

Descripción de experiencias innovadoras para el trabajo de la modelización, en particular el gráfico

La geometría: ¡Un pie que cojea en la enseñanza de la estereoquímica! ‡

Rosa Elena Arroyo-Carmona,¹ Hilda Fuentes López,¹ Miguel Ángel Méndez-Rojas² y Aarón Pérez-Benítez.¹ *

Abstract. (Misconceptions on elementary geometry in the students of chemistry.)

In a study of previous ideas, realized with two groups of students of organic and inorganic stereochemistry, we surprisingly found that they have forgotten the basic concepts of the elementary geometry, confusing some geometric bodies with others or even confusing geometric bodies with flat figures. Also we concluded that the meaning of some Greco-Roman terms that are of common use in the elementary geometry, are often misunderstood or not known.

Resumen.

Se presentan los resultados de un estudio de ideas y conocimientos previos de geometría plana y del espacio, realizado con dos grupos de estudiantes de la facultad de ciencias químicas de la BUAP al iniciar su curso de estereoquímica orgánica e inorgánica, respectivamente. Sorprendentemente se encontró que muchos de ellos habían olvidado los conocimientos y las habilidades adquiridas en los cursos de geometría de la educación básica, y que confundían unos cuerpos geométricos con otros, o incluso, algunos cuerpos geométricos con figuras planas. Eso indica entre otras cosas, que no conocen el significado de muchos tér-

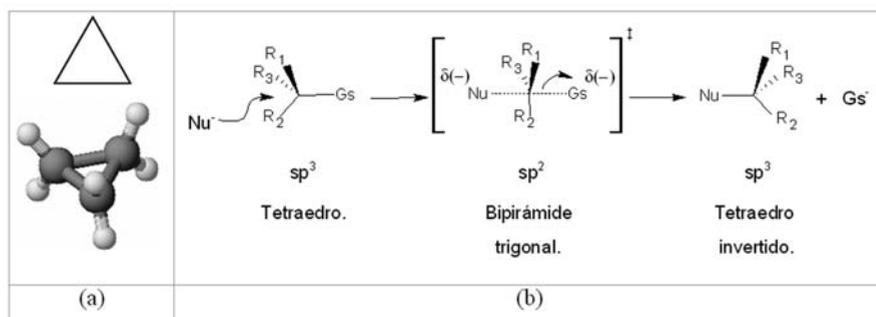
minos greco-latinos tales como edro, gono, icosa, etc., lo cual denota un lenguaje científico pobre.

Introducción.

La geometría es tan sólo uno de los ejemplos que pueden tomarse para mostrar a los alumnos que el conocimiento es escalable, pues en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la estereoquímica se utilizan conceptos básicos de la geometría plana y del espacio, que se aprenden en la educación elemental. Sin embargo, como se verá a continuación, nada hay que darse por sobreentendido cuando se trata de enseñar, pues como en este caso, muchos estudiantes confunden incluso objetos tridimensionales con figuras planas.

En efecto, para representar moléculas y procesos moleculares tales como los mecanismos de reacción, se utilizan figuras planas y/o cuerpos geométricos. Por ejemplo, el ciclopropano se representa con un triángulo equilátero (figura 1a) y el mecanismo de reacción S_N^2 como un proceso que se inicia con una molécula tetraédrica y pasa por una estructura de bipirámide trigonal para llegar a otra molécula cuya configuración tetraédrica es opuesta a la inicial (figura 1b) (Carey, 1999).¹

Figura 1. La geometría como herramienta para re-presentar a moléculas (a), y a procesos moleculares tales como el mecanismo de reacción S_N^2 (b), donde: R_1 , R_2 y R_3 son los sustituyentes, Nu- es el nucleófilo y Gs- es el grupo saliente o nucleófilo.



1. Facultad de ciencias químicas. Benemérita universidad autónoma de Puebla. 14 sur y avenida san Claudio. Col. San Manuel. C. P. 72570. Puebla, Pue. MÉXICO. Buzón electrónico: aronper@siu.buap.mx

2. Departamento de química y biología. Universidad de las Américas - Puebla.

‡Recibido: 8 de septiembre de 2004. Aceptado: 7 de diciembre de 2004

*Experimentalmente, la inversión de configuración sólo ocurre y puede probarse si $R_1 \neq R_2 \neq R_3 \neq Nu \neq Gs$.

Cuando uno trabaja con objetos cotidianos es muy fácil realizar un proceso de abstracción mental. Por ejemplo, uno puede imaginarse fácilmente una manzana, su forma, su color y hasta su sabor; pero imaginarse un átomo de carbono pentacoordinado como una bipirámide trigonal, con el nucleófilo (Nu) entrando por la parte opuesta al grupo saliente (Gs) cuesta trabajo. Y mucho más aún si uno no relaciona el nombre de un cuerpo geométrico con el cuerpo geométrico mismo.

Objetivo y universo de la población del estudio.

El objetivo del estudio fue conocer las ideas y conocimientos previos de dos grupos de estudiantes de las licenciaturas de química, químico farmacobiólogo y farmacia de la facultad de ciencias químicas de la benemérita universidad autónoma de Puebla, al iniciar un curso básico de stereoquímica orgánica (grupo A: 49 estudiantes de ambos sexos) y otro de stereoquímica inorgánica (grupo B: 36 estudiantes de ambos sexos). Cabe mencionar que estos cursos se encuentran ubicados en el tercer y cuarto cuatrimestre de dichas licenciaturas, respectivamente.

Descripción de los reactivos de diagnóstico.

Básicamente, el estudio pretendía medir las ideas y conocimientos previos de los dos grupos mencionados, como parte inicial de un proceso de validación de materiales didácticos para la enseñanza de la quiralidad en moléculas tetraédricas (grupo A) (Arroyo-Carmona 2003) y octaédricas (grupo B).

• Para el grupo A consideramos importante revisar los conocimientos previos de los alumnos acerca de:

- 1). Conceptos químicos tales como: a). Número atómico, b). Masa atómica, c). Isótopo, ch). Multiplicidad de enlace, y d). Prioridad
- 2). Conceptos geométricos sobre: a). Figuras planas, y b). Cuerpos geométricos.

• Para el grupo B, además de los conceptos geométricos mencionados en el inciso 2, también consideramos importante revisar sus conocimientos previos acerca de:

- 3). Conceptos comunes tales como: a). Perspectiva, y b). Helicidad.

• Los conceptos a revisar se distribuyeron originalmente en dos reactivos de seis preguntas abiertas cada uno, en las que los alumnos tenían que identificar, definir, describir y representar. Sin embargo, debido a lo inesperado de los resultados y por cuestiones de espacio, solamente presentaremos los ítems correspondientes a la parte geométrica. El tiempo que se les dio a los alumnos para contestar el reactivo completo fue de veinte minutos. Para los reactivos parciales que presentamos a continuación, cinco minutos serían más que suficientes para que el profesor evalúe a sus propios alumnos.

Reactivo de diagnóstico del grupo A.

1. Dibuje un tetraedro.

2. Describa un tetraedro.²

Reactivo de diagnóstico del grupo B.

1. Dibuje un octaedro.

2. Describa un octaedro.

Resultados y discusión.

a). *Respuestas al reactivo de diagnóstico del grupo A.*

Sorprendentemente, sólo el 25 % de los estudiantes contestaron correctamente al ítem 1; es decir, ¡Solamente el 25 % de los alumnos supo dibujar un tetraedro!

Es muy interesante notar que en lugar de un tetraedro, el 73 % de los alumnos dibujaron una pirámide de base cuadrada, dos triángulos, una pirámide de base hexagonal o inclusive... ¡Un cuadrado! (esquema 1).

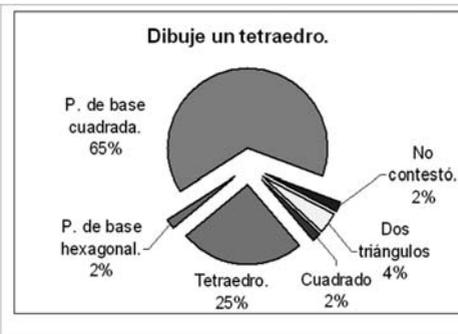
Esquema 1. Distribución de respuestas alternativas del grupo A al ítem 1.³

²En un grupo piloto estos dos ítems se presentaron como uno sólo, observándose que los alumnos despreciaron la segunda parte; es decir, que no se esforzaban por describir el cuerpo geométrico. Por esa razón, las preguntas fueron separadas en dos ítems en los grupos de trabajo.

³Algunas de estas respuestas fueron interpretadas según nuestro criterio, toda vez que muchos estudiantes no saben dibujar los cuerpos geométricos en perspectiva.

Dibujos realizados.	%
P. de base cuadrada.*	65
P. de base hexagonal.	2
Tetraedro.	25
Cuadrado.	2
Dos triángulos.	4
Ninguno.	2

* P. = pirámide.

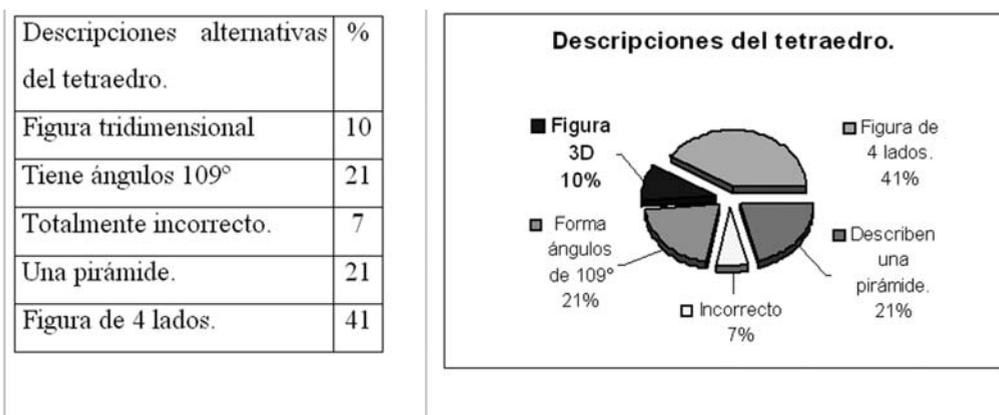


Al ítem 2 (describa un tetraedro), sólo el 10 % lo respondió correctamente, en tanto que el 90 % restante no lo respondió o lo respondió incorrectamente. Efectuando un cruzamiento con los resultados del ítem 1, se puede apreciar que menos de la mitad de los estudiantes que dibujaron correctamente un tetraedro también lo pudieron describir correctamente, lo cual indica claramente que muchos de los alumnos tuvieron dificultad para expresarse o que a pesar de su dibujo, su descripción fue incorrecta. De los alumnos que describieron correctamente al

tetraedro, el 60 % lo describió como un cuerpo formado por 4 caras triangulares¹ y el 40 % restante lo describió como un cuerpo geométrico formado por triángulos equiláteros.

De los alumnos que no describieron correctamente al tetraedro, el 41 % lo describió como una figura de 4 lados, el 21% como una pirámide, el 21 % sólo mencionó que forma ángulos de 109°⁵, el 10 % lo describió como una figura tridimensional, y el 7 % describió otras cosas sin relación con el tetraedro (esquema 2). De estas respuestas se pueden apreciar dos cosas:

Esquema 2. Distribución de respuestas imprecisas o incorrectas del grupo A al ítem 2.



1. Los alumnos saben que tetra significa cuatro, pero algunos interpretan el sufijo edro que significa cara, como gono que significa lado.

2. La descripción de un tetraedro como una pirámide se consideró imprecisa, toda vez que existen pirámides de base cuadrada, pentagonal, etc.; de hecho, algunos dibujos corroboran el malentendido.

3. Existe cierta "contaminación de ideas" en algunos estudiantes, proveniente de nociones que tienen acerca de las moléculas tetraédricas, cuyos ángulos centrales son de 109.5°. Este hecho complicó la elabo-

ración y la interpretación de sus dibujos y propició descripciones incorrectas del tetraedro.

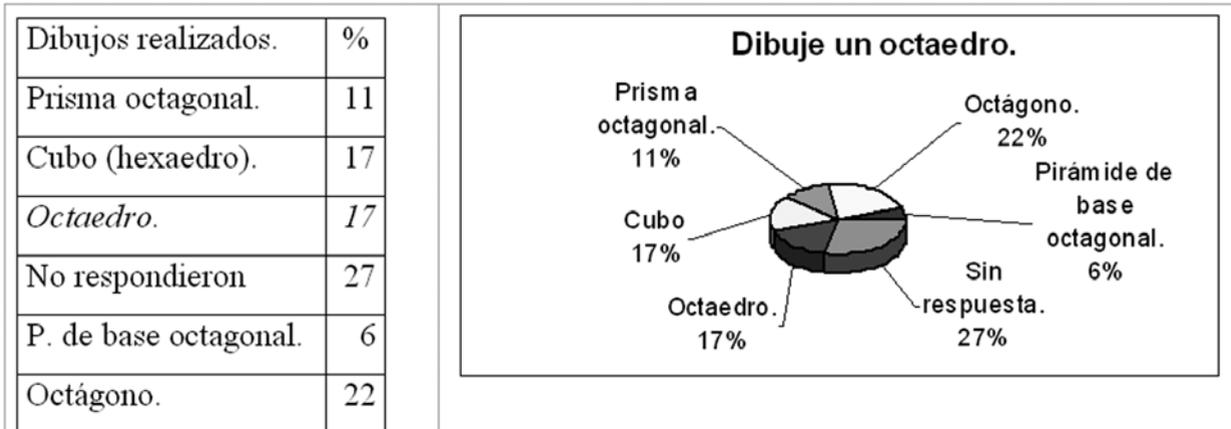
b). Respuestas al reactivo de diagnóstico del grupo B.

Los resultados fueron igualmente sorprendentes por cuanto a la confusión entre el polígono de ocho lados y el cuerpo geométrico de ocho caras, como por el número de respuestas diferentes proporcionadas por los estudiantes. El porcentaje de dibujos acertados disminuyó con respecto a las proporcionadas por el otro grupo para el tetraedro (17 % vs. 25 %) y el porcentaje de respuestas nulas aumentó (17 % vs. 2 %), lo cual demuestra que el tetraedro es más conocido por los estudiantes que el octaedro, o por lo menos más fácil de dibujar (esquema 3). El hecho más impactante es que el 17 % de los estudiantes dibujó un cubo (también conocido como hexaedro) en lugar de un octaedro: ¿Querrá eso decir que estos estudiantes del grupo B no saben que el prefijo octa significa ocho?

⁴Obsérvese que no se tomó un criterio rigorista al evaluar esta respuesta, pues un tetraedro es un cuerpo regular, es decir, es un cuerpo geométrico formado por cuatro triángulos equiláteros; en tanto que "un cuerpo formado por cuatro caras triangulares" incluye a los tetraedros distorsionados.

⁵Se consideró incorrecta la descripción del tetraedro en función del ángulo central tetraédrico tanto porque los tetraedros distorsionados también lo presentan como porque ningún otro cuerpo geométrico suele describirse en función de su ángulo central.

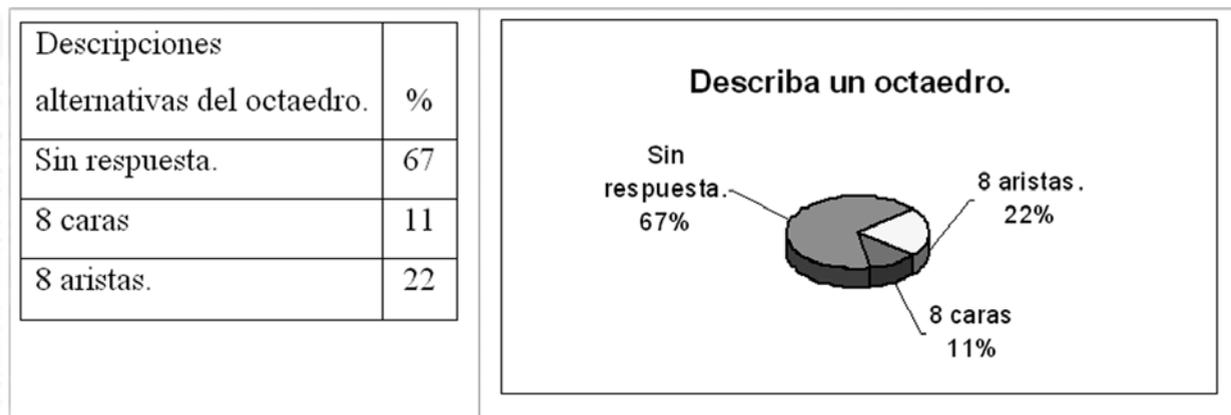
Esquema 3. Distribución de respuestas alternativas del grupo B al ítem 1.



El porcentaje de alumnos que describió correctamente el octaedro es prácticamente igual que en el caso del tetraedro (11 % vs. 10 %). Sin embargo, el porcentaje de respuestas nulas para este ítem aumentó en más de la mitad con respecto al ítem anterior

(67 % vs. 27 %). Dicho en otras palabras, menos de la mitad de los estudiantes que dibujaron o intentaron dibujar un octaedro trataron también de describirlo (esquema 4). En el esquema 5 se presentan algunas evidencias del presente estudio.

Esquema 4. Distribución de respuestas alternativas del grupo B al ítem 2.



Portafolio de evidencias.

En las tablas 1 y 2 se muestran las evidencias más representativas del estudio.

Tabla 1. Dibujos y descripciones del tetraedro más representativos, proporcionados por la población en estudio.

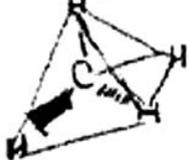
	<p>es una figura plana que consta de tres lados y esta formada por 2 triángulos</p>
	<p>es una figura de 4 lados</p>
	<p>figura piramidal, es decir, con volumen</p>
	<p>Un tetraedro está descrito en el eje x y z dado a que se representa tridimensionalmente como una pirámide triangular, con 4 caras laterales y una última cara plana como base dando un total de 5.</p>
	<p>se trata de un triángulo visto en 3ª dimensión, se puede tomar como ejemplo una pirámide.</p>
	<p>Tetraedro -> Figura que tiene 4 lados representados en forma de de que podamos ver los 4 lados.</p>
	<p>Es un cuerpo geométrico de 4 caras. Cada cara es un triángulo equilátero</p>

Tabla 2. Dibujos y descripciones del octaedro más representativos, proporcionados por la población en estudio.

Dibujo.	Descripción.
	<p>Sus características son: Ángulos: 90°, 120°, 180° Su hibridación: d^2, sp^3</p>
	<p>tiene volumen tiene área elementos de simetría plano, puntos, $e_2=3$,</p>
	<p>la figura es volumétrica tiene 8 lados 2 caras que son iguales es una figura regular, sus lados son iguales 8 aristas</p>
	<p>Simétrico 8 caras Volumen determinado Área determinada</p>
	<p>$C_6, C_3, C_2, 3C_2, 6\sigma_v, 1C_6$ es un figura volumétrica, 6 caras 8 aristas,</p>
	<p>Sin descripción.</p>
	<p>Tiene 8 caras contiene alta simetría Contiene un $C_4, \sigma, C_2, \sigma_4$</p>

Conclusiones.

En base a los resultados de este estudio⁶ y de otros estudios realizados con estudiantes de otras facultades (e. g. medicina) y de otros niveles educativos (e. g. nivel medio superior), e incluso con estudiantes sobresalientes de las preparatorias de diversos estados de nuestra república,⁷ nos permitimos señalar que:

1. Un porcentaje elevado de estudiantes de nivel superior y medio superior han olvidado los conceptos básicos de geometría, encontrándose en algunos casos que desconocen o confunden el significado de las palabras arista, vértice y cara.

2. Un porcentaje elevado de estudiantes de licenciatura no sabe dibujar cuerpos geométricos en proyección o no interpreta las proyecciones correctamente. Por ejemplo, se ha encontrado que algunos estudiantes interpretan a planos internos del dibujo de un sólido geométrico como una cara más. Esto ocurrió específica y ocasionalmente en el caso de una bipirámide trigonal, en la que el plano ecuatorial fue contabilizado como "una séptima cara".

3. Probablemente el escaso dominio de la geometría del espacio de los estudiantes encuestados, se deba tanto a la baja frecuencia con la que aparecen ciertos cuerpos geométricos como a la mala denominación que vulgarmente se les da. Por ejemplo se dice "la bola de agua" refiriéndose a un tanque de almacenamiento con forma icosaédrica, o "un jugo de triangulito" refiriéndose a la forma tetraédrica del envase en el que vienen algunas bebidas, etc. A este respecto, cabe agregar el caso de las bebidas que se comercializan en envases "TetraPak" o "Tetrabrick", nombre que hace referencia más bien a la marca que al número de caras del envase mismo.

4. El aprendizaje de la estereoquímica conlleva una gran capacidad de abstracción la cual, en nuestra opinión, debe de fomentarse desde la enseñanza elemental mediante la enseñanza del dibujo en perspectiva.

5. El significado de algunas vocablos derivados del griego y del latín, que son comunes en el lenguaje científico, es confundido por varios estudiantes de licenciatura y mucho más aun por la población en general.⁸ En este sentido valdría la pena plantear la reinscripción de un curso de raíces grecolatinas en la educación elemental.

Bibliografía.

Arroyo-Carmona, R. E. y Pérez-Benítez, A. "Modelos tridimensionales para la enseñanza de la quiralidad en átomos tetraédricos". *Educ. Quím.* **14**, No. 1 (2003) 31-35.

Carey, F. A. "Química Orgánica", 3ra. Edición. McGraw-Hill Interamericana. España, 1999.

Agradecimientos:

A Carmen María González Álvarez y Leopoldo Castro Caballero, profesores de la facultad de ciencias químicas de la BUAP, por su apoyo para la realización de este trabajo. R. E. Arroyo-Carmona agradece al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Puebla por el financiamiento otorgado para la realización de su tesis de licenciatura.

⁶Trabajo de tesis de licenciatura presentado por R.E. Arroyo-Carmona: "Diseño, construcción y validación de modelos tridimensionales para la enseñanza de la quiralidad en átomos tetraédricos". Facultad de ciencias químicas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 2003.

⁷Estudiantes participantes en el "II campamento de verano de las ciencias" organizado por la Universidad de las Américas-Puebla.

⁸Al cuestionarse recientemente a uno de los concursantes del programa "El rival más débil" sobre cuántas caras tiene un tetraedro respondió que "ocho".

3er. Simposio Internacional de Química en Microescala

En honor de Ronald Pike, Mohan Singh y Zvi Szafran

Mayo 18 - 20, 2005

Lugar: Universidad Iberoamericana - Ciudad de México

Objetivo

Reunir a expertos internacionales y nacionales para compartir sus últimos desarrollos de Química en Microescala.

Este Simposio se enmarca en el 60°. aniversario del Departamento de Ing. y Ciencias Químicas de la UIA, y el 15°. aniversario del Centro Mexicano de Química en Microescala.

Conferencias plenarias, Demostraciones de Cátedra, Talleres Cortos, Presentaciones de Carteles (ver fechas límite abajo), Exhibición de Soplado de Vidrio, Concursos, Tours, etc.

- Ronald Pike. (Prof. Emérito del National Microscale Chemistry Center, USA).
- Mohan Singh. (Profesor, National Microscale Chemistry Center, Merrimack College, USA).
- Zvi Szafran (New England College, USA).
- Viktor Obendrauf (Graz Pedagogical Academy, Austria).
- Christer Gruvberg (University of Halmstad, Sweden).
- Wing Hong Chan (Hong Kong Baptist University, Hong Kong).
- Ken Doxsee (University of Oregon, USA).
- Mordechai Livneh (Bar Illan University, Israel).
- Peter Schwarz (Mirecol, Egypt - Germany).
- Alejandro Baeza (Universidad Nacional Autónoma de México).

El idioma oficial del evento es el Inglés (se harán algunas traducciones específicas al Español).

FECHAS IMPORTANTES:

• Carteles: Resúmenes cortos (máximo 150 palabras) y Resúmenes largos (máximo 4 páginas) antes del 10 de Diciembre, 2004. Se pueden enviar por E-mail (a: jorge.ibanez@uia.mx). La aceptación y los comentarios de los árbitros se enviarán a los autores a más tardar el 31 de Enero, 2005.

• Fechas de inscripción y costos:

Inscripción temprana (antes de Feb. 28, 05):	USD 100*
*(Favor de solicitar número de cuenta bancaria para el depósito)	
Inscripción después del día 31 de marzo:	USD 150

MAYORES INFORMES:

Centro Mexicano de Química en Microescala
Depto. de Ing. y C. Químicas
Universidad Iberoamericana, A.C.
Prol. Paseo de la Reforma 880, 01210 México, D.F.
Tels. (55)5950 4074, 5950 4176, 5950 4168
Fax (55) 5950 4279, 5950 4063
jorge.ibanez@uia.mx
arturo.fregoso@uia.mx

Inscripciones:

Mercedes Sanvicente
Mercedes.sanvicente@uia.mx

<http://www.uia.mx/investigacion/cmqm/default.html>