

El gradiente de temperatura en el análisis cuantitativo de ácidos grasos de muy elevada masa molecular por cromatografía gaseosa capilar y de relleno

David Marrero Delange, Luis González Bravo, Víctor González Canavaciolo, Johannes González Guevara* y Ernesto Méndez Antolín.

*Centro de Productos Naturales, Centro Nacional de Investigaciones Científicas, Calle 198 entre Calles 19 y 21, Reparto Atabey, Playa, Apartado Postal 6414, Ciudad de La Habana. *Centro de Química Farmacéutica, Calle 200 y Avenida 21, Reparto Atabey, Playa, Ciudad de La Habana, Cuba.

Recibido: 28 de agosto de 2004. Aceptado: 30 de octubre de 2004.

Palabras clave: ácidos grasos de muy elevada masa molecular, análisis cuantitativo cromatográfico, gradiente de temperatura.
Key words: very long chain fatty acids, quantitative GC analysis, temperature gradient.

RESUMEN. La respuesta másica específica (R_i^m) de cada analito al emplear la Cromatografía de Gases (CG) y la relación entre dicha respuesta y la del patrón interno utilizado, parámetro conocido como factor másico de respuesta relativa (f_i^m), son importantes factores a tener en cuenta en las determinaciones por esta técnica, ya que definen la exactitud de los resultados. Se estudió la influencia del gradiente de temperatura sobre la R_i^m y el f_i^m al analizar ácidos grasos (AG) saturados de muy elevada masa molecular con número par de átomos de carbono ($C_{20,0}$ - $C_{30,0}$), utilizando como patrón interno el $C_{19,0}$, todos como ésteres metílicos. Los análisis fueron realizados por CG en columna de relleno con fase impregnada y en capilar tipo *wide-bore* con fase enlazada. Se realizaron dos ensayos, el primero involucró una variación del gradiente de temperatura (5, 10, 15 y 20 °C/min) y el segundo fue un estudio de exactitud mediante el método de adición de patrón. Se demostró que al emplear la columna de relleno el f_i^m fue aumentando con la masa molecular, y para un mismo AG, hubo una tendencia a la disminución del f_i^m al aumentar el gradiente de temperatura, mientras que al utilizar la columna capilar los f_i^m para todos los ácidos fueron similares entre sí y a los valores teóricos, con independencia del gradiente evaluado. Además, las R_i^m fueron mayores que las obtenidas con columna de relleno. A pesar de las variaciones de la R_i^m observadas para la columna de relleno, el uso del método del patrón interno, previo cálculo de los f_i^m , permitió que la determinación de los AG estudiados, tanto por dicha columna como por la capilar, fuera exacta. Para ninguna de las dos columnas empleadas, se apreció el efecto discriminatorio de la inyección, debido básicamente al uso de la inyección por *solvent-flush*.

ABSTRACT. The specific mass response (R_i^m) of each compound and the relationship between such response and that of the Internal Standard used, parameter known as mass response factor (f_i^m) are important factors in quantitative determinations performed by gas chromatography (GC), defining the accuracy of results. The influence of temperature gradient on R_i^m and f_i^m during the analysis of very long-chain fatty acids methyl esters with odd carbon atoms ($C_{20,0}$ - $C_{30,0}$), using $C_{19,0}$ as internal standard was studied. A packed column with impregnated stationary phase and a wide-bore capillary column with bonded stationary phase were used. Two studies were carried out, the first one studied the variation of temperature gradient (5, 10, 15 and 20 °C/min), and the second one was an accuracy assay by applying the method of standard addition. Results showed that when the packed column was used, the f_i^m value increased with the molecular mass; while for each acid such value tended to decrease as the temperature gradient increased. However, when capillary column was used, f_i^m values for all acids were similar and close to the theoretical ones, regardless of the changes in the temperature gradient. Also, R_i^m values were greater than those obtained with the packed column. In spite of the variations of R_i^m observed for the packed column, the use of the internal standard method, previous calculation of the f_i^m , allowed accurate quantitative determination using both columns. The discriminative effect of injection was not observed neither for packed nor for capillary column, which was due to the use of the "solvent flush" injection technique.

INTRODUCCION

El análisis cuantitativo de mezclas por Cromatografía de Gases (CG) puede verse frecuentemente afectado por la pérdida paulatina de vapor de fase estacionaria de la columna (sangramiento o bleeding) debido al incremento de la temperatura, por adsorciones irreversibles en el sistema cromatográfico y por el efecto discriminatorio al introducir la muestra en la cámara de vaporización, lo cual, es causado por las diferencias en las temperaturas de ebullición de los analitos.¹⁻⁵ El primero de estos factores puede ser observado directamente en el perfil cromatográfico por un aumento de la intensidad en la línea base, y ocurre en mayor escala para las columnas de relleno, donde la fase estacionaria se encuentra impregnada sobre un soporte cromatográfico, aunque también puede presentarse en columnas capilares con fase enlazada cuando se trabaja a temperaturas cercanas a su límite máximo de empleo. El segundo factor, se hace más evidente al emplear columnas de relleno y se incrementa con el tiempo de permanencia del analito en la columna, mientras que el efecto discriminatorio en la inyección es independiente del tipo de columna, ya que sólo se manifiesta en el momento de introducir los analitos en el inyector, y se ha demostrado que puede ser minimizado al emplear la técnica de *solvent-flush*.⁶⁻⁸

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la influencia del gradiente de temperatura sobre los parámetros que permiten evaluar cuantitativamente la composición de la muestra: la respuesta másica específica (R_i^m) y consecuentemente el factor másico de respuesta relativa (f_i^m). Dicho estudio se realizó con una columna de relleno con fase impregnada y con una columna capilar con fase enlazada, empleando patrones comerciales de AG saturados de elevada masa molecular ($C_{20:0}$ - $C_{30:0}$) con número par de átomos de carbono. Para AG mayores de C_{22} no existe ningún estudio publicado acerca del comportamiento cuantitativo en función del gradiente de temperatura, por lo que el presente trabajo permite obtener una valiosa información para el desarrollo de métodos de determinación cromatográfica en matrices reales con dichos AG, los cuales son constituyentes naturales de las ceras⁹⁻¹¹ y pueden estar presentes en diferentes fluidos biológicos.^{12,13}

MATERIALES Y METODOS

Reactivos, disoluciones y equipos

Se emplearon los patrones de ácidos siguientes: 1-nonadecanoico ($C_{19:0}$), 1-eicosanoico ($C_{20:0}$), 1-docosanoico ($C_{22:0}$), 1-tetracosanoico ($C_{24:0}$), 1-hexacosanoico ($C_{26:0}$), 1-octacosanoico ($C_{28:0}$) y 1-triacontanoico ($C_{30:0}$) (Sigma, USA, 99-100 % CG); los disolventes: metanol, acetona, tolueno, cloroformo, y el ácido clorhídrico (HCl) 37 % (Merck, Darmstadt, Alemania, p.a.); así como el lote 990702 de D003 (Centro Nacional de Investigaciones Científicas, Ciudad de La Habana, Cuba). Se utilizaron viales de vidrio de 2 mL con tapa de aluminio y sello de silicona-teflón, matraces aforados de 10 y 100 mL, jeringuillas de 10 y 500 μ L (Hamilton, Bonaduz, Suiza) y pipeta automática de 1 mL (Gilson, Francia).

Fueron preparadas tres disoluciones de referencia en cloroformo: la primera de patrón interno $C_{19:0}$ (DPI) a 1,6 mg/mL, la segunda de los AG patrones siguientes $C_{20:0}$, $C_{22:0}$, $C_{24:0}$, $C_{26:0}$, $C_{28:0}$ y $C_{30:0}$, todos a 1,6 mg/mL, y la tercera fue una matriz real (DMR) del producto D003 a 1,2 mg/mL, el cual contiene estos AG.¹⁴ Se preparó además, la disolución metilante (DM), compuesta por HCl 5 % (v/v) en metanol.

Para la preparación de las muestras se empleó un termostato seco (MultiBlock LabLine Instruments Inc., USA) y una balanza analítica

AG245 (Mettler, Toledo, Suiza) con exactitud de 0,01 mg.

Análisis cromatográfico

Se utilizó un cromatógrafo de gases GC-14A con detección de ionización por llama (DILL), acoplado a un procesador computadorizado de datos C-R4A (Shimadzu, Japón). La columna capilar tipo wide-bore (25 m X 0,53 mm d.i. y 1,5 μ m D_p) con fase enlazada BPX-5, fue instalada en el mismo inyector para columna empacada mediante un adaptador y un vaporizador de vidrio silanizado. La columna de vidrio (3,1 m X 3,0 mm d.i.) fue rellena con Chromosorb W de 80 a 100 mallas y este impregnado al 3 % con fase OV-101. Las temperaturas del inyector, detector, así como la inicial y final del horno fueron 300, 320, 200 y 320 °C, respectivamente. Para la formación de la llama los flujos del aire e hidrógeno fueron 30 y 300 mL/min, respectivamente. El flujo del gas portador (Ar) en la columna de relleno fue de 30 mL/min y en la capilar (H_2) fue de 8 mL/min. En todos los casos, se inyectó 1 μ L de muestra por el método de *solvent-flush* con acetona.

Preparación de las muestras

Se adicionó 1 mL de DPI y 1 mL de la disolución de AG en el vial, se llevó a sequedad con corriente suave de aire a 80 °C. Posteriormente, se metiló mediante catálisis ácida, para lo cual, se añadió 1 mL de DM, el vial se cerró y se calentó a 80 °C durante 1,5 h. Luego, se dejó enfriar hasta temperatura ambiente, se destapó y se llevó a sequedad con corriente suave de aire a 80 °C. La muestra seca se disolvió con 1 mL de tolueno, se cerró nuevamente el vial y se calentó a 40 °C durante 3 min.

PARTE EXPERIMENTAL

Influencia del gradiente de temperatura en la determinación cromatográfica.

Las muestras fueron analizadas por ambas columnas con las programaciones siguientes: 5, 10, 15 y 20 °C/min (n = 5), utilizando al ácido $C_{19:0}$ como patrón interno. Se determinaron la R_i^m y el f_i^m para cada AG a partir de las ecuaciones siguientes:

$$R_i^m = A_i / m_i$$

$$f_i^m = R_r^m / R_i^m = A_r m_i / A_i m_r$$

donde:

R_i^m y R_r^m respuestas másicas específicas del AG de interés y del

patrón interno, respectivamente.

A_i y A_r áreas obtenidas para el AG de interés y el patrón interno, respectivamente.

m_i y m_r masas del AG de interés y del patrón interno, respectivamente.

Estudio de exactitud

Con el objetivo de comparar el análisis cuantitativo de estos AG por ambas columnas, se realizó un estudio de exactitud por adición de patrones de AG a una matriz real. Se prepararon cuatro grupos de muestras, con tres réplicas cada una. A todas, se les añadió 1 mL de DMR y 1 mL de DPI, y a tres de esos grupos, se le adicionaron respectivamente, 0,6; 0,7 y 0,8 mL de la disolución de AG. Los volúmenes añadidos se evaporaron con corriente suave de aire a 80 °C y posteriormente se procedió según la técnica de preparación descrita anteriormente. En todos los análisis se empleó un gradiente de 5 °C/min, y la determinación cuantitativa se realizó por el método de patrón interno, utilizando el promedio de los f_i^m obtenidos en el ensayo anterior para cada columna con dicho gradiente. El contenido individual de cada ácido (C_i) se determinó mediante la ecuación siguiente:

$$C_i = A_i f_i^m m_r / A_r$$

Se realizó una sustracción del contenido total promedio de AG determinado en el grupo que no se adicionaron patrones al contenido total promedio de AG determinado en los restantes grupos, los resultados se compararon con las cantidades de patrones de AG añadidas en cada caso mediante la prueba t de Student. Para determinar si la variación en la cantidad de analito a determinar influía en los resultados se aplicó una prueba G de Cochran, en ambas pruebas se consideró un 95 % de confiabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSION

Influencia del gradiente de temperatura en la determinación cromatográfica

Al realizar los análisis en la columna de relleno se pudo apreciar que para un mismo gradiente los f_i^m aumentaron con la masa molecular del AG (Tabla 1), lo cual, evidencia una disminución de la respuesta específica de los AG con el aumento del tiempo de permanencia dentro del sistema cromatográfico, hecho

que permite una mayor incidencia de los factores que se reconocen como las posibles causas de la pérdida de respuesta: el *bleeding* y la adsorción irreversible. Al ser el patrón interno utilizado el AG de menor masa molecular, su respuesta específica resulta la menos afectada, lo cual, explica el aumento del f_i^m con el número de átomos de carbono. Como se puede notar, los f_i^m experimentales fueron mayores que los teóricos, lo cual, pudo deberse a los propios factores anteriormente mencionados que afectan la respuesta específica al utilizar la columna empacada, ya que los f_i^m teóricos son calculados teniendo solamente en cuenta la detección por el DILL en función del número de átomos de carbono efectivos.¹⁵

Por otra parte, para todos los AG, se observó una tendencia a la disminución del f_i^m con el aumento del gradiente de temperatura, disminución que se hizo más evidente al incrementar la masa molecular del ácido. Esta tendencia indica que la respuesta específica (A_i/m_i) del componente problema tiende a aumentar en una mayor proporción que la del patrón interno (A_p/m_p) con el incremento del gradiente de temperatura, lo cual, puede deberse a que dicho incremento hace que el AG

pase menos tiempo dentro del sistema cromatográfico, hecho que minimiza la incidencia de los factores antes mencionados como posibles causas de pérdida de respuesta. Teniendo en cuenta este resultado, se podría recomendar la utilización del mayor gradiente, siempre que la disminución en la resolución no afecte la determinación.

En los análisis con columna capilar se pudo constatar que los f_i^m fueron muy similares para todos los AG con independencia de los gradientes evaluados, y también fueron similares a los f_i^m teóricos (Tabla 2).¹⁶ Estos resultados sugieren que en la columna capilar, bajo las condiciones cromatográficas evaluadas, no fue relevante el efecto de los factores que se analizaron como posibles causas de pérdida de respuesta cromatográfica al utilizar la columna empacada. Si se tiene en consideración que el paso de introducción de la muestra en la cámara de vaporización se realizó de igual forma para ambas columnas, puede considerarse que el efecto discriminatorio tampoco se manifestó apreciablemente en ninguno de los análisis, lo cual, pudo deberse al empleo de la técnica del *solvent-flush*.⁶ Los f_i^m obtenidos para los áci-

dos mayores de 24 átomos de carbono fueron menores que los obtenidos al utilizar la columna de relleno, consecuencia lógica de la mayor R_i^m observada para los AG de mayor masa molecular al ser analizados con la columna capilar.

Se pudo comprobar que, de forma general, al utilizar la columna capilar aumentaron considerablemente las R_i^m con respecto a las obtenidas con la columna empacada (Tabla 3). Como se consideró anteriormente, la causa de este comportamiento pudiera atribuirse a la interferencia creada por la presencia de vapor de fase estacionaria durante la detección de los componentes separados en columna de relleno con fase impregnada y a las adsorciones de los compuestos analizados en el sistema cromatográfico.^{1,2}

Estudio de exactitud

Teniendo en cuenta que al disminuir el gradiente de temperatura fue mayor la pérdida de respuesta cromatográfica para los AG de mayor masa molecular, se realizó el estudio de exactitud al menor gradiente evaluado (5 °C/min), con vistas a determinar, si aún, en estas condiciones las determinaciones eran confiables. Los recobrados pro-

Tabla 1. Comportamiento del f_i^m a diferentes gradientes de temperatura en columna de relleno.

Acido	\bar{f}_i^m (teórico)	Gradiente (°C/min)			
		5	10	15	20
		$\bar{f}_i^m \pm DE$	$\bar{f}_i^m \pm DE$	$\bar{f}_i^m \pm DE$	$\bar{f}_i^m \pm DE$
C _{20:0}	0,992	0,998 ± 0,003	0,994 ± 0,004	0,991 ± 0,004	0,984 ± 0,004
C _{22:0}	0,980	1,000 ± 0,008	0,998 ± 0,007	0,994 ± 0,006	0,990 ± 0,003
C _{24:0}	0,969	1,021 ± 0,006	1,019 ± 0,006	0,997 ± 0,009	0,992 ± 0,005
C _{26:0}	0,960	1,051 ± 0,007	1,048 ± 0,004	1,032 ± 0,013	1,017 ± 0,007
C _{28:0}	0,953	1,069 ± 0,007	1,060 ± 0,006	1,050 ± 0,013	1,033 ± 0,008
C _{30:0}	0,946	1,094 ± 0,008	1,091 ± 0,007	1,055 ± 0,011	1,034 ± 0,010

Tabla 2. Comportamiento del f_i^m a diferentes gradientes de temperatura en columna capilar.

Acido	\bar{f}_i^m (teórico)	Gradiente (°C/min)			
		5	10	15	20
		$\bar{f}_i^m \pm DE$	$\bar{f}_i^m \pm DE$	$\bar{f}_i^m \pm DE$	$\bar{f}_i^m \pm DE$
C20:0	0,992	0,988 ± 0,005	0,994 ± 0,004	0,995 ± 0,004	0,990 ± 0,006
C22:0	0,980	0,982 ± 0,006	0,988 ± 0,007	0,981 ± 0,007	0,989 ± 0,002
C24:0	0,969	0,960 ± 0,005	0,965 ± 0,006	0,970 ± 0,009	0,980 ± 0,006
C26:0	0,960	0,975 ± 0,007	0,969 ± 0,002	0,972 ± 0,011	0,970 ± 0,004
C28:0	0,953	0,958 ± 0,004	0,960 ± 0,006	0,950 ± 0,016	0,952 ± 0,004
C30:0	0,946	0,967 ± 0,005	0,960 ± 0,012	0,959 ± 0,013	0,958 ± 0,011

Tabla 3. R_i^m obtenidas por columna de relleno y capilar a 10 °C/min como gradiente de temperatura.

Acido	Columna de relleno		Columna capilar	
	$\bar{R}_i^m \pm DE$	CV (%)	$\bar{R}_i^m \pm DE$	CV (%)
C _{20:0}	48 746 ± 791	1,62	55 717 ± 1 158	2,08
C _{22:0}	48 552 ± 969	2,00	55 886 ± 561	1,00
C _{24:0}	47 885 ± 485	1,01	57 332 ± 783	1,36
C _{26:0}	46 236 ± 691	1,49	58 866 ± 1 052	1,79
C _{28:0}	45 712 ± 997	2,18	59 044 ± 958	1,62
C _{30:0}	44 413 ± 496	1,12	57 451 ± 647	1,12

medios globales, al emplear tanto la columna capilar (99,7 %) como la de relleno (97,7 %), no se diferenciaron significativamente del 100 %, al ser las t experimentales menores que la t tabulada. Esto indicó que las cantidades determinadas no presentaron diferencias significativas con respecto a las añadidas (Tablas 4 y 5). Se observó, además, que la precisión en los análisis fue ligeramente mejor en aquellos realizados en la columna capilar. Al realizar la prueba G de Cochran se comprobó que en los resultados obtenidos por ambas columnas el factor concentración no afectó la variabilidad de los resultados, al ser las G experimentales en la columna de relleno (0,3840) y capilar (0,470), inferiores a la tabulada (0,8709).

CONCLUSIONES

Al estudiar el comportamiento cromatográfico de los AG (C_{20:0}-C_{30:0}) en la columna de relleno se aprecia

una disminución de la respuesta específica con el aumento de la masa molar para todos los gradientes de temperatura evaluados. Esta disminución de la respuesta específica se hace menor con el incremento del gradiente, lo que permite un descenso de los f_i^m hacia valores más cercanos a la unidad. El uso de la columna capilar permite un aumento de la respuesta específica de todos los AG estudiados y los f_i^m para todos los ácidos, con independencia del gradiente evaluado, resultan similares entre sí, así como a los valores teóricos.

A pesar de las posibles variaciones de respuesta específica que se puedan observar para la columna de relleno, el uso del método del patrón interno, previo cálculo de los f_i^m permite que la determinación de los AG estudiados, tanto por dicha columna como por la capilar, sea exacta.

BIBLIOGRAFIA

1. Gasco L. Teoría y práctica de la cromatografía en fase gaseosa, Ediciones J.E.N., Cap. 11, 385-402, 1969.
2. Liu G. and Xin Z. Sample introduction in capillary gas Chromatography, **Chromatographia**, **29**, 385-389, 1990.
3. Grob K. Jr. and Neukom H.P. Comparison of some quantitative result obtained with non-vaporizing cold on-column and vaporizing split-splitless injection techniques, **J. of High Resol. Chromatogr.**, **2**, 15-19, 1979.
4. Grob K. Classical split and splitless injection in capillary gas chromatography, Huething, Heidelberg, Basel, New York, 1988.
5. Schomburg G., Husmann H. And Rittmann R. Direct (on-column) sampling into glass capillary column. Comparative investigations on split, splitless and on-column sampling, **J. Chromatogr.**, **204**, 85-96, 1981.
6. Marrero D., González L, González V.L., Laguna A. y González J.L. La técnica de inyección por *solvent-flush* en el análisis cuantitativo de ácidos grasos de muy elevada masa molecular por cromatografía gaseosa, **Revista CENIC Ciencias Químicas**, **33**, 51, 2002.

Tabla 4. Resultados correspondientes al estudio de exactitud en columna capilar.

Cantidad añadida (mg)	Cantidad encontrada (mg)			Media ± t DE/n ^{1/2} (%)	CV (%)	t _{exp.}
0,99	0,98	0,97	0,99	99,0 ± 1,9	1,02	1,715
1,99	1,98	2,01	1,96	99,7 ± 2,3	1,27	0,464
2,98	2,96	3,0	3,01	100,3 ± 1,6	0,88	0,653
Global				99,7 ± 2,0	1,09	0,546

t_{lab.} = 3,182. Para el valor global t_{lab.} = 2,262.

Tabla 5. Resultados correspondientes al estudio de exactitud en columna de relleno.

Cantidad añadida (mg)	Cantidad encontrada (mg)			Media ± t DE/n ^{1/2} (%)	CV (%)	t _{exp.}
0,99	0,95	0,94	0,98	96,6 ± 3,9	2,18	2,678
1,99	1,92	1,90	1,99	97,3 ± 4,4	2,44	1,902
2,98	2,91	2,93	3,03	99,2 ± 4,0	2,17	0,630
Global				97,7 ± 4,1	2,29	1,724

t_{lab.} = 3,182. Para el valor global t_{lab.} = 2,262.

7. Ulberth F and Scharamel F, Accurate quantitation of short-, medium, and long chain fatty acid methyl esters by split-injection capillary gas-liquid chromatography, **J. Chromatogr.**, **704**, 455-463, 1995.
8. Christie W.W., Gas chromatography and lipids, A Practical Guide, Chapter II, The Oily Press, Ayr., Scotland, 11-42, 1989.
9. Kolattukudy P.E., Chemistry and Biochemistry of Natural Waxes, Elsevier, Amsterdam, 1976.
10. Tulloch A.P. Gas chromatographic analysis of Natural Waxes, **J. of Chromatogr. Sci.**, **13**, 403-407, 1975.
11. Murphy R.C., Fiedler J. and Hevko J., Analysis of nonvolatile lipids by mass spectrometry, **Chem. Rev.**, **101**, 479-526, 2001.
12. Muskiel E.A.J. Van Doormaal J.J., Martini I.A., Wolthers B.G. and Van Der Slik W., Capillary gas chromatographic profiling of total long-chain fatty acids and cholesterol in biological materials, **J. Chromatogr.**, **278**, 231-244, 1983.
13. Man-Jeong P., Kyunk-Ok L. and Ho-Sang S., Determination of very-long-chain fatty acids in serum by gas chromatography-nitrogen-phosphorus detection following cyanomethylation, **J. Chromatogr. B.**, **721**, 3-11, 1999.
14. Marrero D., Méndez E., González V.L., Cora M.O., and Laguna A., Determination of D003 by capillary gas chromatography, **Revista CENIC Ciencias Químicas**, **33**, 99, 2002.
15. Ackman R.G. and Sipos J.C., Application of specific response factors in the gas chromatographic analysis of methyl esters of fatty acids with flame ionization detectors, **J. AOCS**, **41**, 377-378, 1964.
16. Eder K., Reichlmayr- Lais A.M and Kirchgessner M., Gas chromatographic analysis of fatty acid methyl esters: avoiding discrimination by PTV injection, **J. Chromatogr.**, **588**, 265-272, 1991.

CORROSIÓN Y PROTECCIÓN

**Grupo de Corrosión e Ingeniería de Materiales,
Facultad de Ingeniería Química,
Instituto Superior Politécnico "José A. Echeverría".**



Calle 114 y 127, Marianao, Ciudad de La Habana, Cuba.
Tel.: (537) 204 0745. Fax: 204 0641. email: ggei@ceta.inf.cu
rigo@quimica.cujae.edu.cu jdom@quimica.cujae.edu.cu

DIRECCIONES DE TRABAJO:

- Formación profesional de pre y postgrado (cursos, adiestramientos, maestrías y doctorados) en Cuba y en el extranjero.
- Desarrollo de una amplia actividad de investigación científica y técnica en los campos de la Corrosión y la Protección Anticorrosiva, así como de su impacto ambiental.
- Consultorías, asesoramientos y servicios científico-técnicos a organismos e instituciones del país y del exterior.

CONSULTORÍAS, ASESORAMIENTO Y SERVICIOS:

- Diseño y evaluación de sistemas de protección catódica: estudios de campo, proyectos, equipos y montaje.
- Selección, evaluación y aplicación de inhibidores de corrosión en sistemas industriales.
- Preparación de superficies metálicas con fines anticorrosivos y decorativos.
- Electrodeposición de metales y tratamiento de sus residuos.
- Diseño mecánico y anticorrosivo de equipos de la industria química.
- Problemas de corrosión en estructuras de hormigón armado.
- Deterioro y protección de instalaciones industriales diversas: petróleo y gas, energética, alimentaria, médico-farmacéutica y otras.
- Corrosión y protección de sistemas de enfriamiento, climatización, suministro de agua y vapor en la industria o en instalaciones de servicios turísticos, hospitalarios y similares.

POSTGRADOS:

- Cursos, diplomados, maestrías y doctorados a solicitud que abarcan desde temáticas básicas de Corrosión y Protección hasta temas específicos para la preparación dirigida del personal hacia las particularidades productivas de sus Centros e instituciones respectivos.

Vasta experiencia profesional avalada por más de 30 años de trabajo.