960 b) es altamente mutagenética, tal vez por la posibilidad de aparearse erróneamente tanto en su forma normal como en su forma tautomérica rara a la citosina.

En bacterias se han realizado estudios cinéticos sobre la inducción de mutantes revertidas por BU o AP, en un intento para distinguir el sentido de la transición del par de bases, siguiendo el tiempo y modo de aumento de la mutante después de estar por un momento breve en presencia del agente mutagenético (Rudner, 1960). Los resultados observados indican que para algunas mutantes bioquímicas la frecuencia de reversión aumenta durante cierto tiempo después

de estar en presencia del agente, dentro de una generación y permaneciendo constante en generaciones posteriores, esto indica que la mutante revertida fue inducida probablemente por un error del tipo mostrado en la parte superior de la Figura 15; en cambio, otras mutantes con los mismos requerimientos bioquímicos, mostraron un aumento continuo de mutantes revertidas a través de una serie de generaciones, indicando que la mutante fue inducida por una transición del tipo mostrado en la porción inferior de la Figura 15.

c) *Sustancias cuya acción química altera las bases púricas y pirimídicas de los ácidos nucleicos.*—Otro tipo de agentes mutagenéticos químicos lo constituye aquellas sustancias que alteran químicamente las bases del DNA, en tal forma, que cambian sus propiedades de apareamiento con otras bases. Una de las sustancias más estudiadas de este tipo es el ácido nitroso; a diferencia de los análogos de bases cuya acción mutagenética depende de su incorporación en el DNA, el ácido nitroso actúa en forma directa sobre las bases del DNA desaminándolas oxidativamente; por lo tanto (Fig. 16), la adenina es desaminada a hipoxantina, la cual tiene propiedades de apareamiento específico con la citosina en lugar de la timina; la citosina se desamina a uracilo, el cual se apareará específicamente con adenina; por último la guanina se desamina a xantina, la cual se continúa apareando con citosina, pero sólo por dos, en lugar de tres enlaces por puente de hidrógeno. Debido a que la xantina, producto de desaminación de la guanina, continúa apareándose con citosina, se piensa que no sea mutagenética (Freese, 1959 a); sin embargo, la desaminación de adenina y citosina origina productos con propiedades de apareamiento diferentes a las bases iniciales, por lo tanto es de esperarse que la acción mutagenética del ácido nitroso se deba principalmente a su efecto sobre adenina y citosina. El hecho de que cualquiera de estas dos bases puede ser desaminada ofrece dos posibilidades por lo que respecta a la mutación producida: Si la base que se desamina es la adenina (Fig. 17 a), da como producto hipoxantina (HX), al replicarse esta molécula, la T se apareará con A y origina un par A-T idéntico al inicial, por otra parte la hipoxantina se apareará con citosina para dar un par HX-C; en una segunda replicación HX se apareará con C, y C con G, dando en este último caso un par GC diferente al inicial A-T, presentándose por lo tanto la mutación de tipo transición A-T → G-C. Si la base que se desamina es la ci-

tosina (Fig. 17 b), da como producto uracilo, al replicarse la molécula G se apareará con C y da un par idéntico al inicial G-C, el otro filamento con U incorpora A para dar el par A-U; en la siguiente replicación el filamento con A incorpora T para dar el par A-T, presentándose entonces la transición de G-C → A-T. Por lo tanto, en forma semejante a los análogos de bases, el ácido nitroso está en posibilidad de producir transiciones en ambos sentidos A-T a G-C o G-C a A-T.

La acción mutagenética producida por el ácido nitroso es de esperarse que se realice "in vitro", lo cual ha sido demostrado en diferentes experimentos. En 1958, Mundry y Gierer mutaron "in vitro" con ácido nitroso al ácido ribonucleico purificado del virus del mosaico del tabaco. Hojas de tabaco infectadas con virus del mosaico del tabaco tratado con HNO<sub>2</sub> dan lugar a diferente tipo de placas que la cepa no tratada (Fig. 18), así como a partículas virales con su porción proteica, que se sabe está determinada genéticamente, alterada en comparación con las infectadas con la cepa no tratada con ácido nitroso; en la Tabla II se puede observar como la mutante 171, inducida con ácido nitroso, tiene un residuo menos de aspártico, treonina y prolina, pero uno más de alanina, leu-

TABLA II  
COMPOSICIÓN EN AMINOÁCIDOS DE LAS PROTEÍNAS DEL VIRUS DEL MOSAICO DEL TABACO\*

Aminoácidos	Residuos de aminoácidos en:	
	Cepa común	Mutante 171**
Glicina	6	6
Alanina	14	15
Valina	14	14
Leucina	12	13
Isoleucina	9	9
Fenilalanina	8	8
Tirosina	4	4
Triptofano	3	3
Histidina	0	0
Arginina	11	11
Lisina	2	2
Acido aspártico	18	17
Acido glutámico	16	16
Serina	16	17
Treonina	16	15
Cisteína	1	1
Cistina	0	0
Metionina	0	0
Prolina	8	7
Totales	158	158

\* Datos tomados de Fraenkel-Conrat, 1962.

\*\* La mutante 171 fue obtenida por tratamiento con HNO<sub>2</sub> de la cepa común.

cina y serina, en comparación con la cepa común (Fraenkel Conrat, 1963). Análisis del efecto de diferentes pH durante el tratamiento con ácido nitroso del bacteriófago T4, que contiene DNA, mostraron que la viabilidad del bacteriófago se afectó en forma similar a la desaminación de guanina, y la velocidad de mutación inducida fue alterada en la misma forma que la desaminación de adenina e hidroximetilcitosina (Vielmetter y Schuster, 1960).

Las mutantes inducidas en bacteriófago T4 por ácido nitroso se presentan como heterocigotes, lo cual es de esperarse, ya que en la molécula del DNA tratado el hilo que contiene la base desaminada dará origen a descendientes mutadas, mientras que el hilo que contiene la base no afectada en el lugar correspondiente dará origen a descendientes normales; esto recibe más apoyo con la observación de que, las mutantes inducidas por HNO<sub>2</sub> en el bacteriófago  $\phi \times 174$ , que contiene un solo hilo, dan cultivos homocigóticos (Tessman, 1959). Probablemente, la mejor demostración de la acción mutagenética del HNO<sub>2</sub>, es el efecto "in vitro" de este compuesto sobre el ácido desoxirribonucleico transformante purificado, en el cual después de la acción del HNO<sub>2</sub>, Litman (1961) y Horn y Herriott (1962), han demostrado la actividad biológica de nuevos marcadores genéticos en el DNA de *Pneumococcus* y de *Haemophilus*; en la Figura 19 se puede observar la formación del nuevo marcador genético que confiere resistencia a 5  $\mu$ g de estreptomycin por mililitro, al tratar el DNA transformante purificado durante diferentes tiempos y con distintas concentraciones de ácido nitroso; no sólo se forman estos marcadores sino también otros que confieren resistencia a diversos antibióticos como eritromicina, catomicina, viomicina y kanamicina (Fig. 20). Parece haber cierta especificidad en los nuevos mar-

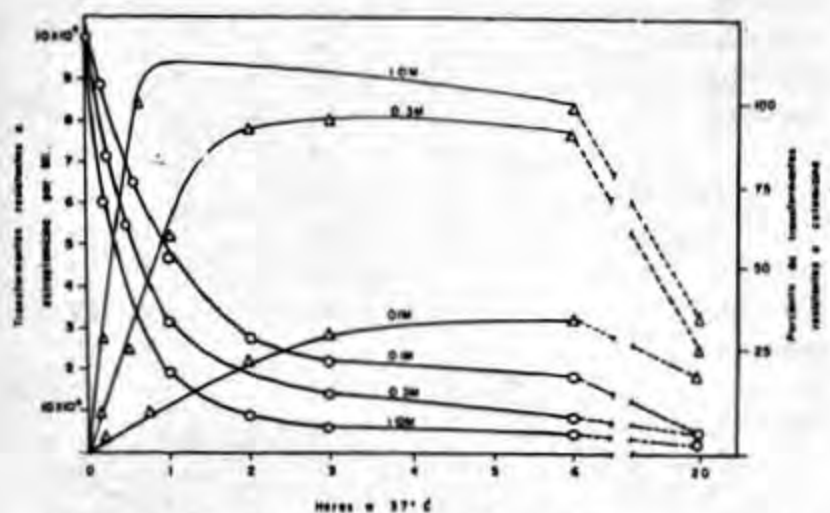


Fig. 19.—Efecto del tiempo de reacción y concentración del nitrito en la formación de marcas transformantes que confieren resistencia a estreptomycin. (Tomado de Horn y Herriott, 1962).

cadore genéticos producidos, ya que Horn y Herriott (1962) han descrito la formación de marcadores genéticos que conceden la capacidad para resistir bajas concentraciones de antibióti-

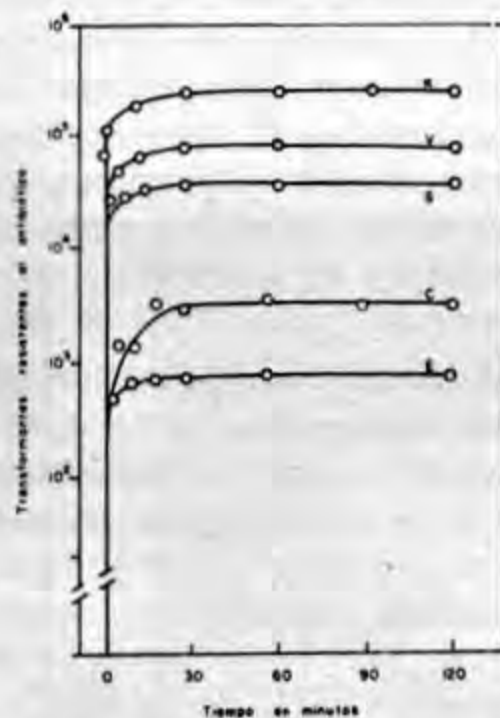


Fig. 20.—Formación de nuevos marcadores genéticos que confieren resistencia a diferentes antibióticos por tratamiento del DNA con ácido nitroso. K = Kanamicina, V = Vitomicina, S = Estreptomycin, C = Caticina, E = Eritromycin. (Tomado de Horn y Herriott, 1962).

cos, sin embargo, Cabrera-Juárez (1963) no pudo obtener marcadores genéticos que confieran resistencia a alta concentración de antibióticos al tratar el DNA con ácido nitroso.

Tessman y col. (1964), han descrito que a diferencia de lo esperado, en el caso del bacteriófago S13 que contiene DNA de un filamento, el ácido nitroso es mutagenético para las cuatro bases; debido a que la timina no puede ser desaminada es necesario pensar que el ácido nitroso es capaz de dar lugar a otras reacciones y no sólo a la desaminación, argumento que también es necesario hacer para explicar la eliminación de segmentos del DNA por acción del ácido nitroso sobre el bacteriófago T4 (Tessman, 1962). En relación con esto, Geiduschek (1961), al estudiar la desnaturalización reversible del DNA tratado con ácido nitroso, ha propuesto que además de las reacciones de desaminación, el ácido nitroso forma enlaces covalentes entre los filamentos complementarios del DNA.

Otra sustancia que reacciona directamente con las bases del DNA es la hidroxilamina (NH<sub>2</sub>OH); este agente es interesante porque en ciertas condiciones reacciona principalmente con citosina (Schuster, 1961); en la Figura 21 se aprecia la reacción que se ha postulado entre la citosina y la hidroxilamina (Schuster y Wittmann, 1963), observándose que el producto formado se apa-

rea ahora específicamente con adenina en lugar de guanina. El efecto mutagenético de la hidroxilamina se puede explicar (Freese y col., 1961) de acuerdo con la Figura 22, al reaccionar la citosina con la hidroxilamina el par G-C se cambia a G-C (OH), en la siguiente replicación esta

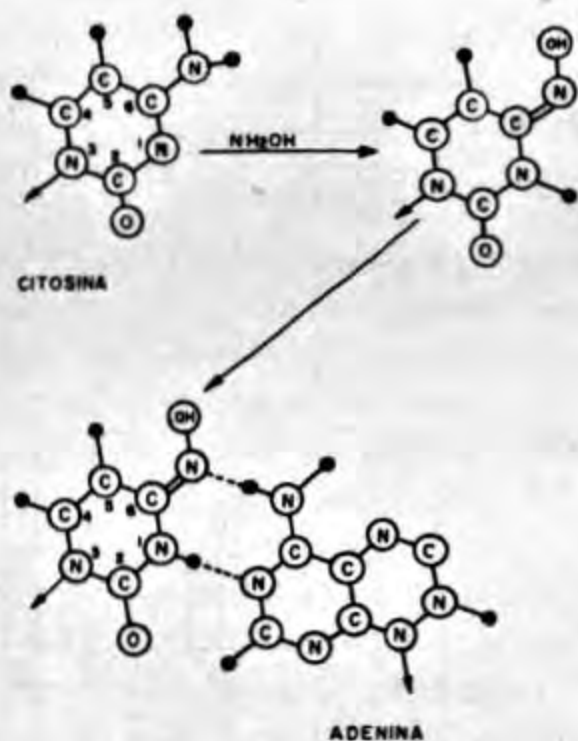


Fig. 21.—Reacción postulada entre la citosina y la hidroxilamina, así como apareamiento entre el producto resultante y la adenina. (Tomado del Hayes, 1964, pág. 281).

G se aparea con C y da un par G-C idéntico al original, la citosina alterada se une con A para dar un par A-C (OH), en la segunda replicación C (OH) se vuelve a aparear con A y A se aparea con T para dar el par A-T diferente al inicial, presentándose la transición de G-C → A-T. A diferencia de los análogos de bases y del ácido nitroso, es de esperarse que la hidroxilamina dé transiciones de un solo sentido; si

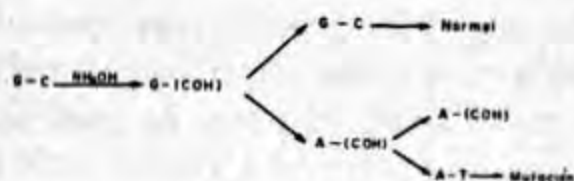


Fig. 22.—Mecanismo para explicar la inducción de mutaciones por hidroxilamina.

esto es cierto, debe mostrarse experimentalmente que las mutaciones que se inducen por tratamiento con hidroxilamina no son revertidas por este mismo compuesto, ya que una transición sólo puede ser revertida a su forma original por una segunda transición pero en sentido opuesto; además, la hidroxilamina debe ser capaz de revertir algunas de las mutaciones inducidas por los análogos de bases y por el ácido nitroso, o sea las de tipo A-T → G-C, mientras que las G-C → A-T deben ser estables a su acción.

La acción mutagenética de la hidroxilamina ha sido demostrada por Freese y col. (1961) usando bacteriófagos T4; también se ha demostrado la acción mutagenética sobre el bacteriófago S13 que contiene un solo filamento en su DNA (Tessman y col., 1964). La prueba más categórica del efecto mutagenético de la hidroxilamina fue obtenida por Freese y Strack (1962), quienes mutaron "in vitro" con hidroxilamina al ácido desoxirribonucleico transformante purificado de *Bacillus subtilis*; en la Figura 23 se aprecia la formación de nuevos mar-

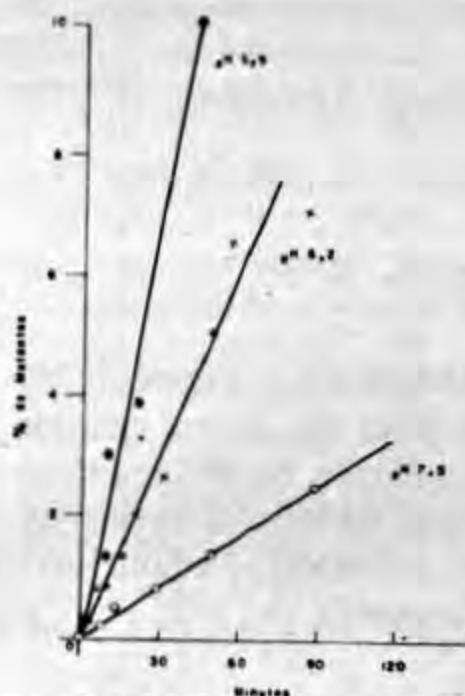


Fig. 23.—Formación de mutaciones por hidroxilamina. (Tomado de Freese y Strack, 1962).

cadore genéticos a diferentes tiempos y diversos pH; usando la misma concentración de hidroxilamina, a pH ácido la inducción de mutaciones es mejor y es precisamente a este pH donde se favorece la reacción con citosina (Schuster, 1961). A diferencia de la especificidad mutagenética sobre citosina, Tessman y col. (1956) encontraron que el tratamiento "in-vivo" con hidroxilamina del bacteriófago S13 es capaz de inducir cualquier tipo de transición.

ch) Agentes que eliminan directamente bases del DNA.—Otro grupo de sustancias que reaccionan directamente con el DNA, son aquellas que quitan bases del mismo o sean los agentes alquilantes; en la Tabla III se encuentran algunos de los agentes alquilantes que han sido más estudiados.

La evidencia existente (Reiner y Zamenhof, 1957; Strauss y Wahl, 1964; Ludlum y col. 1964) sugiere que las purinas y especialmente la guanina son eliminadas al tratar con agentes alquilantes; en la Figura 24 se pueden observar los dos estados mesoméricos de la desoxiguanosina etilada. A partir de uno de ellos (I) se puede liberar el grupo etilo y se regenera la desoxigua-

nosina (III); a partir del otro (II) se libera etilguanina (IV) y la desoxirribosa, o sea que en este último caso se elimina la guanina. La acción mutagenética de los agentes alquilantes se puede

TABLA III  
AGENTES ALQUILANTES

Agentes	Efecto mutagenético mostrado en	Referencia
Sulfato de dietilo	Bacteriófago T4	Loveless, 1959
Sulfato de dimetilo	<i>Escherichia coli</i>	Strauss, 1962
Etanosulfonato de etilo	Bacteriófago T4	Bautz y Freese, 1960.
Metanosulfonato de etilo	Bacteriófago T4	Loveless, 1959
Metanosulfonato de metilo	Bacteriófago T4	Loveless, 1959
Trietilenmelamina.	<i>Escherichia coli</i>	Szybalski, 1958

explicar según Bautz y Freese (1960), de acuerdo con la Figura 25, si por ejemplo, en el par G-C de la molécula de DNA inicial se elimina la guanina por acción del agente alquilante, en la primera replicación el filamento con citosina dirige la biosíntesis del hilo complementario y

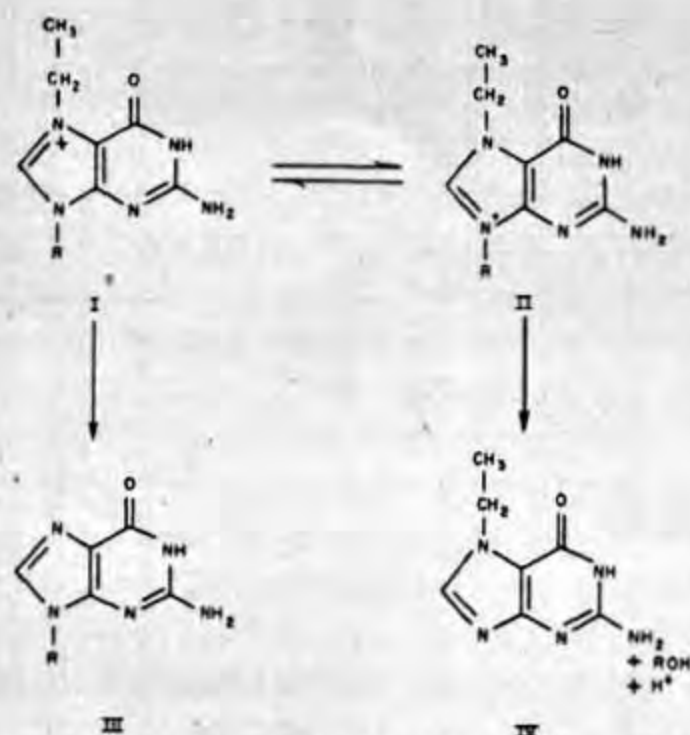


Fig. 24.—Etilación de la desoxiguanosina y eliminación de etilguanina: I y II = Estados mesoméricos de la 7-etildesoxiguanosina. III = Liberación del grupo etilo. IV = Descomposición en 7-etilguanina y desoxirribosa (Tomado de Freese, 1963).

se forma una molécula de DNA idéntica a la inicial; en cambio el filamento donde se eliminó la guanina también dirige la biosíntesis de su complementario; pero al llegar al sitio donde falta la guanina se puede incorporar cualesquier base (A, T, C o G) en el nuevo filamento que se está formando, en la segunda replicación el filamento que se formó en la primera dirige la

biosíntesis de su complementario, presentándose por lo tanto cuatro cambios probables, el par inicial G-C sufre una transición a A-T, el par inicial G-C se cambia por transversión a T-A

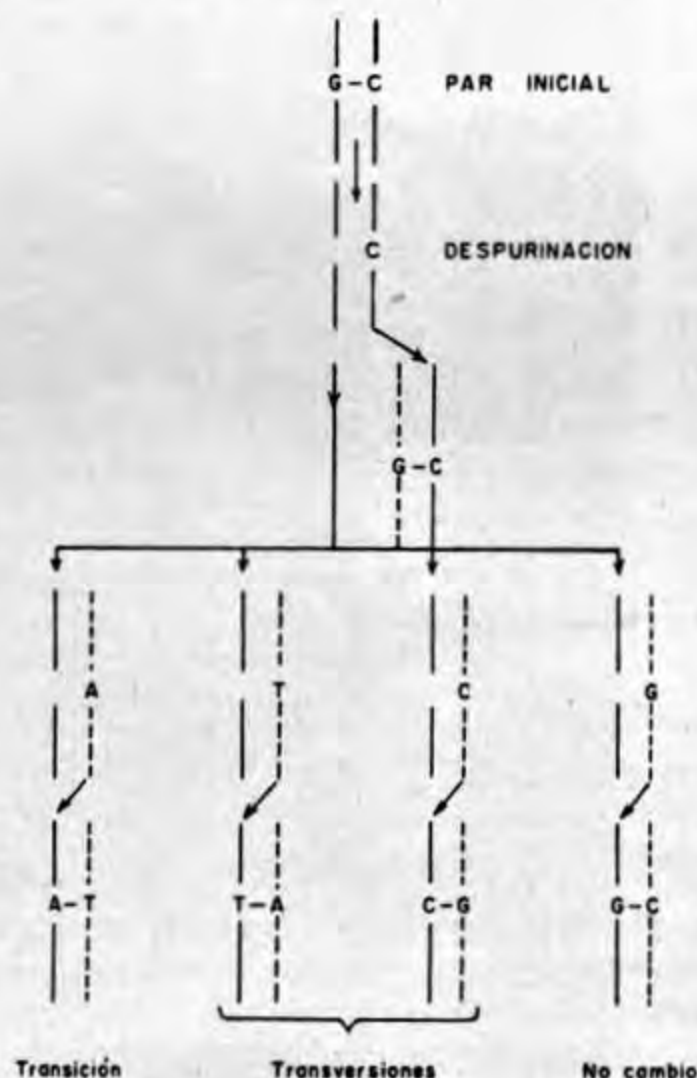


Fig. 25.—Mecanismo propuesto para explicar la acción mutagenética de los agentes alquilantes. (Tomado de Hayes, 1964).

o C-G, o bien el par G-C inicial se conserva y no hay mutación. Otro mecanismo que se ha propuesto tiene como base el apareamiento erróneo entre la 7-etil guanina y la timina, que daría una transición de G-C → A-T (Krieg, 1963 b).

Se ha sugerido también un mecanismo de mutación por agentes alquilantes basado en la formación de 3-etil adenina, la cual podría esperarse que se aparee con citosina para producir una transición de A-T a G-C (Krieg, 1963 a). Ronen (1964), sugiere que la diferente forma de reversión por sulfato de dietilo de auxotrofos de *Salmonella typhimurium* se puede explicar considerando que, aquellas mutantes que tienen pares G-C en el sitio de mutación revierten principalmente por errores de apareamiento de la guanina alquilada, y aquellas mutantes que tienen pares A-T en el sitio de mutación lo hacen por eliminación de la etil adenina. Se ha descrito el efecto mutagenético del metanosulfonato de etilo sobre el bacteriófago T4 (Green y Krieg, 1961), sin embargo no está claro si la mutación ocurrió durante el tratamiento

"in-vitro" o durante la reproducción del bacteriófago en la bacteria. Al tratar DNA transformante "in-vitro" con metanosulfonato de metilo y calentamiento a 50°, disminuye su actividad biológica, y parece que esta inactivación ocurre por eliminación de bases púricas (Strauss y Wahl, 1964).

El tratamiento con soluciones ácidas (pH 1,6 a 4) también causa la eliminación de guanina y adenina (Tamm y col., 1952), y además es mutagenético para el bacteriófago T4 (Freese, 1959 a).

En la Tabla IV se resumen las sustituciones de pares de bases que es de esperarse produzcan los agentes químicos antes mencionados; el 5-bromouracilo, 2-aminopurina y el ácido nitroso darían transiciones  $A-T \leftrightarrow G-C$  en ambos sentidos; la hidroxilamina transición  $G-C \rightarrow A-T$  en un solo sentido; el etanosulfonato de etilo puede dar la transición  $G-C \rightarrow A-T$  y la transversión  $G-C \leftrightarrow G-C$  en doble sentido. Con objeto de tener algunas evidencias, aunque indirectas, de estas sustituciones, se han realizado experimentos que consisten en inducir

TABLA IV

SUSTITUCIONES DE PARES DE BASES QUE SE SUPONE INDUCEN VARIOS AGENTES MUTAGENÉTICOS QUÍMICOS

Agente mutagenético	Sustitución	Tipo de sustitución
5-Bromouracilo (BU)	$A-T \leftrightarrow G-C$	Transición en doble sentido
2-Aminopurina (AP)	$A-T \leftrightarrow G-C$	Transición en doble sentido
Acido nitroso (AN)	$A-T \leftrightarrow G-C$	Transición en doble sentido
Hidroxilamina (HA)	$G-C \rightarrow A-T$	Transición en un sentido
Etanosulfonato (EES) de etilo	$G-C \rightarrow A-T$	Transición en un sentido
	$G-C \rightarrow T-A$	Transversión
	$G-C \leftrightarrow C-G$	Transversión

mutaciones por medio de un agente mutagenético y estudiar su reversión a la cepa original por el mismo y por otros agentes químicos, midiéndose la proporción de mutantes revertidas. Los principales datos encontrados por Freese y col. (ver las citas de este autor y colaboradores en la Bibliografía) están resumidos en la Tabla V. Consideremos primero 5-bromouracilo, 2-aminopurina y ácido nitroso, los cuales es de esperarse que den transiciones  $A-T \leftrightarrow G-C$  en ambos sentidos; vemos que esto se cumple para el ácido nitroso ya que revierte todas las mutaciones pro-

ducidas por el mismo y las inducidas por BU y AP; por el contrario, aunque todas las mutaciones inducidas por BU son revertidas por AP y todas las producidas por AP son revertidas por BU, solamente una minoría es revertida por el mismo agente que las produjo, lo cual significa que las transiciones producidas por BU son principalmente en un sentido, y las inducidas por

TABLA V

REVERSIÓN DE MUTACIONES INDUCIDAS POR VARIOS AGENTES MUTAGENÉTICOS QUÍMICOS\*

por Mutación inducida	Proporción de mutantes revertidas por					Sustituciones deducidas
	BU	AP	AN	HA	EES	
BU	±	++	++	-	-	$G-C \rightarrow A-T$ $A-T \rightarrow G-C$
AP	++	±	++	+	+	$A-T \leftrightarrow G-C$
AN	+	+	++	..	..	$G-C \rightarrow A-T$
HA	+	++	..	-	..	$G-C \rightarrow A-T$
EES	+	+	..	..	±	$G-C \leftrightarrow C-G$ $G-C \rightarrow T-A$

\* Tomada de Hayes, 1964.

++ Reversión de casi 100%

+ Reversión de la mayor parte

± Reversión de la minoría

- No reversión

.. No determinada

AP son en sentido contrario a éstas. En el caso de la hidroxilamina es de esperarse que dé transiciones en un solo sentido  $G-C \rightarrow A-T$ , lo cual es consistente con el hecho de que las mutantes inducidas por HA no fueron revertidas por este mismo compuesto. También se observa que las mutaciones inducidas por BU no fueron revertidas por HA, sugiriendo que el 5-bromouracilo favorece también la transición  $G-C \rightarrow A-T$ . Como la 2-aminopurina favorece transiciones en sentido contrario a BU, es de esperarse revierta las mutantes producidas por HA, lo cual se comprueba en la Tabla V, por lo tanto 2-aminopurina debe favorecer la transición  $A-T \rightarrow G-C$ .

Por lo que respecta al etanosulfonato de etilo (EES), se observa como revierte casi todas las mutantes inducidas por AP pero no hace lo mismo con las formadas por BU, indicando que produce transiciones en el mismo sentido que BU, es decir,  $G-C \rightarrow A-T$ ; parte de las mutaciones inducidas por EES fueron revertidas por este mismo compuesto, pero no lo fueron por ácido nitroso, indicando que no son transiciones sino transversiones de tipo  $G-C \leftrightarrow G-C$ , por último, parte de las mutantes inducidas por EES no fueron revertidas ni por este mismo compuesto ni por el ácido nitroso, lo que indica que no se

trata de transiciones sino de transversiones en un solo sentido  $G-C \rightarrow T-A$ . Aunque estos resultados son muy sugestivos, hay que tomarlos con la debida reserva, en primer lugar porque en algunos de los experimentos se usó un número

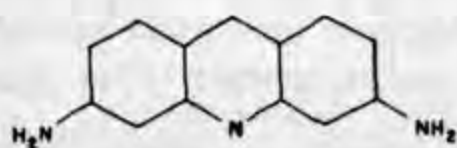


Fig. 26.—Proflavina.

muy pequeño de mutantes, y en segundo lugar porque algunos de los agentes químicos estudiados, como ya se ha mencionado anteriormente, quizá dan lugar a otras reacciones químicas diferentes con las bases, además de las esperadas. *d). Sustancias que en forma indirecta producen eliminaciones o inserciones de pares de bases.* La acción mutagenética de BU, AP, HNO<sub>2</sub> e hidroxilamina constituye una evidencia indirecta y algunos de los resultados experimentales están de acuerdo con la hipótesis de Watson y Crick (1953b) para explicar la mutación, o sea la sustitución de un par de bases por otro debido a errores producidos durante la copia del DNA. Sin embargo, no todas las mutaciones son de este tipo, ya que hay otros agentes químicos que parece producen ganancia de pares de bases llamadas *inserciones*, o pérdida de pares de bases llamadas *eliminaciones*. En esta clase de compuestos tenemos a la proflavina (Fig. 26), la cual se une firmemente al DNA.

El complejo DNA-proflavina se ha examinado mediante variadas técnicas físicas y químicas; la evidencia obtenida (Lerman, 1963) sugiere que a bajas concentraciones de proflavina, ésta



Fig. 27.—Intercalación de la proflavina en el DNA (Tomado de Hartman y Suskind, 1965).

se intercala entre los pares de bases adyacentes del DNA (Fig. 27), alargando la distancia entre las bases vecinas a 6,8Å, es decir el doble de la distancia a que se encuentran en el ADN normal.

Brenner y col. (1961), han propuesto que las mutaciones producidas por este compuesto se pueden explicar de acuerdo con la Figura 28; supongamos que durante la replicación del DNA, una molécula de proflavina se inserta

entre dos bases adyacentes del filamento plantilla al mismo tiempo que se está formando el filamento complementario (Fig. 28 a), como resultado de esto queda un espacio en el fila-

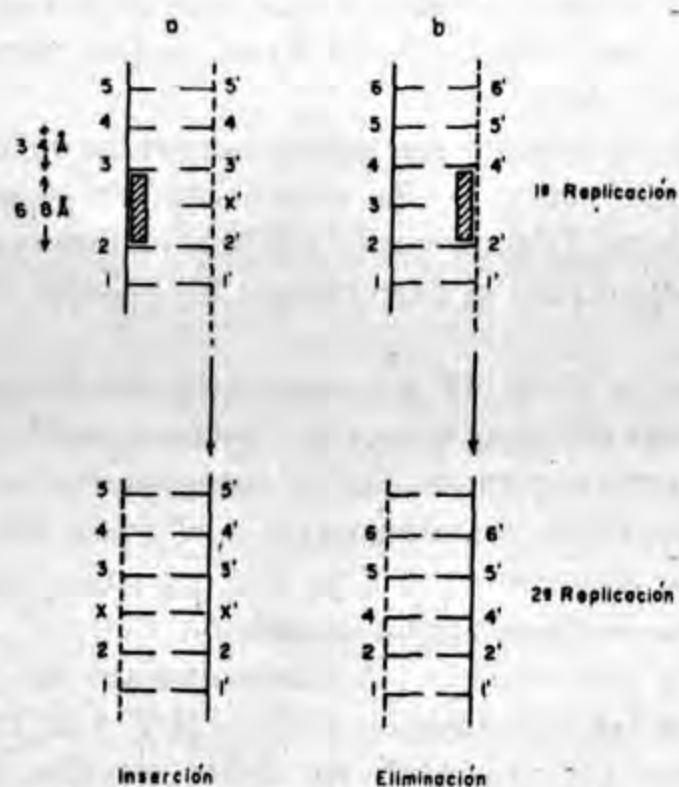


Fig. 28.—Mecanismo propuesto para explicar el efecto mutagenético de la proflavina. La proflavina está representada por un rectángulo rayado (Tomado de Hayes, 1964, pág. 295).

mento plantilla que puede ser ocupado por una base extra ("X") en el filamento complementario, durante la segunda replicación la base "X" se aparea a su complementaria X' en tal forma que la molécula de DNA tiene ahora un par "X"-X' que no había en la original, es decir se ha presentado una inserción. Si por el contrario la proflavina se intercala en el nuevo filamento que se está formando (Fig. 28b), v.g. entre la base 2' y la siguiente, entonces la base complementaria de 3 no se incorpora en el nuevo filamento, en la siguiente replicación al eliminarse la proflavina, el filamento en el cual faltó la incorporación de una base dirige la biosíntesis de su molécula de DNA que no tiene el par 3-3', es decir se presentó una eliminación.

La proflavina es mutagenética para bacteriófago (Brenner y col., 1958), su acción mutagenética se ha descrito también en bacterias (Witkin, 1947). Aunque evidencia indirecta (Brenner y col., 1961) apoya la hipótesis de que la proflavina actúa produciendo ganancia o pérdida de pares de bases en la molécula del DNA, hasta ahora no hay evidencia física o química directa que la confirme.

#### EFFECTO MUTAGENÉTICO DE LA LUZ ULTRAVIOLETA Y DE LA LUZ VISIBLE

Además de los agentes mutagenéticos químicos tenemos los agentes físicos, uno de los más



estudiados ha sido la luz ultravioleta. Ya en 1941, Hollander y Emmons describieron la mutación de un dermatofito del género *Trichophyton*, encontrando el espectro de acción para la inducción de mutaciones que se muestran en la Figura 29. Como se vé la máxima eficiencia de mutación se encuentra a 260 mμ y disminuye en ambos extremos; si superponemos el espectro de absorción del DNA o RNA coincide en

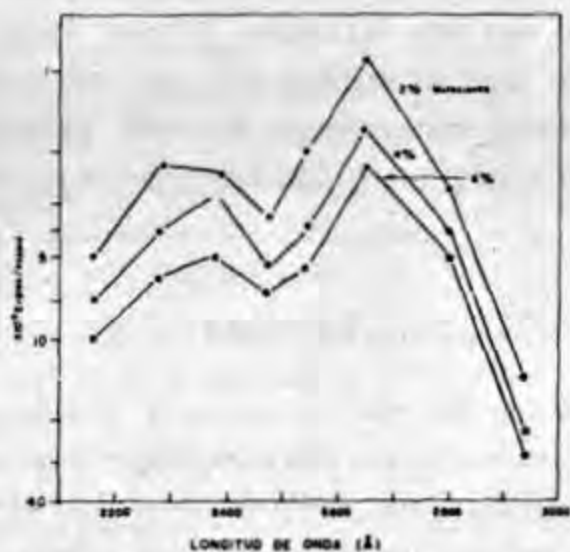


Fig. 29.—Espectro de acción para las mutaciones inducidas por la luz ultravioleta en *Trichophyton mentagrophytes* (Tomado de Hollander y Emmons, 1941).

su mayor parte con el espectro de acción. Esta coincidencia ha sido demostrada en muchos otros casos y fue la razón por la que, desde un principio, se atribuyó a los ácidos nucleicos la propiedad de ser afectados por la luz ultravioleta y dar origen a mutaciones. Modernamente se ha demostrado que la luz ultravioleta tiene acción directa sobre los ácidos nucleicos; Beukers y Berends (1960), encontraron que la irradiación con luz ultravioleta de soluciones concentradas de timina produce un dímero de timina con la fórmula que se vé en la Figura 30; este dímero fue obtenido también por Wacker y col. (1960a) del DNA de bacterias irradiadas con luz ultravioleta. Alcántara y Wang (1965), al irradiar timina en solución acuosa con luz ultravioleta han identificado los compuestos 5-hidroxi-metiluracilo, 5-formiluracilo, 5-carboxiuracilo y uracilo (Fig. 31) y proponen que el paso inicial en la oxidación del metilo puede ser un peróxido.

Witkin (1961), ha acumulado evidencia indirecta que sugiere que la luz ultravioleta al actuar sobre el DNA produce directamente la mutación, la cual se incorporaría al DNA al producir errores de copia.

No se conoce a la fecha cual pueda ser la relación entre este cambio mutagenético producido directamente en el DNA y los dímeros de

timina o los productos encontrados por Alcántara y Wang. Si este fuera el mecanismo de mutación, es de esperarse la mutación "in vitro" del DNA transformante purificado. Cabrera-Juárez y Herriott (1963), realizaron experimentos tra-

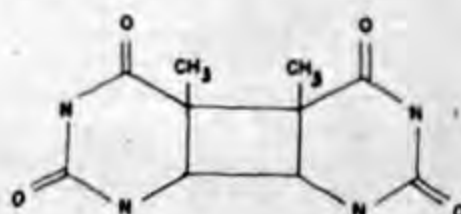


Fig. 30.—Dímero de timina.

tando de mutar "in vitro" con luz ultravioleta el DNA transformante de *Haemophilus influenzae*; se puede observar en la Figura 32 que la luz ultravioleta inactiva el marcador genético de resistencia a la estreptomycin, ya sea en el DNA nativo, esto es doble hélice, o en el desnaturizado, de una sola hélice; sin embargo, a pesar de que se varió una serie de factores físicos y biológicos durante la irradiación, no fue posible, aparentemente, mutar "in vitro" el DNA transformante.

Debe tomarse muy en cuenta la hipótesis del grupo de Doudney (Doudney y Young, 1962), que considera que la luz ultravioleta produce un cambio mutagenético en el DNA, pero que su estabilización, fijación y expresión están sujetas a la influencia de una serie de procesos metabólicos críticos, tales como la síntesis de ácido ribonucleico y de proteínas. Podemos decir entonces que el mecanismo para la inducción de mutaciones por luz ultravioleta es todavía un misterio (Setlow, 1966).

La luz visible es también capaz de producir mutaciones a través de un efecto fotodinámico. Con este método se han producido mutaciones en diferentes bacterias (Kaplan, 1949. Simón y

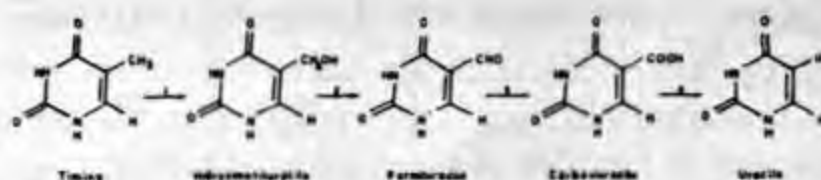


Fig. 31.—Productos obtenidos por irradiación con luz ultravioleta de la timina en solución acuosa (Tomado de Alcántara y Wang, 1965).

Van Vunakis (1962), han encontrado que la acción fotodinámica sobre el DNA produce destrucción principalmente de guanina. Singer y Frankel Conrat (1966), han descrito la mutación por acción fotodinámica del RNA del virus del mosaico del tabaco, sin embargo no se conoce cual sea el probable mecanismo para explicar

el efecto mutagenético de la acción fotodinámica.

Cabrera-Juárez (1964), ha descrito la inactivación con luz entre 330-360  $m\mu$  del DNA transformante de *Haemophilus influenzae*, esta

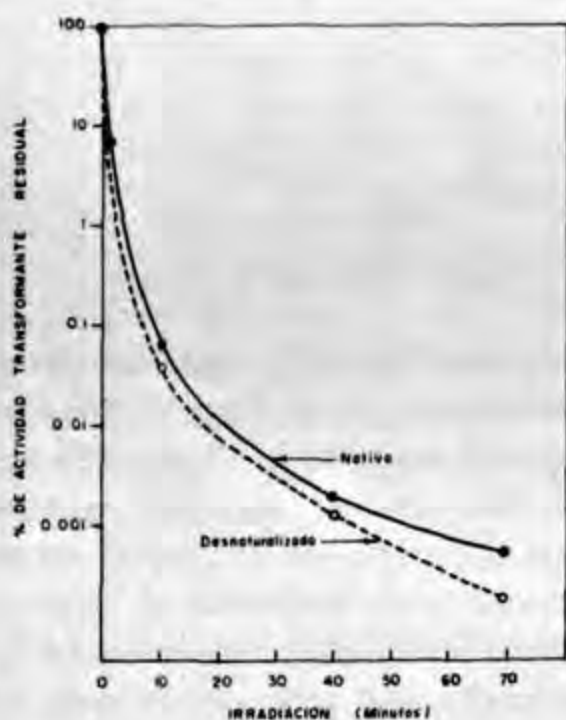


Fig. 32.—Inactivación con luz ultravioleta del marcador de resistencia a estreptomicina en DNA nativo y desnaturizado. (Tomado de Cabrera-Juárez y Herriott, 1963).

inactivación no requiere la presencia de oxígeno ni de la adición de una sustancia sensibilizadora, es por lo tanto diferente a la acción fotodinámica de la luz visible; no fue posible, aparentemente, mutar "in vitro" el DNA transformante de *H. influenzae* por acción de esta energía radiante.

#### AGENTES MUTAGENÉTICOS POCO CONOCIDOS

Existen Diversos agentes mutagenéticos difíciles de clasificar por que se conoce poco o nada acerca del sitio químico de su acción. Tales agentes son por ejemplo el  $MnCl_2$  que es mutagenético para bacterias (Demerec y Hanson, 1951); el 1-N-óxido de la 4-nitroquinolina que es mutagenético para virus y bacterias (Endo y col. 1961); también se ha descrito que el agua pesada ( $D_2O$ ) induce mutaciones en bacterias y bacteriófagos que crecen en su presencia (De Giovanni, 1960;).

#### MUTACIONES ESPONTÁNEAS

Se ha dejado para el final un comentario acerca de las mutaciones espontáneas, o sea aquellas mutaciones producidas bajo condiciones "normales" de crecimiento; la frecuencia y especificidad de estas mutaciones puede depen-

der del medio de crecimiento, temperatura, pH, etc. De acuerdo con la hipótesis de Watson y Crick (1953b), es de esperarse que alguna de estas mutaciones se deban a transiciones del DNA, pueden también esperarse eliminaciones cuando una base no es copiada, o bien inserciones cuando es copiada dos veces. Experimentalmente se ha observado que la mayor parte de las mutantes espontáneas de bacteriófago T4 no son revertidas por análogos de bases (Freese, 1959a) aunque sí lo son por acridinas (Orgel, 1964), lo que indicaría que al menos en este microorganismo la mutación espontánea se debe principalmente a eliminaciones o inserciones de pares de bases.

#### RESUMEN

Después de que Watson y Crick (1953b), expusieron su teoría para explicar la producción de mutaciones por errores de copia, se ha acumulado evidencia indirecta que apoya este mecanismo, como las ya mencionadas transiciones que es de esperarse produzcan los análogos de bases,  $HNO_2$ , hidroxilamina, o bien las transversiones que puede causar el etanosulfonato de etilo. Estudio de otros agentes mutagenéticos químicos como la proflavina indican la existencia de otros mecanismos de mutación como las llamadas eliminaciones e inserciones. La evidencia directa que apoye estos mecanismos nos deberá indicar el reemplazamiento de un par de bases en la molécula del DNA, quizá esto no sea posible hasta que se cuente con métodos para determinar la secuencia exacta de bases en el ácido desoxirribonucleico.

#### AGRADECIMIENTOS

El autor agradece el permiso que otorgaron los siguientes autores y editores para el uso de las figuras correspondientes: Alcántara y Wang, Ed. Pergamon Press, Fig. 31; Cabrera-Juárez y Herriott, Ed. American Society for Microbiology, Fig. 32; Fraenkel-Conrat, Ed. Academic Press, Fig. 18; Freese, Ed. Academic Press, Fig. 24; Freese y Strack, Ed. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A., Fig. 23; Hartman y Suskind, Ed. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A., Fig. 27; Hayes, Ed. Blackwell Scientific Publications, Figs. 2, 4, 12, 13, 14, 16, 17, 21, 25, 28, y Tabla V; Horn y Herriott, Ed. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A., Figs. 19 y 20; Stahl, Ed. Prentice Hall, Figs. 1, 3, 5, 6, 7, 11, 12;

## NOTA BIBLIOGRÁFICA

ALCÁNTARA, R. y S. Y. WANG, Photochemistry of thymine in aqueous solution. *Photochem. Photobiol.*, 4: 473-476, 1965.

BAUTZ, E. y E. FREESE, On the mutagenic effect of alkylating agents. *Proc. Natl. Acad. Sci., U. S. A.*, 46: 1585-1594, 1960.

BEUKERS, R. y W. BERENDS, Isolation and identification of the irradiation product of thymine. *Biochim. Biophys. Acta*, 41: 550-551, 1960.

BRENNER, S., L. BARNETT, F. H. C. CRICK y A. ORGEL, The theory of mutagenesis. *J. Mol. Biol.*, 3: 121-124, 1961.

BRENNER, S., S. BENZER y L. BARNETT, Distribution of proflavine induced mutations in the genetic fine structure. *Nature*, 182: 983-985, 1958.

CABRERA-JUÁREZ, E., Nitrous acid reactivation of ultraviolet irradiated transforming DNA from *Haemophilus influenzae*. *J. Gen. Physiol.*, 47: 279-296, 1963.

CABRERA-JUÁREZ, E., "Black light" inactivation of transforming deoxyribonucleic acid from *Haemophilus influenzae*. *J. Bacteriol.*, 87: 771-778, 1964.

CABRERA-JUÁREZ, E., Estructura de los ácidos nucleicos y sus características de transmisores de información genética. *Ciencia, Méx.*, 25 (2): 41-54, 1966.

CABRERA-JUÁREZ, E. y R. M. HERRIOTT, Ultraviolet irradiation of native and denatured transforming deoxyribonucleic acid from *Haemophilus influenzae*. *J. Bacteriol.*, 85: 671-675, 1963.

DE GIOVANNI, R., The effects of deuterium oxide on certain microorganisms. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 84: 644-647, 1960.

DEMEREK, M. y J. HANSON, Mutagenic action of manganese chloride. *Cold Spring Harbor Symposia Quant. Biol.*, 16: 215-228, 1951.

DOUDNEY, C. O. y C. S. YOUNG, Ultraviolet light induced mutation and deoxyribonucleic acid replication in bacteria. *Genetics*, 47: 1125-1138, 1962.

DUNN, D. B. y J. D. SMITH, Incorporation of halogenated pyrimidines into the deoxyribonucleic acids of *Bacterium coli* and its bacteriophages. *Nature*, 147: 305-306, 1954.

ENDO, H., A. WADA, K. MIURA, Z. HIDAKA y C. HIRUKI, Mutation in tobacco mosaic virus induced by a new carcinogen, 4-nitroquinoline N-oxide. *Nature*, 190: 833-834, 1961.

FRAENKEL-CONRAT, H., "Design and function at the threshold of life: The viruses". pág. 42: Academic Press, Nueva York, 1962.

FREESE, E., On the molecular explanation of spontaneous and induced mutations. *Brookhaven Symposia in Biology*, Nº 12: 63-75, 1959 a.

FREESE, E., The specific mutagenic effect of base analogues on phage T4. *J. Mol. Biol.* 1: 87-105, 1959 b.

FREESE, E., The difference between spontaneous and base-analogue induced mutations of phage T4. *Proc. Natl. Acad. Sci., U. S. A.*, 45: 622-633, 1959 c.

FREESE, E., Molecular mechanism of mutations. En "Molecular Genetics" (Ed. por J. H. Taylor) Parte I, págs. 207-269: Academic Press, Inc., Nueva York, 1963.

FREESE, E., E. BAUTZ y E. BAUTZ - FREESE, The chemical and mutagenic specificity of hydroxylamine. *Proc. Natl. Acad. Sci., U. S. A.*, 47: 845-855, 1961.

FREESE, E., E. B. FREESE y E. BAUTZ, Hydroxylamine as a mutagenic and inactivating agent. *J. Mol. Biol.*, 3: 133-143, 1961.

FREESE, E. y H. B. STRACK, Induction of mutations in transforming DNA by hydroxylamine. *Proc. Natl. Acad. Sci., U. S. A.*, 48: 1796-1803, 1963.

GEIDUSCHEK, P., "Reversible" DNA. *Proc. Natl. Acad. Sci., U. S. A.*, 47: 950-955, 1961.

GREEN, D. M. y D. R. KRIEG, The delayed origin of mutants induced by exposure of extracellular phage T4 to ethyl methane sulfonate. *Proc. Natl. Acad. Sci., U. S. A.*, 47: 64-72, 1961.

GREER, S. B., Growth inhibition and their antagonists as mutagens and antimutagens in *Escherichia coli*. *J. Gen. Microbiol.*, 18: 543-564, 1958.

HANDSCHUMACHER, R. E. y A. D. WELCH, Agents which influence nucleic acid metabolism. En "The Nucleic Acids" (Ed. por E. Chargaff y J. N. Davidson) Vol. III, págs. 453-526: Academic Press, Inc., Nueva York, 1960.

HAYES, W., "The Genetics of Bacteria and their Viruses" Studies in Basic Genetics and Molecular Biology. págs. 229, 230 y 271-304: Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1964.

HOLLAENDER, A. y C. W. EMMON, Wave length dependence of mutation production in the ultraviolet with special emphasis on fungi. *Cold Spring Harbor Symposia Quant. Biol.*, 9: 179-186, 1941.

HORN, E. E. y R. M. HERRIOTT, The mutagenic action of nitrous acid on "single stranded" (denatured) hemophilus transforming DNA. *Proc. Natl. Acad. Sci., U. S. A.*, 48: 1409-1416, 1962.

IYER, V. N. y W. SZYBALSKI, The mechanism of chemical mutagenesis. I. Kinetic studies on the action of triethylene melamine (TEM) and azaserine. *Proc. Natl. Acad. Sci., U. S. A.*, 44: 446-456, 1958.

KAPLAN, R. W., *Nature*, 163: 573, 1949.

KORNBERG, A., Pathways of enzymatic synthesis of nucleotides and polynucleotides. En "The Chemical Basis of Heredity" (Ed. W. D. McElroy y B. Glass), pág. 579-608: Johns Hopkins Press, Baltimore, 1957.

KRIEG, D. R., Ethyl methane sulfonate-induced reversion of bacteriophage T4 rII mutants. *Genetics* 48: 561-580, 1963 a.

KRIEG, D. R., Specificity of chemical mutagenesis. En "Progress in Nucleic Acid Research" (Ed. J. N. Davirson y W. E. Cohn) Vol. 2, pág. 125-168: Academic Press, Nueva York, 1963 b.

- LERMAN, L. S., The structure of the DNA-acridine complex. *Proc. Nat. Acad. Sci., U. S. A.*, **49**: 94-102, 1963.
- LITMAN, R. M., Genetic and chemical alterations in the transforming DNA of *Pneumococcus* caused by ultraviolet light and by nitrous acid. En "Deoxyribonucleic Acid" (Ed. Societe de Chemie Physique) pág. 119-126: The Mac Millan Co., Nueva York, 1961.
- LOVELESS, A., The influence of radiomimetic substances on deoxyribonucleic acid synthesis and function studied in *Escherichia coli*, phage systems. III. Mutation of T2 bacteriophage as a consequence of alkylation in-vitro: The uniqueness of ethylation. *Proc. Roy. Soc. London, Ser. B*, **150**: 497-508, 1959.
- LUDLUM, D. B., R. C. WARNER y A. J. WAHBA, Alkylation of synthetic polynucleotides. *Science*, **145**: 397-399, 1964.
- NOVICK, A., Mutagens and antimutagens. *Brookhaven symposia in Biology*, N° 8: 201-215, 1956.
- ORGEL, A., Citado en: Hayes, W., "The Genetics of Bacteria and their Viruses". Studies in Basic Genetics and Molecular Biology. pág. 292: Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1964.
- PRATT, D. y G. S. STENT, Mutational heterozygotes in bacteriophages. *Proc. Natl. Acad. Sci., U. S. A.*, **45**: 1507-1515, 1959.
- REINER, B. y S. ZAMENHOF, Studies on the chemical reactive groups of deoxyribonucleic acids. *J. Biol. Chem.*, **228**: 475-486, 1957.
- RONEN, A., Back mutation of leucine-requiring auxotrophs of *Salmonella typhimurium* induced by diethylsulphate. *J. Gen. Microbiol.*, **37**: 49-58, 1964.
- RUDNER, R., Mutation as an error in base pairing. *Biochem. Biophys. Research Commun.*, **3**: 275-280, 1960.
- SCHUSTER, H., The reaction of tobacco mosaic virus ribonucleic acid with hydroxylamine. *J. Mol. Biol.*, **3**: 447-457, 1961.
- SCHUSTER, H. y H. G. WITTMANN, The inactivating and mutagenic action of hydroxylamine on tobacco mosaic virus ribonucleic acid. *Virology*, **19**: 421-430, 1963.
- SETLOW, J. K., The molecular basis of biological effects of ultraviolet radiation and photoreactivation. En "Current Topics in Radiation Research" (Ed. M. Ebert y A. Howard), pág. 195-248: North Holland Publishing Co., Amsterdam, 1966.
- SIMON, M. I. y H. VAN VUNAKIS, The photodynamic reaction of methylene blue with deoxyribonucleic acid. *J. Mol. Biol.*, **4**: 488-499, 1962.
- SINGER, B. y H. FRAENKEL-CONRAT, Dye-catalyzed photoinactivation of tobacco mosaic virus ribonucleic acid. *Biochemistry*, **5**: 2446-2450, 1966.
- STAHL, F. W., "The Mechanios of Inheritance". pág. 30, 31, 37-60: Prentice-Hall, Inc., Nueva Jersey, 1964.
- STAHL, F. W., J. M. CRASEMANN, L. OKUN, E. FOX y C. LAIRD, Radiation sensitivity of bacteriophage containing 5-bromodeoxyuridine. *Virology*, **13**: 98-104, 1961.
- STRAUSS, B. S., Response of *Escherichia coli* auxotrophs to heat after treatment with mutagenic alkyl methanesulfonates. *J. Bacteriol.* **83**: 241-249, 1962.
- SZYBALSKI, W., Special microbiological Systems. II. Observations on chemical mutagenesis in microorganisms, *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **76**: 475-489, 1958.
- TAMM, C., M. E. HODES y E. CHARGAFF, The formation of apurinic acid from the deoxyribonucleic acid of calf tymus. *J. Biol. Chem.*, **195**: 49-63, 1965.
- TESSMAN, I., Mutagenesis in phages  $\phi$  X 174 and properties of the genetic material. *Virology*, **9**: 375-385, 1959.
- TESSMAN, I., The induction of large deletions by nitrous acid. *J. Mol. Biol.*, **5**: 442-445, 1962.
- TESSMAN, I., H. ISHIWA y S. KUMAR, Mutagenic effects of hydroxylamine in-vivo. *Science*, **48**: 507-508, 1965.
- TESSMAN, I., R. K. PODDAR y S. KUMAR, Identification of the altered bases in mutated single-stranded DNA. I. In-vitro mutagenesis by hydroxylamine, ethyl methane sulfonate and nitrous acid. *J. Mol. Biol.*, **9**: 352-363, 1964.
- TRAUTNER, T. A., M. N. SWARTZ y A. KORNBERG, Enzymatic synthesis of deoxyribonucleic acid, X. Influence of bromouracil substitutions on replication. *Proc. Natl. Acad. Sci., U. S. A.*, **48**: 449-455, 1962.
- VIELMETTER, W. y H. SCHUSTER, The base specificity of mutation induced by nitrous acid in phage T2. *Biochem. Biophys. Research Commun.*, **2**: 324-328, 1960.
- WACKER, A., H. DELLWEG y D. WEINBLUM, Strahlens-chemische veränderung derbakterien-desoxyribonuclein säure in-vitro. *Naturwiss.*, **47**: 477, 1960 a.
- WACKER, A., S. KIRSCHFELD y L. TRÄGER, Über den einbau purin-analoger verbindungen in the bakterien-nucleinsäure. *J. Mol. Biol.*, **2**: 241-242, 1960 b.
- WATSON, J. D. y F. H. C. CRICK, The structure of DNA. *Cold. Spring Harbor Symposia Quant. Biol.*, **18**: 123-131, 1953 a.
- WATSON, J. D. y F. H. C. CRICK, Genetic implications of the structure of deoxyribonucleic acid. *Nature*, **171**: 964-969, 1953 b.
- WITKIN, E. M., Mutations in *Escherichia coli* induced by chemical agents. *Cold Spring Harbor Symposia Quant. Biol.*, **12**: 256-269, 1947.
- WITKIN, E. M., Modification of mutagenesis initiated by ultraviolet light through posttreatment of bacteria with basic dyes, *J. Cellular Comp. Physiol.*, **58**: Suppl. 1, 135-144, 1961.

## Comunicaciones originales

**APORTACIONES SOBRE LOS HONGOS ALUCINO-  
GENOS MEXICANOS Y DESCRIPCION DE UN  
NUEVO PSILOCYBE\***

El área de distribución en México de los hongos alucinógenos, conocida hasta 1960 según Guzmán (2), incluía los Estados de Chiapas, Oaxaca, Veracruz y Puebla dentro de las zonas tropicales y subtropicales y a los de Tlaxcala y México en las regiones frías; se conocía además una localidad subtropical en Hidalgo, citada por Heim y Cailleux (4) a fines de 1959 (ver el mapa de la Fig. 7).

En la vertiente del Océano Pacífico sólo se tenían los lugares de San Agustín Loxicha y Yaitepec, en Oaxaca, y el de Tacaná, en Chiapas; sin embargo, en 1959 Guzmán (1) manifestó la posibilidad de que en otros parajes de la vertiente del Pacífico podrían existir hongos alucinantes, concretamente en las sierras de Guerrero, Morelos, Michoacán y Colima, según estudios ecológico-climáticos comparativos.

En 1961 en un viaje que efectuó el autor a la región de El Salto, Durango, acompañando al Dr. Cándido Bolívar, tuvo oportunidad de coleccionar en el camino hacia Mazatlán (Sinaloa), dos especies de hongos alucinógenos; uno de ellos resultó ser nuevo para la ciencia, y el otro interesante desde el punto de vista de la nueva localidad.

Se dan las gracias a todas las personas que ayudaron en el desarrollo de este trabajo, muy particularmente a las Srtas. Ana María Pascoe, Catalina Salinas y Olga Vivar. En forma especial se agradece al Dr. J. Rzedowski, por sus valiosos consejos y críticas sobre el trabajo.

*Psilocybe bolivari* Guzmán, n. sp.

(Figs. 1-6)

*Pileus* (20-) 30-40 (-90) mm *latus*, *campanulatus* *demum* *convexus*, *umbonatus*, *glaber*, *lubricus* *brunneis* *alutaceus*, *hygrophanus*. *Lamellae* *subadnatae*, *brunneis* *alutaceus* *vel* *atropurpureo* *brunneo*. *Stipes* 30-100 x 3-8 mm, *cavis*, *squamuloso*, *pallidus* *albidus*. *Sporae* (5.6-) 6.4-7.2 (-8.5) x (3.2-) 3.5-4 (4.8)  $\mu$ , *ellipsoideae*. *Pleurocystidia* 20-30 x 5.6-8  $\mu$ . *Queilocystidia* 13-20

\*La versión original de este trabajo se presentó en el III Congreso Mexicano de Botánica, realizado en la Ciudad de México en el mes de octubre de 1966.

x 4-7  $\mu$ . *Hyphae* *fibulatis*. *Typus*: G. Guzmán 4803 (ENCB) (*Isotypus*: MICH).

*Pileo* (20-) 30-40 (-90) mm de diámetro, *campanulado* a *convexo*, con *umbo* bien definido en las primeras fases; márgenes *lisos* a *semisurcados* por *transparencia*, a veces *lobulosos*. Superficie *lisa* de aspecto *grasoso*, color *café-amarillento* a *café oscuro*, *higrófana*; se le forma un *disco superior* de color *oscuro* y *translúcido* en contraste con los márgenes que son color *café-amarillentos* y *opacos*. En *seco* el *pileo* se manifiesta de color *café*, *irregularmente manchado* de *café-rojizo*, *negruzco* o *amarillento* y *estriado*. *Velo fugaz* sobre el *pileo*, pero algunas veces *persistente* a través de *granulaciones blancas radiales*, en la zona superior al margen o directamente en el borde, en forma de *prolongaciones cortináceas*.

*Láminas subadnatas*, *delgadas*, no muy *apretadas* entre sí, de color *uniforme amarillento* a *café rosado*, llegando a *café-purpúreo oscuro*; los bordes son a veces *blanquecinos*.

*Estípite* de 30-100 mm de longitud por 3-8 mm de grosor, *hueco*, *centrado*, *semiuniforme* en diámetro, pero un poco más ancho en la base; fuertemente *escamoso-veloso* (en *seco* sin embargo, parece ser *liso*); color *blanquecino* a *amarillento* (en *formol* se conserva *concolor* con el *pileo*). Restos del *velo* muy *irregulares*, ocasionalmente en forma *anular* en la parte superior del *estípite*; se presentan de color *blanco* y están en *íntima relación* con las *velosidades* del *estípite*.

*Contextura* *carnosa* en el *pileo* y *concolor* con la superficie, *fibrosa* y *blanquecina* a *amarillenta* en el *estípite*. Olor *suave*, semejante al del *moho* o al *rábano*; sabor *ligeramente amargo-farináceo*.

*Reacciones químicas*. El *KOH* provoca en el *pileo* la aparición lenta de una *mancha* de color *café* con un *halo verdoso*; sobre el *estípite* el mismo reactivo da en forma *instantánea* *coloración rojo oscura verdosa*. Todo el hongo se *mancha* con facilidad de *azul-verdoso* al *maltratarse* o *frotarse* con los dedos; dichas *manchas* se manifiesta de color más *oscuro* en los *ejemplares conservados* en *formol*.

*Esporas* de (5.6-) 6.4-7.2 (-8.5) x (3.2-) 3.5-4 (-4.5)  $\mu$ , *cilíndricas* o *ligeramente comprimidas*, *elipsoidales* en *vista frontal*; presentan una

prolongación papilar opuesta al poro germinal; son de color café-amarillento claro en KOH o



Fig. 1.—*Psilocybe bolivari* Guzmán, n. sp., tipo; esporóforos.

cloral o color café-amarillento grisáceo en azul-algodón con lactofenol; la pared es lisa y delgada, de 0,8  $\mu$  de grosor.

Basidios tetraspóricos, de 14-20 x 4-5,6  $\mu$ , claviformes o fusoides, con un estrangulamiento central; se presentan finamente granulados observados con picroformol de Hollande o intensamente azules bajo el azul-algodón (en KOH poco pueden diferenciarse); los esterigmas son robustos, en forma de garra y de 3-4  $\mu$  de longitud.

Pleurocistidios escasos, granulados, claviformes o subpiriformes y de 20-30 x 5,6-8  $\mu$ . Queilocistidios numerosos, subhialinos, claviformes u ovoides, a veces con una aguda prolongación apical de pared gruesa —más de 1  $\mu$ —; tanto los pleurocistidios como los queilocistidios, se observan bien con azul-algodón o picroformol de Hollande, no así en KOH.

Trama en disposición más o menos paralela al himenio. Las hifas en general son de 2,4-8  $\mu$  de diámetro, con paredes delgadas (menos de 1  $\mu$ ). Hifas laticíferas presentes principalmente en el pileo; son vermiformes, ramificadas, de color amarillo oro y de 3,2-4,8  $\mu$  de diámetro. Las hifas del pileo son gigantes, de 60-80 x 16-25  $\mu$ , pseudocistidiales. Fibulas conspicuas en todas las hifas.

Hongo terrícola, común en arcillas erosionadas de color anaranjado, sin vegetación herbácea y con una insolación absoluta.

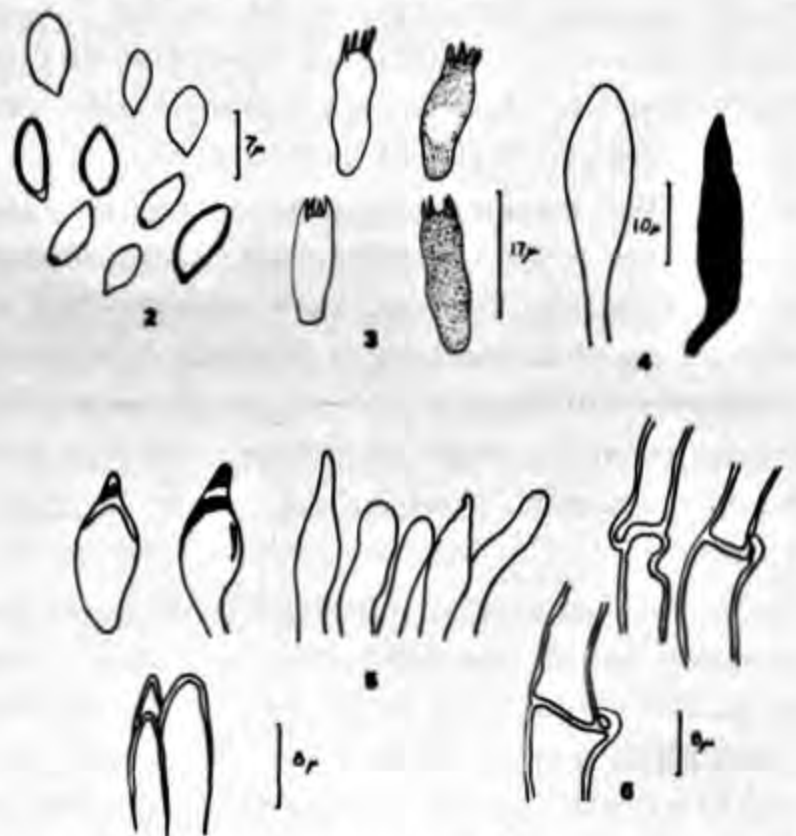
**Discusión.**—Las escamas y vellosidades del estípite, la robustez del esporóforo, los cistidios y las hifas gigantes del pileo, son las características diferenciales de esta especie, respecto a las demás consideradas en la Sección *Caerules-*

*centes* Singer (6). *Psilocybe bolivari* es próxima a *P. candidipes* Singer et Smith en cuanto a la forma y tamaño de las esporas, pero se distingue bien de aquélla en el esporóforo y en los cistidios (ver Singer y Smith, 5:141). También se relaciona con *P. mixaeensis* Heim, de la cual se separa por tener esporas elipsoidales y no rómbicas, por el estípite central y no excéntrico, y por las escamas y vellosidades del mismo que faltan en aquélla (ver Heim y Wasson, 3:169).

En cuanto a sus propiedades alucinógenas, no se conocen datos sobre el empleo de este hongo por los indígenas. No obstante, parece ser una especie típicamente neurotrópica, dadas sus características organolépticas y morfológicas.\*

En el habitat en el que se encontró el hongo en discusión, fue colectado también *Psathyrella sepulchralis* Singer, Smith et Guzmán, bajo las mismas condiciones ecológicas.

El nombre de la especie está dado en honor del Dr. Cándido Bolívar, de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas.



Figs. 2-6.—*Psilocybe bolivari* Guzmán, tipo, 2, esporas; 3, basidios; 4, pleurocistidios; 5, queilocistidios; 6, fibulas.

**Material estudiado.**—SINALOA, Carretera de El Salto (Durango) a Mazatlán (Sinaloa), Temple, cerca de Palmillas, alt. 1 750 m, bosque subtropical con *Pinus* y *Quercus*; 21, sept. 1961, G. Guzmán 4803 (Tipo: ENCB, Isotipo: MICH).

LOCALIDADES DE HONGOS ALUCINÓGENOS CITADAS POR PRIMERA VEZ

Además de la localidad típica de *Psilocybe bolivari* Guzmán, situada en Sinaloa, se registran

\* Dichas características se refieren al sabor y olor y a las manchas azul-verdoso del esporóforo, que consideran Singer y Smith (6) y Guzmán (1).

ahora dos sitios más para los hongos neurotrópicos mexicanos, uno en Morelos y el otro en Guerrero, los que por su interés en el estudio

se el hecho interesante de que todas ellas quedan en relación con la isoyeta de los 1 000 mm de precipitación (según datos de Vivó y Gómez,



Fig. 7.—Distribución de los hongos alucinógenos subtropicales en México, en relación a la isoyeta de los 1 000 mm.

fitogeográfico de estos hongos, se discuten aquí.

Las tres nuevas localidades son las siguientes:

- 1) Temple, Sinaloa. Carretera El Salto, Dgo. a Mazatlán, Sin., cerca de Palmillas, Sin. Alt. 1 750 m
- 2) 8 Km al SE de Chichihualco, Guerrero. Alt. 1 380 m\*
- 3) Camohmila, SE de Tepoztlán, Morelos. Alt. 1 600 m

En el mapa que acompaña se puede observar la situación de estas tres localidades, en comparación con las ocho ya conocidas en la misma zona aquí llamada subtropical (para diferenciarla de la tropical y de la templada-fría, en donde existen otras especies de hongos). Nóte-

7), lo que sugiere una igualdad ecológica entre las mismas.

Geográficamente los tres sitios en discusión pertenecen a la vertiente del Océano Pacífico; el de Sinaloa en forma directa y otros a través de la cuenca del Balsas. Altitudinalmente se encuentran entre los 1 380 y 1 750 m.

El clima, según los datos tomados de Vivó y Gómez (7), parece ser más o menos igual en las tres localidades (salvo la observación hecha sobre la zona de Chichihualco); dicho clima se caracteriza por ser templado y húmedo, con lluvias repartidas entre los meses de junio a septiembre; la precipitación anual varía alrededor de los 1 000 mm. En cuanto al sistema de Koeppen el clima es de tipo Cwag. Llama la atención que las localidades con hongos alucinógenos en la vertiente del Golfo de México presentan también este clima, además del Cfwbg, que se diferencia por ser un poco más húmedo. Por otra parte, ya se ha hecho ver la relación existente entre las localidades aquí discutidas y las hasta ahora citadas en la zona subtropical del país, en cuanto a la isoyeta de los 1 000 mm. Precisamente esta relación ha permitido unifor-

\* Basada en la colecta Pascoe, julio 7, 1966, de *Psilocybe mexicana*, depositada en el Herbario de ENCB, sin embargo, tomando en cuenta que las condiciones ecológicas de dicha localidad son diferentes a las requeridas por los hongos alucinógenos subtropicales, ya que presenta un bosque de *Quercus* con clima seco, según Rzedowski (en comunicación personal), se sospecha que dicha colecta se efectuó en Rincón de la Vía (SE de Chilpancingo), en donde existen las condiciones favorables para el desarrollo de tales hongos, localidad en la que la Srta. Pascoe también hizo colectas.

mar la distribución de los hongos alucinógenos en México.

Desde el punto de vista de la vegetación, las localidades de Morelos y Sinaloa, quedan enmarcadas dentro de la del tipo subtropical, afín al bosque decíduo del Golfo de México ("cloud forest" de Leopold), aunque florísticamente diferente. Esta vegetación corresponde con lo que llaman bosque mesófilo de montaña, típico de la vertiente del Pacífico, a altitudes variables entre 1 000 y 2 000 m; dicha vegetación se caracteriza por estar restringida a cañadas húmedas y generalmente presenta transición con los bosques de *Pinus* y *Quercus*. Los elementos arbóreos que la representan son, entre otros, *Clethra*, *Juglans*, *Carpinus*, *Fraxinus* y *Ostrya*. Es ésta la vegetación observada por el autor en San Agustín Loxicha, Oaxaca, en la misma vertiente del Pacífico (Guzmán, 1). Hay que aclarar que *Psilocybe mexicana* sólo prospera en áreas deforestadas y cubiertas con pastos rasantes ("potreros") y que *P. bolivari* únicamente se ha encontrado en suelos erosionados desprovistos de vegetación.

Referente a los hongos alucinógenos colectados en las tres nuevas localidades, a excepción de *P. bolivari*, son característicos del bosque decíduo del Golfo de México. Las especies registradas son:

*Psilocybe mexicana* Heim

a) del SE de Chichihualco, Gro.  
Pascoe, julio 7, 1966.

b) de Camohmila, SE de Tepoztlán, Mor.  
Salinas, julio 10, 1966.  
Vivar, julio 10, 1966.

*Psilocybe bolivari* Guzmán

de Temple, Sin. Guzmán 4803.

*Psathyrella sepulchralis* Singer, Smith et Guzmán  
de Temple, Sin. Guzmán, 5150.

La primera especie fue descrita de Huautla de Jiménez (Oaxaca) y más tarde se ha encontrado prácticamente en todas las demás localidades subtropicales de los hongos alucinógenos; es común en los claros de los bosques, en praderas artificiales ("potreros") con pastos rasantes. *Psathyrella sepulchralis* sólo era conocido de Huautla de Jiménez y de San Agustín Loxicha (localidad típica), en Oaxaca, como especie arvense (el habitat de la localidad típica lo integraba una tumba cubierta por la hierba); en Sinaloa se le encontró sobre arcillas removidas en el terraplén de una carretera (localidad típica de *Psilocybe bolivari* Guzmán).

Con estas tres nuevas localidades en la vertiente del Pacífico, sumadas a las dos ya conocidas en Oaxaca en la misma vertiente, se establece un contacto ecológico definitivo entre la vegetación del declive del Golfo y la del Pacífico, en base a que las especies de hongos neurotrópicos resultan ser las mismas en ambas zonas, con excepción de *Psilocybe bolivari* Guzmán.

#### RESUMEN

Una nueva especie de hongo alucinógeno es descrita, *Psilocybe bolivari* Guzmán, colectada por el autor en el Estado de Sinaloa, en la carretera de El Salto (Durango) a Mazatlán (Sinaloa). Se da a conocer además dos localidades, situadas en Morelos y Guerrero, no citadas en la bibliografía de los hongos alucinógenos; éstas, junto con la de Sinaloa, confirman las suposiciones del autor formuladas en 1959 de la existencia de tales hongos en la vertiente del Océano Pacífico.

#### SUMMARY

A new species of hallucinogenic mushroom is described, *Psilocybe bolivari* Guzmán, collected by the author in the State of Sinaloa, between El Salto, Durango and Mazatlan, Sinaloa. Two new localities, in addition to the already mentioned at Sinaloa are discussed here; all these belong to the Pacific region and confirm the author's suppositions (1959) on the distribution of this fungi in Mexico.

GASTÓN GUZMÁN

Lab. de Micología, Departamento de Botánica,  
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I.P.N.  
México, D. F.

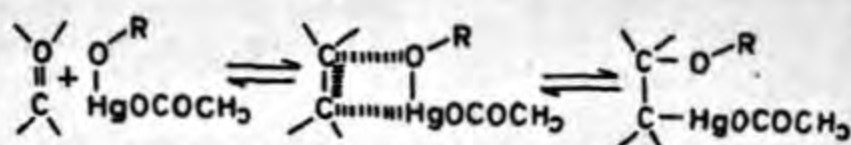
#### NOTA BIBLIOGRÁFICA

1. GUZMÁN, G., Estudio taxonómico y ecológico de los hongos neurotrópicos mexicanos. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I.P.N., México, D. F., 1959 (sin publicar).
2. GUZMÁN, G., Nueva localidad de importancia etnomicológica de los hongos neurotrópicos mexicanos. *Ciencia (Méx.)*, 20: 85-88, 1960.
3. HEIM, R. y R. G. WASSON, Les champignons hallucinogènes du Mexique. *Mus. Nat. d'Hist. Nat., Paris*, 1958 (1959).
4. HEIM, R. y R. CAILLEUX, Nouvelles contributions à la connaissance des *Psilocybes* hallucinogènes du Mexique. *Comp. Rend. Acad. Sc., Paris*, 249: 1842-1845, 1959.
5. SINGER, R. y A. H. SMITH, New species of *Psilocybe*. *Mycologia*, 50: 141-142, 1958.
6. Singer, R. y A. H. SMITH, Mycological investigations on Teonanácatl, the mexican hallucinogenic mushrooms, II. A taxonomic monograph of *Psilocybe*, Section *Caerulescentes*. *Mycologia*, 50: 262-303, 1958.
7. Vivó, J. A. y J. C. GÓMEZ, Climatología de México. *Inst. Pan. Geogr. e Hist., México, D. F.*, 1946.



**OXIMERCURACION-DESMERCURACION  
DE 5  $\alpha$ -COLEST-2-ENO**

La oximercuración puede ser aplicada a alquenos de variada estructura (1); muchas aplicaciones prácticas de esta reacción son conocidas. A pesar del estudio intenso, la estereoquímica de la oximercuración no ha sido estrictamente establecida. Dos mecanismos diferentes han sido propuestos: Wright (2) propone un mecanismo no-iónico a consecuencia del cual la oximercuración debe proceder en forma de adición *cis*.



Winstein y colaboradores (3) propusieron en relación con su trabajo sobre la oximercuración del ciclohexano, un mecanismo iónico, análogo a la formación de un "ión de bromonio" o un complejo  $\pi$ . Según este mecanismo la oximercuración es una adición *trans*.

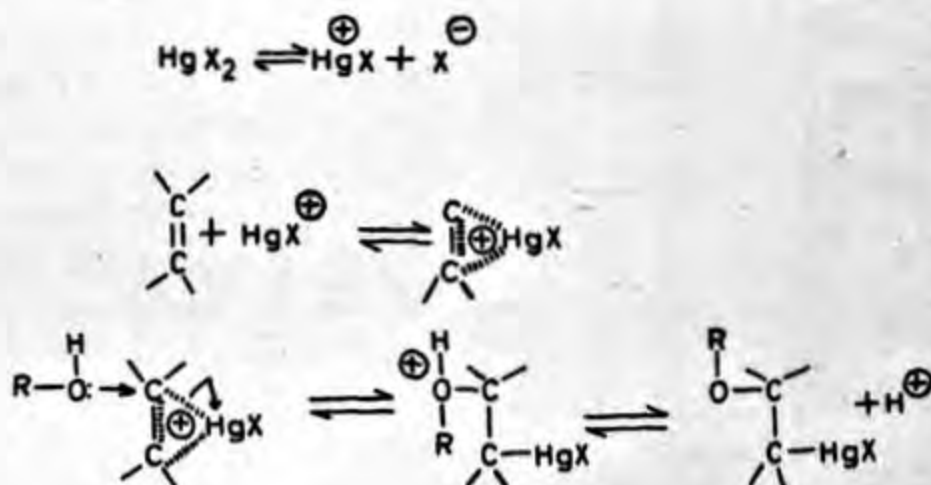
-2 $\beta$ -ol y 70% 5 $\alpha$ -colestano-3 $\alpha$ -ol. Ambos colestanoles tienen el grupo oxhidrilo en la configuración axial.

Este resultado sugiere que se forme durante la oximercuración una mezcla de complejos cíclicos de "mercuronio"  $\alpha$  y  $\beta$ . Durante la hidratación, estos abren con formación de dos isómeros biaxiales 2 $\beta$ -hidroxi 3 $\alpha$ -"mercurio" y 2 $\beta$ -"mercurio"-3 $\alpha$ -hidroxi. Reacción con hidruro de boro y sodio luego sustituye el mercurio por hidrógeno, obteniéndose así los dos colestanoles mencionados. Un mecanismo de adición *cis* daría una mezcla de 2 $\alpha$ , 2 $\beta$ , 3 $\alpha$  y 3 $\beta$ -colestanoles, parecido

a lo que se obtiene en la hidrobioración del 5 $\alpha$ -colest-2-eno (6), que procede por un mecanismo de adición *cis* a la doble ligadura.

PARTE EXPERIMENTAL

A una solución de 300 mg de 5 $\alpha$ -colest-2-eno en 20 ml de tetrahidrofurano y 4 ml de agua se adicionan 300 mg



Recientemente hemos obtenido una prueba más en favor del mecanismo propuesto por Winstein; en un sistema de ciclohexano rígido, como lo representan los esteroides, es bien sabido (4) que aunque son más estables sustituyentes en posición ecuatorial, los epóxidos abren en tal forma que dan halohidrinax biaxiales y son reducidos a alcoholes axiales. La adición de HOBr a una doble ligadura da preferentemente la halohidrina biaxial, procediendo esta reacción a través de un ión de bromonio cíclico intermedio.

Utilizando el método de Brown (5) de oximercuración-desmercuración se convirtió 5 $\alpha$ -colest-2-eno en una mezcla de 30% 5 $\alpha$ -colestano-

de acetato de mercurio. Se forma inmediatamente una suspensión amarilla de complejo mercurio. Después de agitar la mezcla a temperatura ambiente durante 24 h, se adicionaron 2 ml de 3M hidróxido de sodio acuoso, y suficiente solución 0.5M de NaBH<sub>4</sub> en 3M NaOH para reducir todas las sales de mercurio a mercurio metálico.

La capa orgánica fue separada, la capa acuosa extraída con éter, las capas orgánicas fueron combinadas y lavadas con agua a neutralidad, secadas y evaporadas. El residuo fue disuelto con hexano y la solución pasada por alúmina neutra. La alúmina fue lavada con hexano, hasta no eluir más materia prima. Los colestanoles fueron eluidos con una mezcla de 50% éter-benceno, y una muestra convertida en trimetil silil éteres con N,O-bis(trimetil silil) acetamida (7) y analizados por cromatografía vapor-líquido en una columna de 5% HI-EFF 8B-Gaschrom Q (temperatura de la columna 200°, detector 225°, flujo de Argón 150 ml/min).

## RESUMEN

Oximercuración-demercuración de 5 $\alpha$ -colest-2-eno da una mezcla de 70% 5 $\alpha$ -colestán-3 $\alpha$ -ol y 30% 5 $\alpha$ -colestán-2 $\beta$ -ol. La formación exclusiva de isómeros axiales es evidencia adicional en favor del mecanismo cíclico de la oximerización propuesto por Winstein.

JOSEF E. HERZ

y

ELIZABETH GONZÁLEZ

Departamento de Química,  
Centro de Investigación y de  
Estudios Avanzados, I.P.N.  
México, D. F.

## BIBLIOGRAFÍA

1. CHATT, J., *Chem. Rev.*, **48**: 7, 1951.  
ZEFIROV, N. S., *Russ. Chem. Rev.*, **34**: 527, 1965.
2. WRIGHT, G., *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **65**: 436, 1957.  
WRIGHT, J., *Am. Chem. Soc.*, **57**: 1993, 1935.  
BROOK, A. y G. WRIGHT, *J. Org. Chem.* **22**: 1314, 1957.
3. LUKAS, H., F. HEPNER y S. WINSTEIN, *J. Am. Chem. Soc.*, **61**: 3012, 1939.
4. FIESER, L. F. y M. FIESER, *Steroids (Reinhold (1959). p. 14.*
5. BROWN, H. C. y P. GEOGHEGAN, *J. Am. Chem. Soc.* **89**: 1522, 1967.  
BROWN, H. C. y W. J. HAMMAR, *Ibid.* **89**: 1525, 1967.  
BROWN, H. C. y J. H. KAWAKANN, S. IKIGANI, *Ibid* **89**: 1526, 1957.
6. HASSNER, A. y C. PILLAR, *J. Org. Chem.*, **27**: 2914, 1962.
7. KLEBE, J. F., H. FINKBEINER y D. M. WHITE, *J. Am. Chem. Soc.*, **88**: 3390, 1966.

*Ciencia, Méx.*, XXVI (1): 29-30, México, D. F., 25 de febrero de 1968.

# Historia de la Ciencia y la Tecnología

## LA "GUAIRA", HORNO DE FUNDICION DEL ANTIGUO PERU. ESTUDIO DE LAS REFERENCIAS DE LOS CRONISTAS\*

por

MODESTO BARGALLÓ,

Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I. P. N.  
México, D. F.

### El horno guaira

Según las descripciones de la segunda mitad del siglo XVI era un horno pequeño, portátil, de barro crudo antes del uso, forma troncocónica o troncopiramidal cuadrada, invertidas; alto, una vara (83,59 cm) o poco más; de media vara el ancho de la base superior abierta, o boca; y de una tercia, la inferior; paredes del grueso mínimo de un dedo, con orificios redondos repartidos con uniformidad o predominantes en el lado expuesto al viento; sin compartimientos; en su pie, a modo de lebrillo se recoge el metal fundido y la escoria. Su combustible era estiércol de llamas, con carbón, o sólo carbón; y el fuego era avivado por el viento que penetraba por los agujeros de sus paredes: guaira, en quechua, significa viento. Se utilizaron para la primera fundición de menas de plata; en algunas localidades se destinaron, también, al beneficio del cobre (E. Boman, 28, p. 22); y a veces, a la fusión del oro (A. de Zárate, 17, lib. 1<sup>o</sup>, cap. VIII) (V. W. von Hagen, 33, cap. 25). Además de guairas portátiles, las hubo, seguramente, fijas, de mayor tamaño; pero, su uso no se remontaría al siglo XVI. (a). (Fig. 1)

### Primeras referencias a la fundición de menas en el Perú

Los yacimientos argentíferos del antiguo Perú, se hallaban principalmente en las sierras de Cajamarca, Huamanga, Cuzco y S. O. de Bolivia; sierras que fueron holladas por los españoles, a los pocos años de iniciada la conquista. El más importante yacimiento de plata fue el de Porco, próximo al Potosí (Bolivia), explotado por los reyes Incas y el primero que hicieron beneficiar los españoles. Yacimientos de cobre explotaron los incas en el cerro de Scapi (Lipes), Curagua-

ro (Pacages) y altos de Tarabuco (Barba, 4, lib. I, cap. XXIX); en Loa y Atacama (Chile) (25) (22, p. 10); y en el N. O. de Argentina, labraron yacimiento de plata y seguramente de cobre (31), (b).

Los primeros narradores de las cosas y hechos del Perú fueron soldados de la Conquista o testigos de los tiempos iniciales del coloniaje: soldados, Hernando Pizarro, Juan Ruiz de Arce, Diego Trujillo. Francisco de Jerez y Pedro de Cieza de León; testigos, Agustín de Zárate (desde 1543 a 1549) y Garcilaso de la Vega, el Inca, que nacido en Cuzco en 1539, vivió en el Perú hasta los veinte años.



Fig. 1.—Horno guaira. Forma troncocónica, según descripciones de últimos del siglo XVI. No puede asegurarse si la base forma pieza con la parte troncocónica. (Original).

Anteriores al descubrimiento del Potosí, 1545, donde alcanzaron celebridad las guairas, son los relatos de Hernando Pizarro, 1533 (26), Francisco de Jerez, 1534 (14) y Ruiz de Arce, 1543 (30); posteriores, los de De Cieza, 1553 (11), De Zárate, 1555 (17), Diego Trujillo, 1571 (32); y del 1609 son los "Comentarios Reales" de Garcilaso (21). Sólo las narraciones de De Jerez, De Cieza, De Zárate y Garcilaso contienen referencias a los procedimientos de fundición de menas.

De Jerez, que abandonó el Perú en 1534, publicó en España, en el mismo año, su "Rela-

\* Trabajo presentado por el autor, a la sección primera del II Congreso Mexicano de Química Pura y Aplicada, celebrado en Monterrey (N. L., México), los días 13 al 16 de abril próximo pasado.

ción". En ella refiriéndose a las sierras de Cajamarca y Huánuco Viejo, narra cómo los indios sacaban la plata por torrefacción (c). Garcilaso, antes de marchar a España seguramente observaría en los antiguos incas no influidos aún por los españoles, algunas prácticas de fundición de minerales: al referirse en sus "Comentarios Reales" (lib. 2º, cap. XXVII) a "Los pocos instrumentos que los indios [prehispánicos] alcanzaron para sus oficios", sólo habla del procedimiento del fuego (al parecer, hoguera abierta) avivado por el soplo de indios en torno, provistos de canutos de cobre (d).

#### *Noticias primeras sobre guairas y guairadores*

La primera cita de los caracteres de la guaira, tanto de obras impresas como de relatos manuscritos inéditos hasta últimos del siglo pasado y hasta hace poco, sería la de De Cieza de León, que anduvo más de diez años por tierras del Perú (estaba en Potosí en 1549) y regresó a España en 1551. Su *Crónica del Perú*, se publicó en 1553: en ella, con relación a los antiguos incas, sin concretar región, dice (Cap. CIX): "hacían unas formas de barro del talle y manera de un albaquero (e) en España teniendo por muchas partes algunos agujeros o respiraderos. . . Llamam a estas formas *guairas*".

Agustín de Zárate habla de las guairas (1555) con referencia a los antiguos indios de las sierras más altas del Perú, y también de Potosí (17, lib. I, cap. VIII): "En las sierras más altas hacían unos hornillos con las puertas hacia el medio-día"; y añade, en relación con Potosí: "y aun agora se ha visto en la gran abundancia de plata que se saca en las minas de Potosí que no se puede fundir con fuelle, sino que los indios lo funden en estos hornillos, que ellos llaman *guairas*, que quiere decir viento, porque se encienden con él". Y más adelante (lib. VI, cap. IV): "la vena [de Potosí] es de tal calidad, que no sufre fundirse con fuelles y cendrada, como se hace en las otras minas, salvo que se funde en las *guairas*, que son unos hornillos pequeños encendidos con carbón y estiércol de ovejas [llamas] con la fuerza del aire, sin otro instrumento ninguno".

El P. de las Casas visitó Tierra Firme en 1520 y 1521; pero, no conoció al Perú, y para su relato sobre las *guairas*, hacia 1555, en su *Apologética* (19, cap. LXV) se inspiró en De Cieza: "hicieron ciertas macetas o vasos de barro llenos todos de agujeros, como suelen ser los albaqueros en España".

Al ser descubierto el Potosí, en 1545, según relatores y cronistas [De Zárate, 1555 (17, lib.

VI, cap. IV), Nicolás del Benino, 1573 (20), Luis Capoche, 1585 (8), P. de Acosta, 1590 (10, lib. IV, cap. VI), Fray de Ovando, 1605 (15, parte primera, caps. C y CI) gran número de indios de pueblos vecinos pasaron a Potosí, entre ellos, "guairadores de Porco". Las minas de Porco, al decir de los cronistas citados, serían las primeras coloniales en que se practicó la fundición con *guairas*; aunque no debe pasar en silencio, la noticia de De Cieza de León, que asevera que las minas de Porco en sus primeros años coloniales, se trabajaron con fuelles, en vez de *guairas*, (ya antes del descubrimiento del Potosí) (11, cap. CIX).

#### *Amplia descripción de la guaira por Luis Capoche, 1585*

Una descripción extensa de la *guaira*, tal vez la primera, es la de Luis Capoche, minero de Potosí, originario de Sevilla, contenida en un manuscrito de 1585; muy poco conocida porque el manuscrito permaneció inédito hasta 1959, en que una copia del mismo fue publicada por el sabio historiador de Hispanoamérica, Lewis Hanke (8). Capoche residía en Potosí desde antes de 1572, después de visitadas algunas ciudades del Perú, entre ellas Lima. Al escribir el manuscrito contaba 38 años de edad.

La *guaira* que describe Luis Capoche, a diferencia de las aludidas por De Cieza y De las Casas, tiene forma de pirámide cuadrangular truncada, invertida. He aquí sus palabras: "forma de barro que es tan alta como una vara común con cuatro ángulos o esquinas, prolongadas, casi cuadrada abierta por arriba; tiene hechos por sus cuatro lienzos o haces aberturas o ventanillas por que por ellas haga más efecto el viento; tiene suelo donde se remata, viniendo disminuyendo desde lo alto a lo bajo, con alambique (f) por donde destila el metal que se funde; está firme, levantada del suelo sobre un asiento a manera de pedestal, vara y media, y dos, en alto para que la señoree más el viento, de donde parece llamarse *guaira* [que] en esta lengua significa viento" (Fig. 2).

Respecto del origen de la *guaira* de barro, se expresa Capoche con excepcional originalidad: refiriéndose a la fundición en los antiguos indios del Perú, después de ocuparse del procedimiento de fuego avivado por soplos con canutos, dice: "Y las fundiciones que había de menester más fuerza aprovechaban del mismo viento, haciendo en el campo, en las partes altas, unos hornillos de piedra suelta, puestas unas sobre otras, sin barro, huecas a manera de unas torrecillas,

tan altas como dos palmos. Y ponían el metal [mineral] con estiércol de sus ganados y alguna leña, por no tener carbón (g); e hiriendo el viento por las aberturas de las piedras se fundía el metal. Y el tiempo que es maestro e inventor de las artes, enseñó a hacer de barro, por industria de Juan de Marroquí, natural de [en blanco] unas formas de barro de la hechura de esta de-



Fig. 2.—Forma troncopiramidal de guaira, descrita por Capoché y otros relatores (Original).

mostración [la copia del manuscrito no contiene dibujo alguno] que llamaron *guairachina* o *guaira* que hasta hoy conservan y usan. Como se vio rico el Marroquí se fue a Castilla y se casó en Sevilla, y puso por armas en un escudo que hizo pintar en el zaguán de su casa la guaira con mucho fuego, como inventor de ella; y siendo yo muchacho la miraba con otros que no podíamos atinar que blasón fuese”.

*Descripción del P. Baltasar Ramírez, 1597*

Amplia es, también, la descripción del P. Baltasar Ramírez, por más que no especifique con claridad la forma de la guaira. Ramírez era cura y administrador en 1573, del hospital de la Vera-Cruz, de Potosí (2) y “persona de mucha caridad y autoridad”; permaneció en el Perú unos diez años; coetáneo de Capoché. Hasta 1597 no redactó (en México) el manuscrito en que describe la guaira; de él son las siguientes líneas (27): “El modo antiguo que se tenía para beneficiar el metal antes que se introdujese el azogue [amalgamación], era una fundición de hornos de viento, los cuales llaman los indios guairas. Estos son hornos portátiles, de forma de una cajuela hecha de barro crudo de un dedo de grueso. Tiene una vara o poco más de alto y una tercia el ancho en el pié; de allí va ensanchando hasta media vara en lo más alto. Esta lleno de ojos o bocas por la delantera, por donde recibe el viento con que se enciende y funde, y en los lados y espaldas tienen otros ojos, pocos

y pequeños, por donde sale el humo. . .; hínchenlos de carbón y pónenles fuego, y en lo alto echan el metal [mineral] y poco a poco los van cebando de carbón y metal hasta que acaban lo que tienen que fundir o les falta el viento. Al pié del horno tienen puesta una cazuela de barro crudo, donde va goteando el plomo [con la plata] que corre del metal y allí se hace “tejuelo”. Con el término “cajuela”, diminutivo de caja, no define claramente Ramírez la forma geométrica de la guaira; pero, cuando no se le acompaña de un calificativo que exprese aquella, debe sobrentenderse que se trata de una forma de prisma recto rectangular más o menos perfecta: si tal quiso dar a entender Ramírez, coincidiría con Capoché en asignar a la guaira forma de pirámide cuadrada truncada, invertida. Si se tiene en cuenta que Ramírez y Capoché residían en Potosí, y fueron coetáneos en el decenio 1570-1580, no es aventurado suponer que sus descripciones de la guaira, aunque hechas en 1597 y 1585, se referían a un mismo tipo; por tanto, la guaira de Ramírez sería cuadrangular como la de Capoché; y el “alambique” a que alude el último, sería la “cazuela” a que se refiere Ramírez. Esa forma cuadrangular, pasó inadvertida a Boman y a Rivet-Arsandaux (28, p. 21) y a Carlos P. Jiménez (22, p. 13) quienes, por otra parte, al publicar sus trabajos desconocían el manuscrito de Capoché que, como hemos dicho, permaneció inédito hasta 1959. (h).

*Descripción del P. Barba, 1640*

Ha de llegarse a 1640, con el P. Alvaro Alonso Barba, que residió en el Perú (casi siempre en Potosí) desde 1588 a 1637, para encontrar un grabado de una guaira y, además, una descripción que presenta señalada particularidad: nos referimos a los rebordes u orejeras de la parte inferior de los orificios de la pared de la guaira. Barba, en su ingente obra “Arte de los metales”, 1640 (lib. IV, cap. VI) se expresa en los términos siguientes: “Los naturales de esta tierra [indios prehispánicos] como no alcanzaron el uso de nuestros fuelles, usaron para sus fundiciones hornos, que llaman Guairas, y hoy los usan todavía en la Villa Imperial [Potosí], y otras partes. Son semejantes a los [hornos] castellanos dichos: diferencianse en que por todas partes están llenos de agujeros, por donde entra el ayre cuando el viento sopla, tiempo en que solo pueden fundir. Salen, por la parte de abaxo de cada uno de estos agujeros unas como orejas pequeñas, en que se sustenta con carbón por la vanda de afuera, para que entre el ayre caliente” [Fig. 3].

De la figura de Barba no puede deducirse si el receptáculo o lebrillo del pie de la guaira es independiente o si forma parte del cuerpo de la misma, aunque induzca a creer lo último. En la descripción de Ramírez parece ser indepen-



Fig. 3.—Guaira según una figura de Barba, en "Arte de los metales".

diente. Los orificios en la figura de Barba, están repartidos uniformemente, a diferencia de la guaira descrita por Ramírez. A juzgar por el grabado de Barba, el metal fundido saldría por un orificio lateral del lebrillo del pie de la guaira. (i)

*Referencias breves a las guairas, del P. de Acosta, 1590, Fr. de Ovando, 1605 Garcilaso, 1609, y P. Cobo, 1653*

El P. de Acosta que residió en el Perú desde 1572 a 1586, se ocupa también (10, lib. IV, cap. V) de ellas: "hacían [los indios] como unos hornillos donde el viento soplabá recio... A éstos en el Perú llamaban *guayras*". Esta descripción lacónica y ambigua, apenas se explica si se tiene en cuenta que De Acosta conocía el manuscrito de Capoché, del cual copió bastantes párrafos relativos a la minería en Potosí (6).

Fr. Baltasar de Ovando (Fr. Reginaldo de Lizárraga), obispo de Concepción y de Paraguay, buen conocedor de Potosí, en su manuscrito "Descripción del Perú" (inédito hasta 1908, ed. de Lima) describe (15, cap. CI) la guaira como "hornaza que llaman *guairas*, agujereadas, del tamaño de una vara, redondas, y con el aire que entonces es más vehemente fundían su metal [mineral]; de cuando en cuando lo limpiaban y añadían carbón, como vían era necesario, y el indio fundidor para guarecerse del aire estabase al reparo de una paredilla sobre que asentaba su guaira, sufriendo el frío harto recio; derretido el metal y limpio de la escoria sacaba su tejo de plata". De Ovando advierte que las guairas

sólo las usaron los indios cuando el mineral era de riqueza superior, o sea antes de la introducción del beneficio por amalgama (Fig. 4).

Carcilaso el Inca habla de las guairas únicamente al tratar "Del azogue y como fundían el metal antes dél" (21, lib. 8º, cap. XXV) y aludiendo al Potosí, colonial: "templado assí el metal [mineral, en mezcla con galena argentífera o *zurúchec*] lo fundían con unos hornillos portátiles, a manera de anafes (j) de barro; no fundían con fuelles ni a soplos, con los cañutos de cobre, como en otra parte diximos que fundían la plata y el oro...; por lo cual dieron en fundirlo al viento natural". Nada dice Garcilaso sobre el uso de las guairas por indios prehispánicos.

El P. Bernabé Cobo que habitaba Oruro (Bolivia) en 1618, en su manuscrito Historia del Nuevo Mundo, 1653 (inédito hasta el penúltimo decenio del siglo pasado) habla (9, parte 1ª, lib. 3º, cap. XXXVIII) solamente de "unos braseros grandes de barro, que llaman *guayras*... Toda [la plata] que sacaban los indios del Perú era por este modo de fundición, porque no supieron otro beneficio, y á esta causa no aprovechaban sino los metales [minerales] muy ricos". El P. Cobo alude a los indios prehispánicos.

#### Localización de las guairas

Las crónicas y relatos (impresos o manuscritos) revisados, sólo señalan concretamente, como localidades de las guairas al Cerro de Potosí y campos vecinos, Cerro de Porco y la región de los Lípes: las tres, en época colonial. Potosí y alrededores fueron el lugar clásico, donde funcionaron simultáneamente hasta unas siete mil guairas, en sus mejores tiempos de fundición (bastante antes de 1571): según Capoché (8) había 6497 asientos de guairas; Fr. de Ovando las rebaja (15, cap. CI) a "más de 4000"; y Garcilaso las eleva hasta quince mil (21, lib. 8º cap. XXV). Número que bajó considerablemente al introducirse la amalgamación: hacia 1586, llegaban sólo a unas mil o dos mil (10, lib. IV, cap. IX); y muchas menos habría en 1603, cuando según un manuscrito de ese año, sólo se gastaban anualmente en Potosí unos 500 quintales de carbón para guairas (3).

Pedro de Cieza de León no localiza (en 1553) las guairas *incas*: las asigna a lugares indeterminados, al expresarse en la forma siguiente (11, cap. CIX): "como los incas fueron muy ingeniosos, en algunas partes que les sacaban plata debió no querer correr con fuelles [cañutos]... y... hacían unas formas de barro [guairas]".

Agustín de Zárate las sitúa en Potosí y en las sierras más altas del Perú (17, lib. 1º, cap. VIII); y da a entender que en las minas coloniales, sólo en las de Potosí se fundía con guairas: en las demás se utilizaban fuelles [y hornos castellanos]. Según De Zárate no usarían guairas las minas del Porco colonial y otras coloniales antiguas, como las de Collao (20), Berenguela y Aullaga (1),



Fig. 4.—Indio con su guaira. "...sobre un asiento a manera de pedestal, vara y media, y dos, en alto para que la señoree el viento" (Capoche). "...estábase al reparo de una paredilla..." (Fr. De Ovando).—(Dibujo de Isela Barocio, según bosquejo del autor).

Guamanga y otras (Véase las acotaciones *b* y *m*). Fr. de Ovando llegó a decir con visible error que "Cesaron totalmente las guairas desde que se empezó el beneficio del azogue [amalgamación]" (15, cap. CI) (*k*).

En un manuscrito sobre los Lipés y Atacama, de Juan Lozano Machuca, factor de Potosí, (25), del año 1581, se lee: "en todo el distrito de los Lipés, en las casas y rancherías hay hornillas de fundir y afinar plata, y muchas guairas en los cerros". Esta referencia es una de las primeras sobre el uso de guairas en minas distintas de Potosí y Porco. Los guairadores de los Lipés procederían seguramente de Potosí, al que abandonaron cuando las minas eran profundas, con menas de baja ley, impropias para la fundición: tal se deduce de un manuscrito anónimo del año 1576 (2) y del de De la Bandera, de 1586 (18). En 1585 había en los Lipés unas doscientas guairas, aparte las que los indios mantenían en secreto (8).

Luis Capoche cuenta (8) que muestras del mineral del Potosí, al ser descubierto, se ensayaron con guaira en Porco: noticia que constituye

una de las referencias más antiguas (1585) a las guairas de Porco. I P. de Acosta lo recoge (10, lib. IV, cap. VI). A lo que debe añadirse que un guairador de Porco descubrió una de las vetas iniciales del Potosí (3).

A Porco, Potosí y aledaños, y a los Lipés (las tres localidades de guairas citadas por relatores y cronistas, debe añadirse las de Tolapampa y Pulacayo (departamento de Potosí), Cobres (en la puna de Jujuy en el N. O. de Argentina), y Loa (Chile). (1) E. Boman halló (1908) una guaira, creemos que en muy buen estado, y su pedestal de piedras, en Tolapampa, cerca de Huanchaca (departamento de Potosí); encontró, también, fragmentos de barro cocido perforados, de guaira, en los cerros entre Pulacayo y Potosí (11); y zócalos y fragmentos de guaira, al parecer grande, con residuos de cobre, en Cobres (28, pp. 22-23). En la región de Loa, donde hubo explotaciones cupríferas incaicas, y también coloniales ya a fines del siglo XVI (25), R. Latcham descubrió, en 1938, restos de guairas (28, p. 23).

#### Intento de coordinación

Podían ser de tipo incaico las guairas descritas por Pedro de Cieza y Agustín de Zárate; pero, las descripciones eran resultado de observaciones de guairas confeccionada entrada la época colonial. Eran, también, coloniales las guairas reseñadas por el P. de las Casas, Capoche, Ramírez, De Ovando, Garcilaso, Barba y P. Cobo. La guaira que Boman, en 1908, describe como de tipo prehispánico, responde a los datos expuestos, principalmente, por Ramírez y Barba: es, por tanto, una guaira que puede no ser igual a la prehispánica, por más que Barba, aún en 1640, le llame "guaira de los indios" [prehispánicos].

Es probable que la guaira aludida por De Cieza fuese distinta de la primitiva, incaica o preincaica. Bien pudiera ser ésta la hornilla o "torrecilla" de piedra suelta, sin barro, y que el viento ("guaira") hería por las aberturas de las piedras; y que, según Capoche, construían en las altas sierras los "indios naturales" del Perú. Era esa torrecilla una verdadera guaira fija, aunque no fuese conocida por tal nombre; era una guaira que no deja de tener cierta semejanza con la que describe, de modo ambiguo, Agustín de Zárate, y que según él, "hacían los antiguos indios del Perú en las sierras altas".

Desde el uso inicial de la "guaira" de piedra seca, sin barro, al de la guaira propiamente dicha, de barro y paredes perforadas, transcurriría largos tiempos. El tipo de guaira visto por Bo-

man en los Lipes, 1908 (véase *k*), construida con piedras y barro a modo de mortero, es un tipo intermedio, tal vez de remoto origen. En relación con los materiales utilizados existieron, por tanto, tres tipos de guaira: el primitivo de piedras sueltas y sin barro (deducido del relato de Capoche); la guaira ordinaria de barro (según descripciones desde De Cieza a Barba); y la guaira de piedras y barro (vista por Boman). Tipo, el segundo, que con el tiempo sufrió las ligeras modificaciones contenidas en las descripciones antes expuestas.

Por el mérito que otorgamos a Capoche, cuyo manuscrito es un alarde de exactitud y minuciosidad, debemos considerar su noticia del origen colonial de la guaira de barro: noticia de excepcional originalidad. Podrían favorecerla hechos tan significativos como el que hasta el descubrimiento del Potosí, 1545, no hablan de guairas los relatores y cronistas: ni Francisco de Jerez que en 1534 asignó a los indios de las sierras del Perú el procedimiento de beneficio por torrefacción, habla de la guaira. Garcilaso (hijo de princesa inca, de Cuzco, que debió conocer lugares de la sierra antes de que recibieran marcada influencia española, sólo concede a los incas el beneficio por fuego y soplos con canuto de cobre, y no les asigna las guairas, artefacto que por su ingenio tendría que haber merecido su atención.

No ha de pasar inadvertido que no se citen hallazgos de restos de guairas en Porco, el primer yacimiento de indudable origen incaico citado concretamente por los cronistas. No deben ser olvidadas, por otra parte, la dificultad en asegurarse del origen incaico o colonial de los restos de antiguas guairas, porque la mayoría de los yacimientos coloniales están superpuestos a los incaicos (*m*, *b*): tal ocurre, con Porco y Loa; aparte que únicamente las perforaciones o señales de ella en restos de hornos de barro, pueden demostrar su pertenencia a una guaira; y sólo el hallazgo de fragmentos de guairas en yacimientos ignorados por los españoles colonizadores, atestiguaría, en absoluto, su origen prehispánico.

Los hechos y consideraciones anteriores, no bastan empero, para desvirtuar la aseveración tradicional, profundamente arraigada, del origen prehispánico de la guaira de barro, que conquistadores y primeros colonizadores que beneficiaron minas, comprobarían por observación directa. Tradición conservada, explícita o sobrentendida, en los textos de los cronistas, confirmada por nuestro eximio Barba, en "Arte de los metales", y que no ha sido desmerecida por descu-

brimientos arqueológicos. La creencia de Capoche sobre el origen de la guaira de barro, parece, antes bien hija de viva imaginación, que una palmaria realidad (*n*).

## ACOTACIONES

*a*) En Mesopotamia y Palestina de unos milenios antes de C., se utilizaban hornillos de barro de paredes perforadas (*21*).

*b*) Yacimientos argentíferos y cupríferos del Antiguo Perú: de plata, en primer lugar Porco que suministraron gran parte de las riquezas del templo del Sol de Curicancha, Andacaba y Yulloma (región de Pacajes), cerro de Lin (Micuicampa), sierra de Cajamarca, Huaneso (Huánuco Viejo), Guamanga, Chíncha, Guaraz, sierras de Cuzco, Chuquiabo (La Paz), Chayanta, Chilleo, Carabaya (*5*, p. 38); en Chaquepina cerca de Berenguela, (*4*, caps. XXVII-XXVIII, lib. I). De cobre en Sabalcha (en los Lipes) y Caraguara, y región de Atacama y Loa (*5*, p. 38) y altos de Tarabuco (*4*, lib. I, cap. XXIX).

*c*) "La plata sacan en la sierra con poco trabajo, que un indio saca en un día cinco o seis marcos... la cual sacan envuelta con plomo, estaño y piedra zufre y después la apuran, y para sacarla pegan fuego a la sierra; y como se enciende la piedra zufre cae la plata en pedazos" (Francisco de Jerez, 1534).

*d*) "No alcanzaron a hazer fuelles para fundir fundían a poder de soplos con unos cañutos de cobre, largos de media braza más o menos, como era la fundición grande o chica; los cañutos cerraban por el un cabo; dexávanle un agujero pequeño, por do el aire saliese más recogido y más rezio; juntávanse ocho, diez y doze, como eran menester para la fundición. Andavan al derredor del fuego soplando con los cañutos, hoy se están en lo mismo, que no han querido mudar costumbre" (Garcilaso el Inca, 1609). El fuego a que se refiere Garcilaso debe ser de hoguera abierta, sin hornillos, pues si aludiese a éstos, apenas se concibe que se necesitase el soplo de hasta doce indios, quienes no cabrían materialmente en torno al hornillo, y más si se tiene en cuenta que era solo de media braza el largo de sus canutos.

El procedimiento de hoguera abierta, en un hoyo con mineral y carbón, y soplos con caña de bambú, era seguido por los indios de Quito, según tradición que Humboldt recogió de los indios de Lican, cerca de Riobamba (*13*, lib. IV, cap. XI) (*7*, p. 54).

En tiempos de Barba, primer tercio del siglo XVII, para beneficiar la galena, se recurría aún en Los Chichas, a excavar hoyos en el suelo, empleándose leña como combustible (*4*, lib. IV, cap. V).

De canutos o "cañones" de cobre, de tres palmos de largo, habla el minero de Potosí Luis Capoche (*8*) utilizados por los antiguos indios del Perú y el P. de las Casas citan canutos de caña o de palo hueco, para avivar el fuego de hornillos de fundición (*19*, cap. XLV).

*e*) Tiesto para plantas. En México y en España se venden tiestos o macetas para flores, que como las guairas, tiene numerosos orificios en sus paredes: se recomiendan para orquídeas.

*f*) Alambique sólo significa aquí, receptáculo que recoge un líquido que mana, o exuda un cuerpo; sin que se pueda fijar su posición respecto del cuerpo de la guaira.



g) Los incas conocían el uso del carbón, aunque escasearía en muchos lugares de las sierras, por falta de leña adecuada. Ruiz de Arce, refiriéndose a Cuzco, glosa: "quemán carbón y lo traen de muy lejos" (30).

h) Hé aquí como describe Capoché el trabajo con la guaira (8): "La manera que [los indios] tienen [de] beneficiar el metal [mineral] por Guaira es ésta: Primeramente lo muelen y lavan, sacándole la parte que tiene de tierra muerta, dejando la metálica —y a la que es muy rico no es menester lavar—, y a dos partes de metal echan una de soroche (que es metal de plomo que sacan de minas cerca de este asiento [Potosí] y tiene de dos y tres pesos de ley de plata por quintal, y si no se puede beneficiar —así por fundición grande de fuelles como por la pequeña guaira—, porque sería más la costa que el provecho), mezclando con ello ciertas crazas y cendradas, que son resultas de fundiciones pasadas. (Y a las tacanas, que es el metal riquísimo de cincuenta marcos por quintal, no lo ponen en la guaira sino en lo que va destilando de ella, que es la plata y plomo que sale derretido yéndolo fundiéndolo mézclase el metal [mineral] con el soroche para que como cosa más blanda y fácil de derretir por su humedad y blandura regale y haga correr la plata, por ser más seca, fría y dura, sirviendo de liga e incorporándola consigo, porque sin él fuérase en exhalación y humo). Después que está hecha esta mixtión, con agua, porque no se lleve el viento el metal [mineral] en polvo cuando lo ponen en la forma de barro [guaira]... llena que está de carbón ponen el metal en la manera dicha, y el aire lo hace arder..." Obsérvese la terminología aristotélica de Capoché.

i) Los primeros dibujos o pinturas de la guaira serían: el del zaguán de la casa de Juan de Marroquí, en Sevilla, al que hace referencia Capoché (pintura, seguramente anterior al año 1565); el que acompañaba al manuscrito de Capoché, 1585, y que no consta en la copia que custodia el Archivo de Indias de Sevilla; y la pintura que contenía el lienzo, también perdido, que acompañaba al manuscrito de Diego Rodríguez de Figueroa, del 1º de diciembre de 1582, fechado en Potosí (29).

j) En Tesoro de la lengua Castellana o Española, de De Covarrubias, 1611, se lee: "Alnafa. Una hornaza de hierro que debaxo tiene lumbre... y vale tanto como el soplado o al que soplan" (12). En el Diccionario de la Lengua Española de la Academia, para alnafa o anafa se indica: "hornillo portátil de hierro, barro, piedra o ladrillo y yeso".

k) A fines del siglo pasado, y aún en el actual, funcionaban algunas guairas: Lafone Quevedo las vio en la Sierra de Capillitas, 1888, (28, p. 23) Y E. Boman, entre los indios de San Vicente, Estarca y otras localidades de los Lipes, observó gran número de guairas grandes, de un metro de altura, hechas con piedra y tierra gredosa, a modo de mortero, y con orificios cuadrados, 1908 (28, p. 23).

l) No puede dudarse del origen prehispánico de los yacimientos de cobre de la provincia de Atacama: "hasta hace pocos años (decía el Ing. Carlos P. Jiménez, en 1924) se podía ver el cerro de Chuquicamata acribillado por pequeñas cavidades llamadas *llamperas*, donde el hallazgo de herramientas de piedra condujo a caracterizar antiguas explotaciones prehispánicas" (22, p. 10). Ha de advertirse, no obstante, que los incas, según Diego Trujillo (32) tenían en Cuzco "galpones de barretas de cobre,

llenos, atados de diez en diez, que eran para las minas".

En el manuscrito de Juan Lozano Machuca, 1581 (25) se aconseja al virrey la explotación de los yacimientos de Atacama y Loa: "se podrían labrar muchas minas que hay en aquella comarca, en especial en el mismo puerto de Atacama, a la lengua del agua y parte donde con sinceles [sic] se podrá cortar el cobre fino como V. lo verá por la muestra que lleva Diego Enrique... y poderse llevar cobre por todo el reino y á España por el Estrecho [de Magallanes]"; y más adelante añade: "desde el puerto de Pisagua e Hiquehique [Iquique] hasta el puerto de Loa hay muchas minas de plata y oro, de cobre y plomo... y el Inga pretendió echar el río de Mauri... para lo cual rompió siete leguas de tierra."

ll) Pulacayo forma parte del grupo minero de Huanchaca.

m) Una relación de las primeras minas coloniales, en el Reino del Perú contiene la obra de Barba (4, lib. I, caps. XXVII, XXVIII y XXI), y nuestro libro *La minería y la metalurgia en la América Española durante la época colonial* (cap. VI), 1955.

n) Según Capoché, el mineral del Potosí fue ensayado con guaira en Porco; en caso de ser Juan Marroquí el inventor de la guaira de barro, el invento tendría que haberse realizado antes del descubrimiento del Potosí, 1545, probablemente en Porco. Marroquí se enriquecería en Potosí, donde residiría algunos años. Si Marroquí hubiese sido, como afirma Capoché, el inventor de la guaira de barro, su nombre, recordado por los mineros de aquel Cerro, hubiese sido captado por los cronistas y relatores; y ninguno de ellos, a excepción de Capoché, cita a Marroquí.

#### NOTA BIBLIOGRÁFICA

1. ALVAREZ, ANTONIO, Relación de la ciudad de La Plata. Archivo de Indias de Sevilla. Mss. núm. 24, legajo, "Descripciones y poblaciones de América". En (23, tomo II, p. 81)
2. ANÓNIMO, Memorial de preguntas cerca del aumento de Potosí por el nuevo beneficio de los azogues (1576). Biblioteca Nacional de Madrid. Mss, 3040, ff. 403 recto al 410 recto, en el título "Descubrimiento del Potosí" (Copia en la biblioteca privada de M. B.)
3. ANÓNIMO, Descripción de la Villa y minas de Potosí. Año de 1603. Biblioteca de la Academia de la Historia, Madrid. Colección Muñoz. Me. 3040, ff. 240 a 253. En (23, tomo II, p. 113).
4. BARBA, ALVARO ALONSO, Arte de los metales. Madrid, 1640. (Ed. facs. México, 1925).
5. BARGALLÓ, M., La minería y la metalurgia en la América Española durante la época colonial. México, 1955.
6. BARGALLÓ, M., Sobre la introducción en el reino del Perú del beneficio de amalgamación de las menas de cano de Historia de la Ciencia. Tomo I, pp. 143-167. México, 1964.
7. BARGALLÓ, M., La Química Inorgánica y el beneficio de los metales en el México Prehispánico y Colonial. México, 1966.

8. CAPOCHE, LUIS, Relación general de la Villa Imperial de Potosí, 1585. Ed. de Lewis Hanke. Biblioteca de Autores Españoles. Tomo CXXII. Madrid, 1959.
9. COBO, P. BERNABÉ, Historia del Nuevo Mundo. Primera parte, lib 3º, cap. XXXVIII. Ed. y notas de Marcos Jiménez de la Espada. Sociedad de Bibliófilos Andaluces. Sevilla, 1890.
10. DE ACOSTA, P. JOSÉ, Historia natural y moral de las Indias, 1590.
11. DE CIEZA DE LEÓN, PEDRO, La Crónica del Perú, 1553.
12. DE COVARRUBIAS, SEBASTIÁN, Tesoro de la lengua Castellana o Española. 1611, Ed. S. A. Horta. Barcelona, 1943.
13. DE HUMBOLDT, ALEJANDRO, Ensayo político sobre el reino de la Nueva España.
14. DE JEREZ, FRANCISCO, Conquista del Perú y provincia del Cuzco, 1534.
15. DE LIZÁRRAGA, FR. REGINALDO, Descripción breve de toda la tierra del Perú, Tucumán, Río de la Plata y Chile (1605). Nueva Biblioteca de Autores Españoles. Historia de las Indias. Tomo II, pp. 485-660. Ed. de Serrano Sanz. Madrid, 1909.
16. DE OVANDO, BALTASAR, (Véase Fr. Reginaldo de Lizárraga).
17. DE ZÁRATE, AGUSTÍN, Historia del descubrimiento y conquista del Perú, 1555.
18. DE LA VANDERA, DAMIÁN, Probanza de los méritos y servicio de Damián de la Vandera, uno de los primeros pobladores del Perú y muy versado en la historia y antigüedades de aquella tierra... Potosí, 6 de mayo de 1586. Archivo de Indias, de Sevilla. Mss, Charcas, 42. (Copia en la biblioteca privada de M. B.).
19. DE LAS CASAS, FR. BARTOLOMÉ, Apologética Historia de las Indias. Nueva Biblioteca de Autores Españoles. Historia de las Indias. Tomo I. Ed. de Serrano Sanz. Madrid, 1909.
20. DEL BENINO, NICOLÁS, Relación muy particular del certo y minas de Potosí y de su calidad y labores, 1573. Biblioteca Nacional de Madrid. Mss. J 58, ff. 26 a 32. En (23, tomo II, p. 97).
21. GARCILASO DE LA VEGA, INCA, Comentarios Reales de los Incas, 1609.
22. JIMÉNEZ, CARLOS P., Reseña histórica de la minería en el Perú. En Ministerio de Fomento, Síntesis de la minería Peruana. Tomo I. Lima, 1924.
23. JIMÉNEZ DE LA ESPADA, MARCOS, Relaciones geográficas de Indias: Perú. Ministerio de Fomento. Madrid, 1884.
24. LEVEY, MARTIN, Chemical furnaces of Ancient Mesopotamia and Palestine. *Journal of Chem. Education*, XXXII (7) p. 356 (1955).
25. LOZANO MACHUCA, JUAN, Carta del factor de Potosí Juan Lozano Machuca al virrey del Perú, en donde se describe la provincia de los Lipas. Potosí, 8 de noviembre de 1581. Biblioteca Nacional de Madrid. Mss. J 58, ff. 144-146. En (23, tomo II, apéndice núm. III).
26. PIZARRO, HERNANDO, Carta de Hernando Pizarro a los oidores de la Audiencia de Santo Domingo, 24 de noviembre de 1533. En *Colección Austral*, núm. 1168. Ed. Espasa Calpe.
27. RAMÍREZ, P. BALTASAR, Descripción del reino del Perú, del sitio, temple, provincias, obispados y ciudades, de los naturales, de sus lenguas y trajes Mss. México, 1597. (Párrafos en 23, tomo II, apéndice núm. IV).
28. RIVET, P. y H. ARSANDAUX, *La métallurgie en Amérique Précolombienne*. 1946.
29. RODRÍGUEZ DE FIGUEROA, Carta y memorial de Diego Rodríguez de Figueroa al virrey don Martín Enríquez sobre cosas tocantes a este reino y minas de Potosí. 1º de diciembre de 1582. Biblioteca Nacional de Madrid. Mss. J 58, ff. 94 a 97. En (23, tomo II, apéndice núm. III). (Copia en la biblioteca privada de M. B.).
30. RUIZ DE ARCE, JUAN, Advertencias de Juan Ruiz de Arce a sus sucesores, 1543. *Colección Austral*, núm. 1168. Ed. Espasa Calpe.
31. SOTELO NARVÁEZ, Relación de las provincias de Tucumán que dio Pedro Sotelo Narváez, vecino de aquellas provincias (1583). Biblioteca de la Academia de la Historia de Madrid. Mss. En (23, 143).
32. TRUJILLO, DIEGO, Relación, 1571. *Colección Austral*, núm. 1168. Ed. Espasa Calpe.
33. VON HAGEN, VÍCTOR W., El imperio de los Incas, cap. 25 (México, 1964).

## Miscelánea

### IMPORTANTE PROGRAMA PARA EL CULTIVO DEL CAMARON ROSADO Y DEL PAMPANO EN ESTADOS UNIDOS<sup>1</sup>

El Instituto de Ciencias Marinas de la Universidad de Miami ha recibido la suma de 225,000 dólares con objeto de llevar a cabo un proyecto bianual para el desarrollo de técnicas de cultivo en masa del camarón rosado (*Penaeus duararum*) y del pámpano (*Trachinotus carolinus*). Estos donativos serán sufragados por la National Science Foundation, de Washinton, y representan una aportación realmente considerable.

El proyecto de Acuicultura del Instituto es dirigido por el Dr. Clarence P. Idyll, jefe de la División de Ciencias pesqueras, y será desarrollado en los estanques que construirán la Planta de Luz y Fuerza de Florida, en Turkey Point. Su finalidad es demostrar que en las aguas poco profundas del oceano se puede producir masivamente el camarón rosado y el pámpano, con un costo que es factible conocer. Las observaciones científicas y técnicas que se obtengan serán comunicadas a los pescadores, para que éstos puedan utilizarlas, y se escogieron precisamente esas dos especies por el elevado valor en el mercado, ya que la acuicultura es una actividad costosa.

El Dr. Durbin C. Tabb, quien está al cargo de las investigaciones sobre el camarón, proyecta poblar cada uno de los cuatro estanques de 1/8 de hectárea de que se dispondrá, con 5,000 camarones de unos 5 centímetros de largo. Esta es la especie de camarón que se pesca en Las Tortugas, y deberán crecer unos 15 cm de longitud en tres meses, en los estanques de Turkey Point.

Tan pronto como el edificio del criadero esté construido, se recogerán en Las Tortugas ejemplares hembras con óvulos maduros y serán depositados en estanques de desove bajo techo. Los huevos serán después cultivados en el criadero através de los 11 estadios larvarios y 12 postlarvarios que tienen. En este momento los camarones tendrán menos de 12 mm de longitud, y ya podrán ser colocados en los estanques al aire libre, donde pronto se comenzará a efectuar experimentos sobre cantidad y variedad del alimento, variaciones de temperatura,

salinidad, y el tamaño del estanque en relación con el del camarón. En estos momentos se están realizando pruebas sobre preferencias alimenticias del camarón rosado.

El Dr. Edwin S. Iversen está dirigiendo investigaciones sobre el pámpano. En un principio los alevines de 25 a 50 mm serán capturados en la zona de rompiente, a lo largo de la Costa Oriental de Florida, y criados en estanques de Turkey Point, hasta alcanzar un tamaño comercial (aproximadamente medio Kg). Conforme se tengan más datos para el control del ciclo vital, las operaciones de piscicultura irán siendo más desarrolladas.—JORGE CARRANZA.

### CUARTO CONGRESO EUROPEO DE ARACNOLOGOS (NO PARA ACAROLOGOS)

En el III Congreso europeo de Aracnólogos, celebrado en la ciudad de Francfort del Meno (Alemania occidental), en los días 21 a 24 de abril de 1965, se tomó el acuerdo de que la próxima reunión se celebrare en la ciudad de París, tomando como sede al "Muséum National d'Historire Naturelle", de tan elevada tradición entomológica.

La organización de esta reunión ha quedado entre las manos del Dr. Otto Kraus, de Francfort del Meno, que actuará como presidente, y de los Dres. John A. L. Cooke, de Oxford, Prof. Dr. M. Dumitresco, de Bucarest (Rumania) y Dr. Herbert W. Levi, de Cambridge, Mass. (Estados Unidos), que actuarán de vicepresidentes, y del Prof. Max Vachon, que será Secretario General de la misma.

Todos los datos e informaciones referentes a esta reunión pueden obtenerse de la Secretaría de la C. I. D. A., 61 rue de Buffon, París Ve. (Francia).—C. BOLÍVAR Y PIeltaIN.

### EL PRIMER GRAN PLANETARIO DE LA PENINSULA IBERICA<sup>1</sup>

Desde 1965, Lisboa tiene un Planetario Calouste Gulbenkian, de Zeiss-Jena, cumpliéndose así un deseo alimentado en Portugal desde hacía 170 años. El Padre Teodoro de Almeida, conocido por sus dos seudónimos Teodorico Eugenio Silvio o Doroteo de Almeida, en su libro "Recreaciones Filosóficas", describió el principio de un planetario y luego dirigió la

<sup>1</sup> Inst. of Mar. Sc., University of Miami, 22 Febr. 1968.

construcción del mismo, en el Arsenal del Ejército Real. Desde el año de 1937, la Sociedad Astronómica de Portugal, fundada en 1917, se esforzaba en serio por remediar la "falta de conocimientos astronómicos del pueblo portugués". Se había propuesto esto como un problema de primer rango.

El local de proyección del Planetario de Lisboa ofrece cómodo asiento a 340 personas. Está rodeado de un pasillo de 5,70 m de ancho, que se utiliza para la exhibición de aparatos astronómicos, modelos y fotos de astros. En un extremo se encuentra un taller donde los aficionados a la astronomía, bajo la dirección de colaboradores del Planetario, construyen anteojos y telescopios para su propio uso.

Al norte del edificio del Planetario, se ha proyectado en el Parque, la construcción de una

cúpula astronómica de 4,5 m de diámetro para un telescopio de 110 mm de diámetro de objetivo, destinado a realizar observaciones astronómicas. Una vez instalado ese observatorio tendrán lugar también observaciones nocturnas.

En el Planetario mismo, hay funciones dobles en dos días de la semana, cada sesión dura unos 50 minutos. Una proyección pública semanal es gratuita. Además se organizan proyecciones para escuelas y colegios.

El Director del Planetario es el Comandante Don Eugenio Conceição Silva profesor de la Escuela de la Marina y Miembro de la Unión Astronómica Universal. Su profesor ayudante, y encargado de las conferencias es el geofísico Sr. D. Joaquín Soaers García.—Werner Messter.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Tomado de la *Revista de Jena*, 3 (4): 254 Berlín, 1967.

## Libros nuevos

MINGOIA, QUINTINO, *Química farmacéutica*, 787 pp. Edit. Universidad de San Pablo, Brasil, 1967.

Las "Postilas" de Química farmacéutica que comentamos hace dos años (*Ciencia*, 23: 253) se han transformado ahora en un excelente libro perfectamente impreso por el departamento editorial de la Universidad de San Pablo (Brasil) de la que es profesor el autor, titular de la cátedra homónima con el libro, en la Facultad de Farmacia y Bioquímica. La presentación tipográfica es excelente y, puesto que su contenido es de primera calidad, contamos así con una obra técnica de categoría internacional que aparece en idioma portugués. Para los estudios de lengua española, el idioma portugués no representa ningún escollo extraño y, en cambio, produce una agradable sensación leer cuestiones científicas y técnicas en esa lengua hermana.

La Química farmacéutica, en otros países llamada Farmacia química como en Francia, se ocupa de la química de los medicamentos y es esencialmente química orgánica con una base de química pura pero con una marcada especialización muy peculiar que es precisamente la que recoge esta obra como texto de la materia correspondiente. Justamente, la división en que se presenta la obra destaca esa clara especialización: la división en capítulos y grupos de acción farmacológica subordinando a ella la propia química de cada uno de los grupos. De esa forma se destacan dos de las condiciones fundamentales de este aspecto de la química orgánica, a saber, las relaciones entre estructura y acción biológica y las propiedades químicas o físico-químicas que condicionan el modo de administración de los respectivos fármacos. Presentado así, el contenido del volumen —que es el de la materia misma— logra ofrecer en forma completa y moderna los conocimientos actuales sobre química de medicamentos pero, además, por su ordenación, encauza al estudioso hacia la disposición necesaria para pensar en nuevos medicamentos y planear su preparación y, eventualmente, su fabricación industrial, lo cual, evidentemente, queda subordinado a las necesidades a que obliga su condición de medicamento, de medicamento específico. Precisamente por esta condición de medicamento específico, hace años se solía utilizar en lengua española la palabra "específico" como sustantivo para designar al medicamento moderno, una costumbre que, si se ha perdido, quizá valiera la pena tratar de revivir.

Precisamente por esas razones, el autor inicia su obra con dos capítulos generales sobre la química farmacéutica, considerando las características del tema, las relaciones entre actividad y estructura, de una manera general, la influencia de los grupos funcionales, las relaciones entre propiedades físico-químicas y actividad biológica, las modificaciones de los fármacos en el cuerpo humano y, en consecuencia, el modo de actuar y el destino metabólico lo que lleva a considerar una de las fuentes más fructíferas de nuevos medicamentos cual es la de los antimetabolitos basados en analogía estructural. Después, el cuerpo de la obra se divide en los distintos grupos de acción biológica: depresores generales del sistema nervioso central (cinco capítulos), depresores selectivos excitantes del sistema nervioso central, fármacos

autonomotrópicos (cinco capítulos), cardiovasculares (dos capítulos), modificadores del cuadro hematológico, modificadores de las funciones gastrointestinales (tres capítulos), quimioterápicos (ocho capítulos), medicamentos dermatológicos y medios de contraste.

Este último capítulo sobre medios de contraste hace pensar en el criterio amplio que debe dársele al concepto de medicamento, fármaco o específico, ya que no sólo se trata de sustancias que sirvan para curar, aliviar o prevenir enfermedades sino también para diagnosticar estados patológicos, de donde se deriva la amplia formación del farmacéutico moderno como el profesional que se especializa en la química y en la biología, es decir, en la bioquímica, necesarias para asistir al médico en su ejercicio profesional. Cualquier sustancia que vaya a entrar en contacto con el cuerpo humano, sea con el fin que sea, tiene que ser considerada como medicamento o fármaco y, consecuentemente, objeto de la actividad profesional y científica del farmacéutico. Así lo ha entendido el autor, de acuerdo con ese criterio moderno de la profesión farmacéutica.

Cada capítulo, respondiendo a su enunciado y presentación de tipo farmacológico —farmacéutico—, considera las sustancias según su acción biológica y ajusta a ella la química necesaria para tratarlas. De una manera preponderante, la química farmacéutica es hoy química orgánica especializada y aplicada a ese fin concreto, pero ello no obsta para que cuando sea necesario se consideren los respectivos problemas de química inorgánica. En cada caso, también se toman en cuenta los limitados pero importantes problemas de orden físico-químico que contribuyen a dar base científica a esta química de los medicamentos. Ahora bien, como ya hemos indicado, el contenido más extenso e intenso se refiere a química orgánica, de la cual, según el mismo criterio, se toman en cuenta los aspectos sintéticos, en ocasiones analíticos, con frecuencia de productos naturales —extracción de sustancias vegetales o animales— y también a menudo considerando los aspectos bioquímicos del problema. Es decir, una verdadera integración de los conocimientos químicos en su aplicación concretamente farmacéutica.

Otro interesante aspecto de la obra que nos ocupa se refiere a la información bibliográfica. A diferencia de tantas disciplinas científicas que se desarrollan actualmente en este continente, en las que no toman en cuenta más que la bibliografía de los Estados Unidos, sean de la América mal llamada "latina" o de la América anglosajona, el autor ha balanceado en forma muy justa y equilibrada la información bibliográfica internacional pudiendo caracterizar a la obra, en este sentido bibliográfico, como de ponderada y ecuaníme presentación universal sin preferencias, prejuicios ni exclusiones. En cuanto a la evaluación bibliográfica también merece destacarse la justa forma en que se presenta: ni abrumadora relación de citas de trabajos originales ni vagas ni confusas alusiones, sino una selección muy bien hecha, al final de cada capítulo, de los artículos de referencia, de carácter fundamental, generalmente trabajos de conjunto, resumen o puesta al día, pero tam-

bién, cuando ello se justifica, la cita de algún trabajo original que resulta verdaderamente básico e importante. Para los países hispanoamericanos más avanzados, merece citarse el esfuerzo ejemplar de recoger y comentar siempre los medicamentos en relación con la Farmacopea Brasileña. Se necesita, en nuestro mundo hispanoamericano —de Europa y de América— que esos esfuerzos tengan una dimensión común a nuestro mundo de habla española y portuguesa; alguna vez hay que enfocar los textos y las exposiciones de disciplinas específicas recogiendo en común los problemas propios de cada uno de los países de nuestras dos lenguas hermanas. Al autor no se le puede pedir más; al destacar y valorar el esfuerzo personal que ha llevado a cabo en relación con su país, se antoja la necesidad de que ese intento tan meritorio y ejemplar se eleve en lo futuro a ese nivel hispanoamericano que constituye un mundo peculiar llamado a desarrollarse en forma significativa en los próximos tiempos si sabemos darle la necesaria unidad derivada de nuestras lenguas y tradiciones comunes.

Se trata pues de un excelente libro de nivel internacional, salido de uno de nuestros países sin que desmerezca para nada en comparación con los mejores en cualquier otra lengua del mundo. Como colofón, digamos que ese nivel internacional conseguido por una especialidad de la química desde un país hispanoamericano se logre en el campo de la Farmacia. Por ahora, no hay manifestaciones equivalentes en ningún otro campo de la Química, salvo en la Bioquímica que también está estrechamente ligada a la Farmacia. Ni en la química pura, en la química teórica, en la físico-química ni, mucho menos, en las distintas aplicaciones ingenieriles, se ha producido una obra original equivalente que tenga ese valor internacional. Como farmacéuticos, uqe venimos dedicados a la química farmacéutica y propugnando su carácter científico de alto nivel, nos sentimos orgullosos y satisfechos de este indiscutible éxito del Prof. Mingoia. Felicitaciones efusivas al colega ilustre y al Departamento editorial de Universidad tan destacada como la de San Pablo, que han logrado realizar y difundir obra tan acabada y de tanto nivel científico.—F. GIRAL.

BROWN, G. H., ed., *Cristales líquidos (Liquid crystals)*, 486 pp., Proc. Intern. Conf. celebrada en Kent State University. Gordon and Breach, Sc. Publ. Nueva York, 1967 (30 dólares).

Se trata de un libro clave. Y aunque los resultados del Simposio se recogieron en los últimos meses del año 1965, los editores han añadido "notas durante las pruebas", y lo han actualizado.

Para aprovechar la lectura de este Simposium, especialmente para los no iniciados en cristalografía, aconsejamos dos libros elementales: R. C. Evans, "An introduction to Crystal chemistry", de Cambridge University Press, y muy especialmente Ch. Bunn, "Crystals" de Academic Press.

Las aplicaciones biológicas (cada día más espectaculares) de los cristales líquidos podrán colegirse en los seis capítulos de esta obra. Hoy iniciaremos los comentarios de este Symposium por su lado biológico. El libro es tan importante que merece ser abordado desde distintos ángulos.

En esta reunión se discutieron 7 trabajos de impor-

tancia biológica de los cuales seis se hallan reproducidos en el libro. El séptimo, presentado por E. J. Ambrose bajo el título "Macromolecular system producing ordered structures in living cells", no se encuentra todavía en este primer volumen.

Tampoco se halla la participación de la escuela rusa, puesto que no asistió a la reunión, pero es de notar la aportación meritoria de S. Khalatoff, en el capítulo del colesterol circulante.

En la página 175 hay un trabajo de O. S. Selawry, K. S. Selawry y J. F. Holland de mucho interés por las aplicaciones que tiene en la medicina práctica. Se titula "The use of liquid cholesteric crystals for thermographic measurements of skin temperature in man". Los autores trabajan en el Departamento de Medicina de Roswell Park Memorial Institute de Nueva York.

En el artículo —ilustrado en color— nos da el detalle práctico —material y métodos— para poder determinar temperaturas zonales de la piel, verdaderos termogramas que nos indican la cantidad y calidad de la circulación subcutánea. El interés práctico se colige inmediatamente si añadimos que en cirugía vascular un punto fundamental es el de restablecer la circulación arterial, de tal modo que no haya trastornos tróficos ulteriores. W. Woodmause ha hecho muchos binarios y ternarios de colesterol (derivados de colesterol) los cuales en función de la temperatura, dan una escala cromática que se puede leer fácilmente una vez sumergida en la solución o mezcla que forman los cristales líquidos sensibles a la temperatura.

En la parte gráfica de este artículo se encuentran termogramas a color obtenidos en tumores malignos (schwanoma maligno de la ingle), en la granulomatosis de Wegener y en una mona normal.

Los otros capítulos de aplicación biológica son de C. Robinson "The Cholesteric Phase in Polypeptide Solutions and Biological Structures (p. 174). El de D. M. Small y M. Bourges "Lyotropic paracrystalline phases obtained with ternary and quaternary systems of amphiphilic substances in water; studies on aqueous systems of lecithin, bile salt and cholesterol (pp. 221-242).

El de G. T. Stewart: liquid crystals in biological systems (pp. 243-260). El de F. W. Cope, solid state mechanisms of the iron transport in biological systems".

El hecho de que los cristales líquidos sean muy sensibles a las variaciones de temperatura y cambien el color constituye el fundamento para una aplicación de menor importancia. Lo verdaderamente trascendental para el biólogo es que en nuestro organismo los ésteres de colesterol por ejemplo tienen un gran papel en el metabolismo y en los metabolopatías. Cuando se incrementa la concentración de cristales líquidos se lesiona a las células epiteliales al tiempo que estimula a las de origen mesenquimatoso (conjuntivos) y dan lugar a la formación de granulomas. No por sus propiedades químicas, puesto que los ésteres colestéricos no son tóxicos, sino que lesionan a las células por su condición física.

Hay otros organismos con mayor tendencia a formar cristales líquidos estimulantes del tejido mesenquimal, y en ellos vemos la formación de kautomatosis, esplenomegalias y estimulación de grasa en pared arterial, células de Kupfer enturbiamiento de la cornea, etc.

Sin embargo, los cristales líquidos se encuentran normalmente en muchas células vivas, tal por ejemplo en

el sistema nervioso en donde funcionan como dieléctricos, a manera de vainas con un gran poder inductor específico. También el colágeno debe a los cristales líquidos algunas de sus propiedades y el propio DNA forma cristales líquidos liotrópicos.

En este Symposium hemos aprendido además que los cristales líquidos, se distribuyen por el organismo de acuerdo a sus funciones metabólicas, ya que son muy absorbentes y representan un medio adecuado para la actuación de enzimas endocelulares.

Vivimos un momento de tránsito en la valoración biológica de los cristales líquidos, y por esta razón hemos dicho al comenzar este comentario que se trataba de un libro clave.—ANTONIO ORIOL ANGUERA.

GARCÍA-JUNCO, M., *Nuevo tratado de Química Orgánica*, 917 pp. Cía. Editorial Continental, S. A. México, D. F., 1967.

Nos agrada y satisface felicitar mancomunadamente al distinguido autor de la presente obra, así como a la Casa Editora. El atractivo acabado del libro, agradable encuadernación con una brillante expresión e impresión del texto y fórmulas, nos conducen a este verdaderamente "Nuevo Tratado de Química Orgánica".

En relativamente pocas páginas (853) ha logrado el Prof. Marcelino García-Junco presentarnos una completa imagen de la materia tratada, demostrándonos la gran maestría del autor. El verdadero don del químico predestinado, junto con las más amplias experiencias del distinguido catedrático, e investigador y consejero, acredita al libro como un tratado de gran provecho tanto para estudiantes profesionales, ingenieros químicos, etc., como en investigación y en la industria farmacéutica general y para todo profesionista conectado con problemas de química orgánica.

Seguidamente mencionaremos los 54 capítulos de la obra, cada uno de los cuales está redactado en forma atractiva, clara e instructiva: Cap. I: hidrocarburos saturados; Cap. II: Hidrocarburos cíclicos; Cap. III: Poliolefinas; Cap. IV: Hidrocarburos acetilénicos; Cap. V: Taxonomía; Cap. VI: Compuestos alogenados; Cap. VII: Alcoholes saturados; Cap. VIII: Alcoholes olefinicos y acetilénicos; Cap. IX: Eteres, tioalcoholes, tioterres, ésteres de ácidos inorgánicos; Cap. X: Aminas; Cap. XI: Transformaciones del amigéno; Cap. XII: Derivados del fósforo, arsénico, antimonio, bismuto, germanio y silicio; Cap. XIII: Compuestos organometálicos; Cap. XIV: Aldehidos, Cetonas y Ácidos; Cap. XV: Aldehidos secundarios o cetonas; Cap. XVI: Ácidos monobásicos alifáticos; Cap. XVII: Transformaciones del carboxilo; Cap. XVIII: Sustituciones en la cadena unida al carboxilo; Cap. XIX: Aminoácidos, betaínas y polipéptidos; Cap. XX: Sustancias protéicas. Cap. XXI: Alcoholes polivalentes; Cap. XXII: Lipoides o Lípidos; Cap. XXIII: Monosacáridos; Cap. XXIV: Oligosacáridos, polisacáridos y aminoazúcares; Cap. XXV: Glicósidos; Cap. XXVI: Oxidación avanzada de los alcoholes polivalentes; Cap. XXVII: Oxidos del carbono y derivados del ácido metacarbónico; Cap. XXVIII: Uréidos; Cap. XXIX: Compuestos cianicos; Cap. XXX: Hidrocarburos cíclicos saturados; Cap. XXXI: Ciclohexano y derivados; Cap. XXXII: Ciclanos con más de seis átomos de carbono en el núcleo; Cap. XXXIII: Terpenos y alcanfores; Cap. XXXIV: Carotinoides; Cap. XXXV: Esteroides; Cap. XXXVI: Benceno e Hidrocarburos

derivados; Cap. XXXVII: Derivados de sustitución en los hidrocarburos bencénicos; Cap. XXXVIII: Reducción ácida de los derivados nitrados aromáticos; Cap. XXXIX: Diazóicos, azóicos, hidracinicos, hidrazóicos. Derivados arseniados y fosforados; Cap. XL: Fenoles; Cap. XLI: Derivados de los fenoles; Cap. XLII Alcoholes, aldehidos, cetonas y ácidos aromáticos; Cap. XLIII: Derivados de Función alifático-aromática; Cap. XLIV: Sustancias de esqueleto polinuclear; Cap. XLV: Aromáticos policíclicos mononucleares; Cap. XLVI: Antraceno, fenantreno, acenafeno, fluoreno; Cap. XLVII: Taxonomía y nomenclatura de los compuestos heterocíclicos; Cap. XLVIII: Grupo del furano y del tiofeno; Cap. XLIX: Grupo de pirrol; Cap. L: Pirazol, imidazol, oxazol, isoxazol y tiazol; Cap. LI: Heterocíclicos hexaatómicos; Cap. LII: Heterocíclicos hexaatómicos con dos átomos de nitrógeno; Cap. LIII: Alcaloides; Cap. LIV: Apéndices.

Felicitemos sinceramente al Prof. M. García-Junco, autor de la presente obra, por haber enriquecido con un perfecto tratado la biblioteca del químico, particularmente de habla española.—J. ERDOS.

TAYLOR, A. y BRNDA J. TAGLE (Compilad.), *Datos cristalográficos sobre estructuras de metales y aleaciones* (*Crystallographic data on metal and alloy structures*), VI + 263 pp. Dover Publications, Inc. Nueva York, 1963. (2,25 dólares).

Se ha compilado en 129 tablas, a doble página, los datos cristalográficos ordinarios: sistema cristalino y tipo estructural, grupo espacial, constantes reticulares ( $a$ ,  $b$ ,  $c$ , y ángulos axiales), número de partículas por celda unidad. Dedicar 96 tablas a aleaciones y compuestos intermetálicos, con datos de más de 2000 aleaciones y compuestos; 28 tablas para bromuros, carburos, hidruros, óxidos y nitruros, en número de más de 400; y 5 tablas para los elementos. Los datos han sido extraídos principalmente de "Powder Data File", de la STM; "Handbook of lattice spacings and structures of metals and alloys", de Pearson; "Structure reports", *Strukturberichte*, y de las Tablas de Landolt-Bornstein. A esas obras puede recurrirse para la referencia bibliográfica, que no ha sido incluida en el volumen, seguramente para no aumentar su extensión y permitir que se coserve el precio reducido de las ediciones económicas Dover. Dichas tablas son utilísimas a quienes se dedican a las investigaciones con rayos X; también, a los metalúrgicos y analistas que recurran a ese tipo de examen para el reconocimiento de materiales y estructuras; y a cuantos se interesan en el estudio de la estructura de los símbolos.—MODESTO BARGALLÓ.

UYS, J. M. y J. L. BISHOP (edits.), *Los procesos de simulación y control en la fabricación del hierro y acero* (*Process simulation and control in iron and steelmaking*), X + 352 pp., 92 gráfs. Gordon and Breach Science Publ. Nueva York, 1966 (9,50 dólares).

Contiene las intervenciones relativas a diversos aspectos del tan interesante y moderno tema de la simulación y control, habidas en un simposio organizado por la Comisión de Fisicoquímica en fabricación del acero, de la Metallurgical Society (AIME), celebrado en Nueva York el mes de febrero de 1964. T. J. Williams se ocupa (pp. 1-46) del uso de las computadoras analógicas y digitales en los procesos de simulación y de su papel en los proce-

tos de control, y especialmente del mecanismo de la cinética química, y del establecimiento de modelos teóricos y su empleo. J. F. Elliot trata (pp. 37-62) de la dinámica de un sistema metalúrgico sencillo, con las técnicas matemáticas básicas para describir el proceso característico de un sistema dinámico; indicando algunos problemas de aplicación de dichas técnicas a sistemas de interés para la metalurgia, con el tratamiento cuantitativo (modelo matemático) del proceso sometido a estudio (en este caso, la descarbonación del hierro), y advierte que el uso de computadoras en este terreno es valioso siempre que acompañe un perfecto conocimiento de las características metalúrgicas de los sistemas. G. R. St. Pierre, se refiere (pp. 63-83) a condición de desigualdad en algunos procesos metalúrgicos y determina las condiciones para el estado de equilibrio dual en los sistemas multicomponentes, y examina los sistemas Si-O-C y Fe-O-C. De un modelo matemático para la reducción gaseosa de la hematita en lecho fijado, tratan R. H. Spitzer, F. S. Manning y W. O. Philbrook (pp. 88-124). B. Koump, R. H. Tien, R. G. Olssen y T. F. Perzak, se ocupan de la simulación matemática para la región superior del alto horno (pp. 125-165). R. W. Shields, K. W. Roessing y H. L. Bishop exponen (pp. 165-195) un modelo termoquímico de una cúpula de soplo caliente, básica, J. F. Wells, J. F. Elliot y H. P. Galliher presentan (pp. 197-246) un trabajo sobre la simulación sobre el flujo de materiales en el horno de hogar abierto, con un análisis cuantitativo del flujo. J. Ribholz trata de un modelo "Monte Carlo" de simulación para flujo de materiales en un horno de hogar abierto con carga por la cima. Un ensayo teórico de P. J. Koros y F. O. Altimore (pp. 247-293) sobre la predicción de las variables en un horno de hogar abierto. Un estudio (pp. 295-310) de R. D. Pehlke y D. L. Hall con el diseño del sistema de control para el proceso básico al oxígeno, fundamentado en un análisis termoquímico. Y, finalmente, un trabajo (pp. 311-340) de K. Katsura, K. Isobe y T. Itaoka sobre el control con computadora, del proceso básico al oxígeno. Cada intervención va acompañada de bibliografía reciente (hasta el 1963). Los temas tratados son de especial interés para los investigadores en el terreno teórico y práctico, de la siderurgia, que se atienen a los métodos más recientes.—MODESTO BARGALLÓ.

JAFEE, R. I. ed y prolog., *Metales refractarios y aleaciones III: sus aplicaciones (Refractory metals and alloys III: applied aspects)*, XLI + 996 pp., ilustr. Gordon and Breach Science Publ. Nueva York, 1966.

Contiene los trabajos presentados en un simposio organizado por la Comisión de materiales refractarios (Instituto Metalúrgico) y por la Sociedad Metalúrgica de E.E. UU., con la cooperación de la Sección California del AIME. La reunión tuvo lugar en Los Angeles, en diciembre de 1963 (Otras dos reuniones anteriores, sobre temas similares, fueron las de Detroit, 1960, y Chicago, 1962). Se prestó especial atención a aspectos relacionados con la exploración aeroespacial. 79 trabajos de notables inves-

tigadores son distribuidos en once secciones: operaciones de extrusado, forjado y modelado (pp. 3-72); tecnología de tubos (pp. 75-167); desarrollo y técnicas de la soldadura con aleaciones (pp. 171-288); consolidación de formas por metalurgia de polvo y por otras técnicas (pp. 291-332); tecnología de la soldadura y su evaluación (pp. 335-420); entallado y remoción de metales (pp. 423-505); corrosión por metales líquidos (pp. 509-582); metales líquidos en reactores y en aplicaciones similares (pp. 585-647); revestimientos, depósitos y sus técnicas y evaluación, y adelantos en los depósitos con materiales refractarios (pp. 649-826); conducta bajo agentes térmicos o mecánicos (pp. 828-933); y termina con el estudio con el estudio de algunas otras aplicaciones de los materiales refractarios a altas temperaturas (pp. 937-996). Cada trabajo se complementa con una nota de bibliografía moderna. El libro es de gran valor para cuantos se ocupan en aplicaciones de los materiales refractarios en general y especialmente para los interesados en las técnicas de los materiales en el terreno —de la exploración espacial, que es uno de los más importantes y extensos en el amplísimo panorama de los materiales refractarios.—MODESTO BARGALLÓ.

COTTON, F. A., *Progresos en Química inorgánica. Vol. 5 (Progress in inorganic Chemistry, Vol. 5)*, VIII + 464 pp., ilustr. Interscience Publishers. Nueva York, 1963 (14 dólares).

El profesor Cotton, del departamento de Química del Instituto de Tecnología de Massachusetts, publica desde 1959, una serie de volúmenes con monografías sobre los temas más importantes o actuales de la Química Inorgánica. El volumen 5 corresponde al año 1963. En él se tratan cuatro aspectos que aún sin ser nuevos contienen notables progresos: I. R. Beattie se ocupa del trióxido de dinitrógeno (pp. 1-26), con una introducción histórica, preparación, equilibrio, estructuras y propiedades físicas y químicas, y 128 referencias bibliográficas. L. Maier trata extensamente (pp. 26-210) de la preparación y propiedades de las fosfinas primarias, secundarias y terciarias; con 527 referencias. Visek expone (pp. 211-284, con 151 refs.) la conducta polarográfica de los compuestos coordinados, ocupándose de las aplicaciones más importantes de la polarografía a los compuestos de coordinación.

A. D. Liher continúa en este volumen su estudio iniciado en el anterior, sobre apareamiento de los movimientos vibratorios y electrónicos en los estados electrónicos degenerados y no degenerados de las moléculas inorgánicas y orgánicas (pp. 385-430; y 34 refs.). Termina el volumen con un índice de autores y otro de las materias tratadas en los cuatro volúmenes anteriores. La serie dirigida por el profesor Cotton es un precioso auxiliar para quienes, sin grandes esfuerzos y dispendio de tiempo en la búsqueda de las fuentes originales, necesitan o gusten de estar al corriente de los adelantos en Química Inorgánica.—MODESTO BARGALLÓ.



---

---

# VITAEERGON

TONICO BIOLÓGICO COMPLETO

ALTO CONTENIDO EN  
VITAMINAS  
ESENCIALES



COMPLEMENTO  
ALIMENTICIO

Reg. Núm. 22762 S. S. A.

Presentación: Frascos con un contenido de 250 c. c.

Prop. Núm. 19683 S. S. A.

HECHO EN MEXICO

PRODUCTO DE GARANTIA PREPARADO POR

INDUSTRIAS QUÍMICO-FARMACÉUTICAS AMERICANAS, S. A.

AV. B. FRANKLIN 38-42

TACUBAYA, D. F.

---

---



## ACADEMIA HISPANO-MEXICANA

SECUNDARIA PREPARATORIA MIXTA

INCORPORADA A LA U. N. A. M.

Homero 1425

Tel. 20-50-28

México 5, D. F.

---

---

---

DESDE 1941 AL SERVICIO DE LA CULTURA Y DE LA CIENCIA

# LIBRERIA INTERNACIONAL, S. A.

Av. Sonora 206 - México, 11, D. F.

Tel.: 33-09-05

*El mejor servicio de libros y revistas para el investigador y  
para el educador*

*Extenso surtido en:*

**Química  
Bioquímica  
Farmacia  
Medicina**

**Arte  
Zoología  
Botánica  
Biología general**

**Literatura  
en alemán  
Literatura  
en español**

*Distribuidora exclusiva del "Manual Moderno, S. A." con los siguientes  
títulos:*

Siver, MANUAL DE PEDIATRIA con 654 páginas e ilustrado	Dls. \$ 6.40
Goldman, PRINCIPIOS DE ELECTROCARDIOGRAFIA CLINICA, con 405 páginas e ilustrado, 2ª edición	Dls. \$ 7.00
Jawetz, MANUAL DE MICROBIOLOGIA MEDICA, con 390 páginas e ilustrado, 2ª edición, 1964	Dls. \$ 7.00
Jawetz, TABLA DE PROTOZOARIOS (43 x 52 cm)	Dls. \$ 1.00
Jawetz, TABLA DE HELMINTOS (34 x 52 cm)	Dls. \$ 1.00
Smith, UROLOGIA GENERAL, con 338 páginas e ilustrado	Dls. \$ 6.00
Krupp, PRONTUARIO MEDICO, 1963	Dls. \$ 6.40
Brainerd, DIAGNOSTICO Y TRATAMIENTO, 1965	Dls. \$ 15.40
Harper, MANUAL DE QUIMICA FISIOLÓGICA, con 450 páginas e ilustrado, probablemente	Dls. \$ 7.00
Ganong, MANUAL DE FISIOLÓGICA MEDICA, probablemente	Dls. \$ 7.00
MANUAL DEL ENFERMO DIABETICO	(en México) $\frac{m}{n}$ \$ 32.00
	(en el extranjero) Dls. \$ 3.20

---

---

---

# CIENCIA

*Revista Hispano-americana de Ciencias puras y aplicadas*

*TRABAJOS QUE SE PUBLICARAN EN EL NUMERO 2 DEL VOL. XXVI DE "CIENCIA" Y SIGUIENTES:*

HUGO ARÉCHIGA URTUSUÁSTEGUI, *Las técnicas con microelectrodos en Fisiología.*

F. SANCHEZ-VIESCA, *Síntesis y espectroscopia de nuevos derivados del asaraldehido. Parte IV.*

XORGE A. DOMINGUEZ, *Sobre componentes del ocotillo (Fouqueria splendens).*

E. CABRERA-JUAREZ y E. J. OLGUÍN-PALACIOS, *Conservación por congelación del ácido desoxirribonucleico transformante de Haemophilus influenzae.*

D. PELÁEZ y R. MAC GREGOR, *Hallazgo de Membracixenos jordani Pierce, 1932 (Ins., Streps.)*

E. VILLALOBOS y L. E. SANCHEZ-TORRES, *Recombinación genética en bacteriófagos.*

ENRIQUE BELTRAN, *Las Reales Expediciones Botánicas del Siglo XVIII a Hispano-América.*

J. BUTTERLIN, *Claves para la determinación de Macraforaminíferos de México.*

MODESTO BARGALLO, *Algunos libros alemanes sobre mineralogía, metalurgia, química y física de los años 1794 y 1817, procedentes de la biblioteca de Don Lucas Alamán.*

---

**PUBLICACION BIMESTRAL DEL PATRONATO DE CIENCIA DE MEXICO**

Impreso en la Editorial Muñoz, S. A., México 7, D. F.

Publicada desde 1940.

Dirección General de Derechos del autor. Licitud Oficio núm. 90, Exp. CC FRI/68 de 30 de enero de 1968.

Reservados todos los derechos por la Revista Ciencia de México.

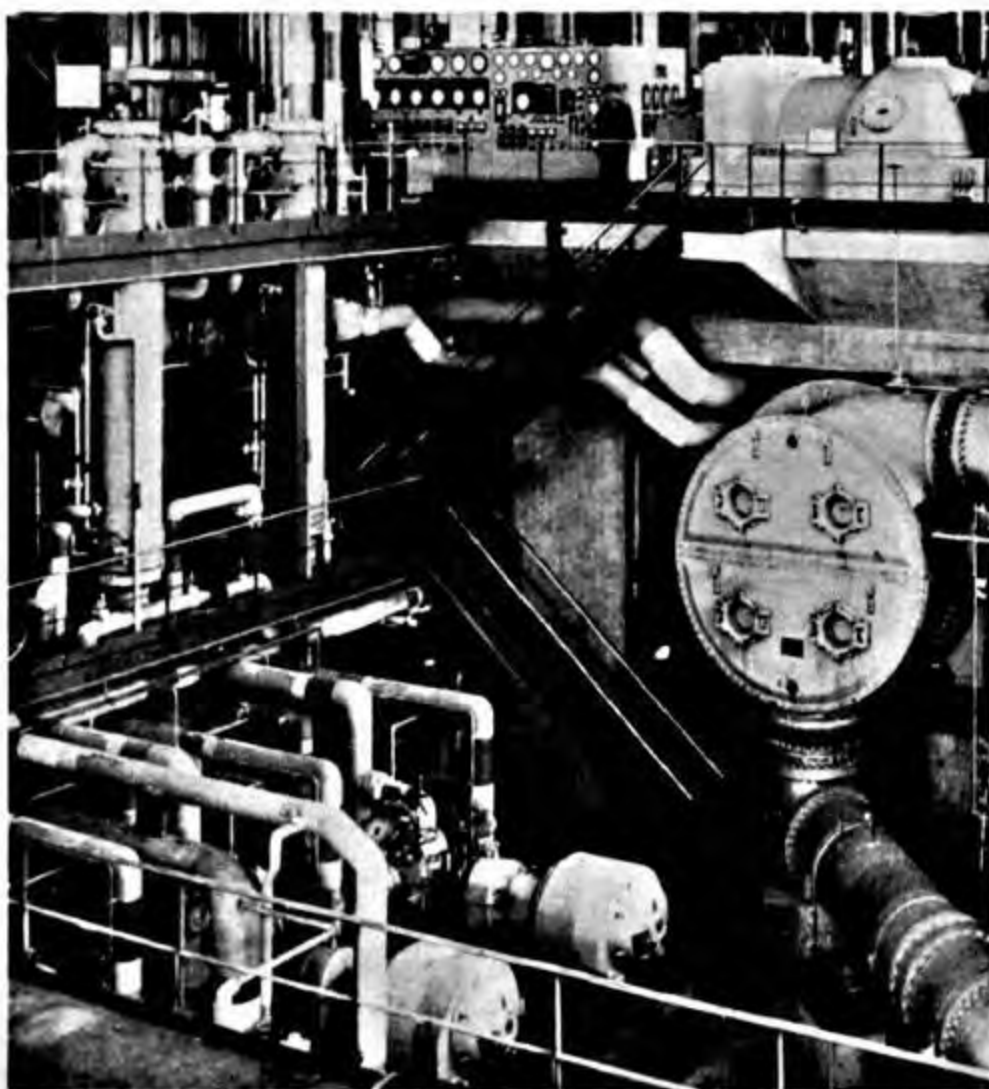
Se prohíbe la publicación parcial o total sin autorización escrita.

Sus cartas serán oportunas si utiliza el servicio de entrega inmediata.

---

---

## EN LA INDUSTRIA



**acero** 



En toda actividad fabril está presente el acero. Su buena calidad es indispensable para el desarrollo de la industria moderna. El empleo de ACERO MONTERREY, que se fabrica con la maquinaria más moderna y el respaldo de 65 años de experiencia en la producción de acero en México, es una garantía para la fabricación, cada vez, de mejores productos metálicos.



### COMPANÍA FUNDIDORA DE FIERRO Y ACERO DE MONTERREY, S.A.

Las láminas ACERO MONTERREY garantizan con su calidad las necesidades de la industria de muebles y aparatos para el hogar. Y es que la lámina ACERO MONTERREY se fabrica con la maquinaria más moderna, bajo sistemas de control electrónico y con el respaldo que significan 60 años de experiencia en la fabricación de acero en México.