

# Identificación de metales y no metales en las atmósferas de las estrellas. Un proyecto de colaboración docente del Instituto de Astronomía y del CCH Naucalpan para el curso de Química I



Chávez Espín, J. J.<sup>1</sup>, Hernández Toledo, H. M.<sup>2</sup>, Martínez Vázquez, L. A.<sup>2</sup>,  
Mejía Hernández, J. O.<sup>1</sup>, Pani Cielo, A.<sup>3</sup>, Peña Martínez, V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Naucalpan, Universidad Nacional Autónoma de México, Avenida de los Remedios No. 10, Colonia Bosques de los Remedios, C. P. 53400, Naucalpan de Juárez, Estado de México.

<sup>2</sup>Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito de la Investigación Científica, Ciudad Universitaria, C. P. 04510, México, D. F.

<sup>3</sup>OAN-Tonantzintla, Universidad Nacional Autónoma de México, Luis Enrique Erro, C. P. 72840, Santa María Tonantzintla, Puebla.

E-mail: judith.chavezespín@gmail.com

(Recibido el 3 de Junio de 2014, aceptado el 28 de Marzo de 2015)

## Resumen

En el presente proyecto de colaboración se pretende que los estudiantes de primer semestre del bachillerato del subsistema CCH de la UNAM estudien diferentes conceptos relacionados con la estructura de la materia dentro de la asignatura de Química I, proponiendo la identificación de elementos metálicos y no metálicos en las atmósferas de las estrellas utilizando la infraestructura del Observatorio Astronómico Nacional Tonantzintla, Puebla. Es posible considerar a la astronomía como una multidisciplinaria, esto es, un campo de conocimiento en el que convergen varias disciplinas como la física, química, matemáticas, biología, etc. que dan origen a las asignaturas que comúnmente integran los planes de estudio en el bachillerato. Un problema astronómico puede dividirse en problemas más pequeños que individualmente pueden tratarse en el ámbito de alguna de las disciplinas anteriores y su integración en un proyecto docente permite el desarrollo de las habilidades de investigación y el trabajo en equipo de los alumnos. El aprendizaje basado en la formulación de proyectos (ABPy) permite integrar experiencias de aprendizaje y el trabajo en grupo que con el método expositivo tradicional difícilmente podrían lograrse. Se llevó a cabo una experiencia de investigación con estudiantes, en cuatro etapas: 1) Utilizando software especializado virtual educational observatory (proyecto CLEA). 2) Llevando a cabo observaciones astronómicas de estrellas apropiadamente seleccionadas. 3) Analizando e integrando los resultados en el tema correspondiente. 4) Generando información y datos accesibles en línea para otros profesores que deseen utilizarlos en su asignatura.

**Palabras clave:** Astronomía, multidisciplinaria, PBL.

## Abstract

In this collaborative project is intended that freshmen high school subsystem CCH, UNAM study different concepts related to the structure of matter in the subject of Chemistry I, proposing the identification of metallic and nonmetallic elements in the atmospheres of stars using the infrastructure of the Astronomical Observatory of Tonantzintla, Puebla. You may consider astronomy as a multidisciplinary, ie, a field of knowledge in which converge various disciplines such as physics, chemistry, mathematics, biology, etc. giving rise to the subjects commonly integrated curriculum in high school. An astronomical problem can be addressed individually in the field of any of the above disciplines and their integration into a teaching project allows the development of research skills and teamwork of students. Project-based learning (PBL) allows integrating learning experiences and group work than the traditional expository method could hardly be achieved. Conducted a research experience with students in four stages: 1) Using specialized software virtual educational observatory (project CLEA). 2) Conducting astronomical observations appropriately selected stars. 3) Analyzing and integrating the results in the corresponding topic. 4) Generating information and data accessible online to other teachers who wish to use in their subject.

**Keywords:** Astronomy, multidisciplinary, PBL.

PACS: 01.50.Qb, 31.10.+z, 0, 94.05Rx

ISSN 1870-9095

## I. INTRODUCCIÓN

La astronomía puede considerarse un punto en el convergen y se integran muchas disciplinas en la que se pueden poner en práctica los contenidos aprendidos en las asignaturas correspondientes a los planes de estudio en programas que van desde la secundaria hasta el posgrado. Por consiguiente, el desarrollo de proyectos astronómicos adecuadamente graduados al nivel de los estudiantes permite esta integración de conocimientos y habilidades.

En las últimas dos décadas el aprendizaje basado en proyectos (ABPy) ha ido ganando terreno debido a que permite integrar experiencias de aprendizaje y el trabajo en grupo que con el método expositivo tradicional difícilmente podrían lograrse. [2] Las experiencias de investigación ofrecen a los estudiantes la oportunidad de formular un problema y resolverlo utilizando el pensamiento crítico y al mismo tiempo que les permite desarrollar sus habilidades para el aprendizaje permanente a lo largo de su vida.

A diferencia del método expositivo tradicional en el que primero se presenta la información a los alumnos y después se le busca una aplicación; en el caso del ABPy, el proyecto se estructura alrededor de ciertos temas o problemas de interés relacionados con las necesidades de aprendizaje y posteriormente se organizan las experiencias de enseñanza-aprendizaje para lograr el objetivo del proyecto. Puesto que el ABPy reproduce en una escala menor y en un ambiente controlado adaptado a los objetivos curriculares el proceso de investigación científica, el alumno logra aprendizajes significativos ya que va construyendo nuevos conocimientos a partir de los que ya ha adquirido previamente.

Durante varios años el doctor Héctor Hernández Toledo y el maestro en ciencias Luis Artemio Martínez Vázquez han buscado impulsar el aprendizaje basado en proyectos en los niveles de licenciatura y posgrado de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) a partir de proyectos astronómicos. En este trabajo se presentan algunos resultados de la implementación de proyectos docentes relacionados con la astronomía basados en ABPy en la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Naucalpan que forma parte de uno de los subsistemas del Bachillerato de la UNAM.

A continuación se plantea la idea de cómo utilizar la astronomía como multidisciplinaria y cómo se pueden generar los proyectos astronómicos encaminados a la enseñanza de las ciencias. Se describe brevemente en qué consiste el ABPy, el bachillerato de la UNAM y el curso de Química I en el Bachillerato del CCH. Finalmente se presentan comentarios sobre la experiencia de empezar a utilizar la astronomía como multidisciplinaria para la enseñanza de las ciencias en el Bachillerato de la UNAM.

## II. LA ASTRONOMÍA COMO MULTI-DISCIPLINA

La astronomía independientemente de que puede considerarse una disciplina científica en sí misma, es posible considerarla como un campo de conocimiento en el que convergen varias disciplinas *puras* como física, química, matemáticas, biología, computación, etc. que dan origen a las asignaturas que comúnmente integran un plan de estudios. [3] Por lo general, un proyecto astronómico puede dividirse en sub-proyectos que dan origen a problemas más pequeños que individualmente pueden tratarse en el ámbito de alguna de las disciplinas puras y su integración en un proyecto docente permite el desarrollo de las habilidades de investigación y el trabajo en equipo de los alumnos.

Cabe señalar que los proyectos astronómicos no se limitan exclusivamente a las áreas de interés de las disciplinas puras, debido a que los observatorios astronómicos son laboratorios experimentales, es posible implementar proyectos relacionados con otras áreas relacionadas con la ingeniería o la computación como la electrónica, la instrumentación o el procesamiento de imágenes. Actualmente los observatorios modernos poseen instrumentación electrónica, óptica y mecánica que los convierte en sitios excelentes para fomentar en los estudiantes la curiosidad científica, en este caso dirigido a un objetivo de investigación.

Sin ser exhaustivos en la Figura 1, se muestran dos ejemplos en los cuales se muestra el potencial de la astronomía como multidisciplinaria. La espectroscopia que es un tema que frecuentemente se cubre en asignaturas de física o química puede ser tratado en el contexto de un proyecto astronómico que pretenda obtener el espectro de diferentes objetos astronómicos en los cuales se puedan apreciar las líneas que indiquen su composición química o el efecto Doppler en las líneas espectrales. La espectroscopia incluso puede dar pie a proyectos de investigación más especializados como el diseño de espectrógrafos en cursos de óptica a nivel de licenciatura o posgrado. Asimismo, el procesamiento de las imágenes es una ventana a temas de computación y matemáticas.

Actualmente hay un gran interés en desarrollar observatorios robóticos como el Telescopio Liverpool [1] ubicado en el observatorio español del Roque de los Muchachos. Algunas cuestiones relacionadas con la robótica pueden tratarse a partir de este tipo de observatorios y con ello derivar en temas del ámbito de la electrónica, la instrumentación o matemáticas.

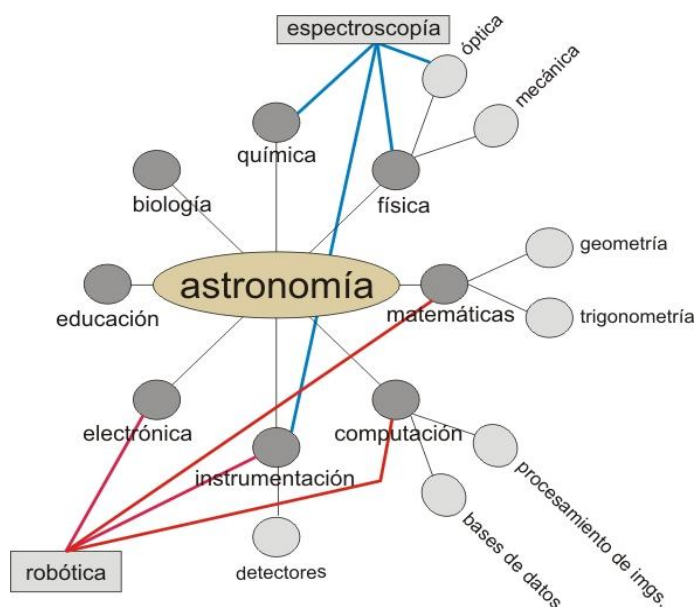


FIGURA 1. Ejemplos de temas que pueden desarrollarse a partir de la astronomía como multidisciplinaria.

### III. APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS

De acuerdo con Kolmos, los principios teóricos centrales del ABPy son: el aprendizaje basado en la formulación de una problemática como punto de partida, que los procesos de aprendizaje sean dirigidos por los participantes, el aprendizaje debe estar basado en la experiencia previa de los estudiantes, debe estar basado en una actividad, debe ser interdisciplinario y debe estar basado en grupos de trabajo [4].

La descripción de proyecto que propone Kolmos es el de ser una unidad didáctica integrada en que el concepto tradicional de didáctica que incluye los elementos de asignatura, profesor y estudiante ha pasado a ser una herramienta para el análisis y la reflexión que integra un número mayor de elementos siempre y cuando estos elementos tengan relación entre sí. Por ejemplo, no solo debe haber una introducción al trabajo de proyecto también se debe pensar tanto en la organización, la evaluación, la infraestructura física, el uso de la tecnología computacional, etc. Es importante mencionar que aspectos como la cultura y la organización son decisivos para poder hacer funcionar en el ABPy.

En principio, cada proyecto debe tener sus fases de estudio de factibilidad, diseño, desarrollo o implementación, análisis de resultados y evaluación. Como ya se mencionó anteriormente cada fase debe incluir tanto los elementos propios de la problemática a resolver como los elementos de evaluación educativa.

### IV. LA ASTRONOMÍA EN EL BACHILLERATO DE LA UNAM

El Bachillerato de la UNAM tiene dos subsistemas el de la Escuela Nacional Preparatoria y el de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades, este último fue creado en 1971 por el rector Pablo González Casanova. Ambos bachilleratos tienen sus propios modelos educativos, uno muy tradicional y el otro coloca al alumno en el centro del proceso de enseñanza – aprendizaje, respectivamente.

En el contexto del bachillerato de la UNAM se ha impulsado que los profesores propongan sus proyectos docentes en el ámbito de sus asignaturas para acercar a los estudiantes al proceso de investigación. A la fecha se han ofrecido tres cursos para profesores (de 2010 a 2012) enfocados al ABPy mediante la implementación de proyectos relacionados con algún tema astronómico. Los cursos han tenido como objetivos:

- Desarrollar proyectos y materiales que acerquen a los estudiantes a temas astronómicos que a su vez formen parte de la currícula de ciencias en el bachillerato.
- Ofrecer una instrumentación básica que permita a los estudiantes y profesores realizar sus primeros proyectos y tener una experiencia inicial en la investigación científica.

Derivado de estos cursos han surgido:

- Talleres sobre adquisición de imagen digital con telescopios pequeños.
- Ciclos de conferencias.
- Prácticas para laboratorios de física y química.
- Actividades de divulgación en el Observatorio Astronómico Nacional ubicado en Tonantzintla, Puebla.
- Proyectos de observación con el telescopio de 1m del Observatorio de Tonantzintla, Puebla.
- Demostraciones de experimentos de física, algunos con enfoque astronómico.

### V. QUÍMICA I EN EL BACHILLERATO DEL CCH

El bachillerato de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades es un bachillerato de cultura básica que se propone formar al alumno por medio de la adquisición de conocimientos y el desarrollo de habilidades, actitudes y valores que propicien en el egresado un desempeño más creativo, responsable y comprometido con la sociedad y que a la vez lo posibilite para continuar estudios superiores.

La materia de Química pertenece al área de Ciencias Experimentales, la cual contribuye a la cultura básica del estudiante promoviendo aprendizajes que:

*“...le permitirán desarrollar un pensamiento flexible y crítico, de mayor madurez intelectual, a través de conocimientos básicos que lo lleven a comprender y discriminar la información que diariamente se presenta con visos de científica; a comprender fenómenos*

*naturales que ocurren en su entorno o en su propio organismo; a elaborar explicaciones racionales de estos fenómenos; a valorar el desarrollo tecnológico y su uso en la vida diaria, así como a comprender y evaluar el impacto ambiental derivado de las relaciones hombre – ciencia y tecnología-naturaleza” [5].*

Química I es asignatura obligatoria, a ésta corresponde aportar los conocimientos básicos de la disciplina y colaborar en el desarrollo de habilidades, actitudes y valores.

El contenido de la asignatura tiene un orden lógico secuencial que permite ir de lo simple a lo complejo y de lo concreto a lo abstracto, así como el paso de lo macroscópico a lo molecular, propicia el desarrollo de la capacidad de abstracción de los estudiantes.

Se enfatiza en el aprendizaje de los conceptos de compuesto, elementos, **estructura de la materia (átomo y molécula)**, reacción química y enlace.

En la pregunta generadora **¿En qué son diferentes los metales de los no metales?** los aprendizajes que tienen que adquirir los estudiantes son: [6]

22. Describe cómo el descubrimiento de las partículas subatómicas dio lugar a la evolución del modelo de Dalton al de Bohr.

23. Representa gráficamente la distribución electrónica de los átomos de los elementos de grupos representativos según el modelo atómico de Bohr.

24. Describe la organización de los elementos en la tabla periódica considerando grupos o familias, periodos y orden creciente de número atómico.

25. Ubica en la tabla periódica la posición de los átomos de los elementos de los grupos representativos con base en el número de electrones externos.

26. Utiliza la tabla periódica como una herramienta para obtener información básica sobre los elementos.

27. Nombra a los elementos de los grupos representativos a partir de sus símbolos.

28. Asocia los valores de electronegatividad de los elementos con su radio atómico, su energía de ionización y su carácter metálico o no metálico.

La práctica docente ha mostrado que los estudiantes saben de memoria los modelos atómicos, no los comprenden, el proyecto de colaboración docente va a permitir a los estudiantes a partir de datos espectroscópicos obtenidos de diferentes estrellas conocer y comprender el modelo atómico de Bohr, así como relacionar los valores de electronegatividad, radio atómico y energía de ionización.

## VI. EL PROYECTO DE COLABORACIÓN DOCENTE

Se presentó al doctor Héctor Hernández Toledo la propuesta de la investigación **Identificación de Metales y No Metales**

**en las Estrellas**, así como a los estudiantes que iban a participar.

Octavio y Verónica de forma autónoma y autorregulada aprendieron las coordenadas celestes, telescopios, técnicas observacionales, principios de física estelar, clasificación y observación de estrellas. [7] Para reforzar sus conocimientos utilizaron el software especializado virtual educational observatory (proyecto CLEA).

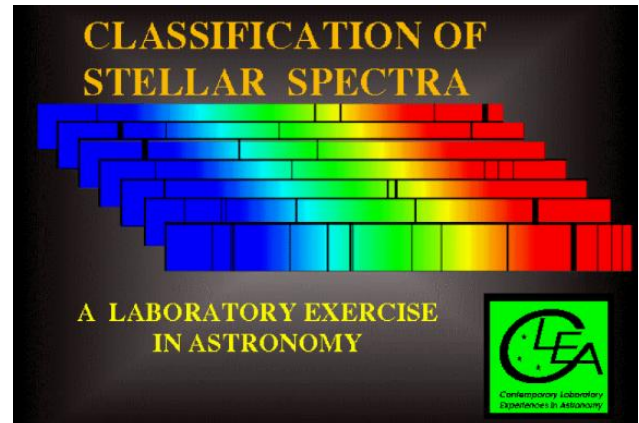


FIGURA 2. Software especializado virtual proyecto CLEA.

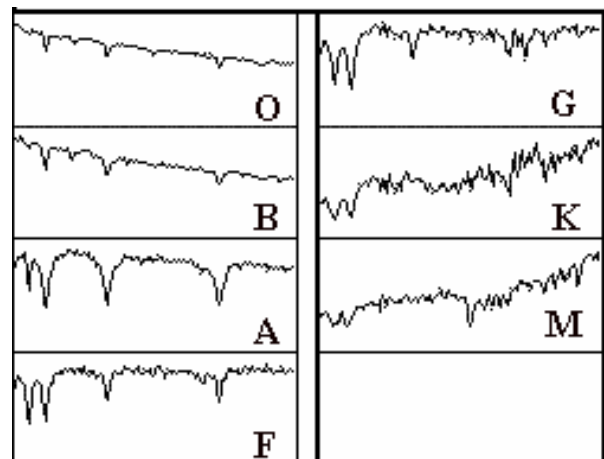


FIGURA 3. Espectros de absorción de cuerpos estelares de las Pléyades.

Los estudiantes consultaron el Anuario Astronómico Nacional 2011 y también el programa planetario Stellarium, con ambos sacaron las coordenadas estelares de cuarenta estrellas para obtener sus espectros de absorción en las temporadas marzo, abril y mayo de 2011 en el Observatorio Astronómico Nacional de Tonantzintla, Puebla.

Hora	Nombre del objeto	Tipo	Magnitud Aparente	Ascensión Recta (J2000)	Declinación (J2000)	HIP
22:01	Regulus ( $\alpha$ Leo)	B7V	1.35	10h 08m 22.3s	11° 58' 02.5" positivo	49669
22:03	Alhena ( $\gamma$ Gem)	A0IV	1.9	6h 37m 42.7s	16° 23' 57.1" positivo	31681
22:13	Castor ( $\alpha$ Gem)	A2Vm	1.9	7h 34m 35.9s	31° 53' 17.0" positivo	36850 A
22:14	Alnath ( $\beta$ Tau)	B7III	1.65	5h 26m 17.5 s	28° 36' 26.1" positivo	25428
22:16	Algieba ( $\gamma$ 1 Leo)	K0III	2.2	10h 19m 58.4s	19° 50' 28.2" positivo	50583 A
22:18	n Leo	A0Ib	3.45	10h 07m 20.0 s	16° 45' 45.6" positivo	49583
22:19	Adhafera ( $\zeta$ Leo)	F0III	3.4	10h 16m 41.4s	23° 25' 02.3" positivo	49583
22:21	Tania Borealis ( $\lambda$ Uma)	A2IV	3.45	10h 17m 5.7s	42° 54' 52" positivo	50372
22:23	Tania Australis ( $\mu$ UMa)	M0III_SB	3.05	10h 22m 19.7 s	41° 29' 58.8" positivo	50801
22:25	Denebola ( $\beta$ Leo)	A3Vvar	2.1	11h 49m 3.5 s	14° 34' 19" positivo	57632
22:28	Gomeisa ( $\beta$ Cmi)	B8Vvar	2.85	7h 27m 9s	8°17' 21.4" positivo	36188
22:30	Alphard ( $\alpha$ H Ya)	K3III	1.95	9h 27m 9s	8° 39' 30.6" negativo	46390
22:31	Alnitak ( $\zeta$ Ori)	O9.5Ib_S B	1.85	5h 40m 45.5s	1° 56' 33.3" negativo	26727
22:33	Menkalinan ( $\beta$ Aur)	A2V	1.9	5h 59m 31.7s	14° 56' 58.8" positivo	28360
22:35	Aldebaran ( $\alpha$ Tau)	K5III	0.85	4h 35m 55.3s	16° 30' 32.9" positivo	21421
22:36	Zavijaba ( $\beta$ Vir)	F8V	3.55	11h 50m 42.3s	1° 45' 49.9" positivo	57757
22:37	Chertam ( $\theta$ Leo)	A2V	3.3	11h 14m 14.4s	15° 25' 45.5" positivo	54879
22:40	m Leo	K3III	5.5	10h 46m 24.6s	18° 53' 29.2" positivo	52686
22:41	k Leo	G4III	5.45	10h 46m 25.2s	14° 11' 39.8" positivo	52689

FIGURA 4. Coordenadas estelares de algunas estrellas.

En la temporada de marzo de 2011 los estudiantes trabajaron con el telescopio de 1m y el espectrógrafo SBIG Self Guide Spectrograph.



FIGURA 5. Acoplado el espectrógrafo SBIG Self Guide Spectrograph al telescopio de 1m del Observatorio Astronómico Nacional de Tonantzintla, Puebla.

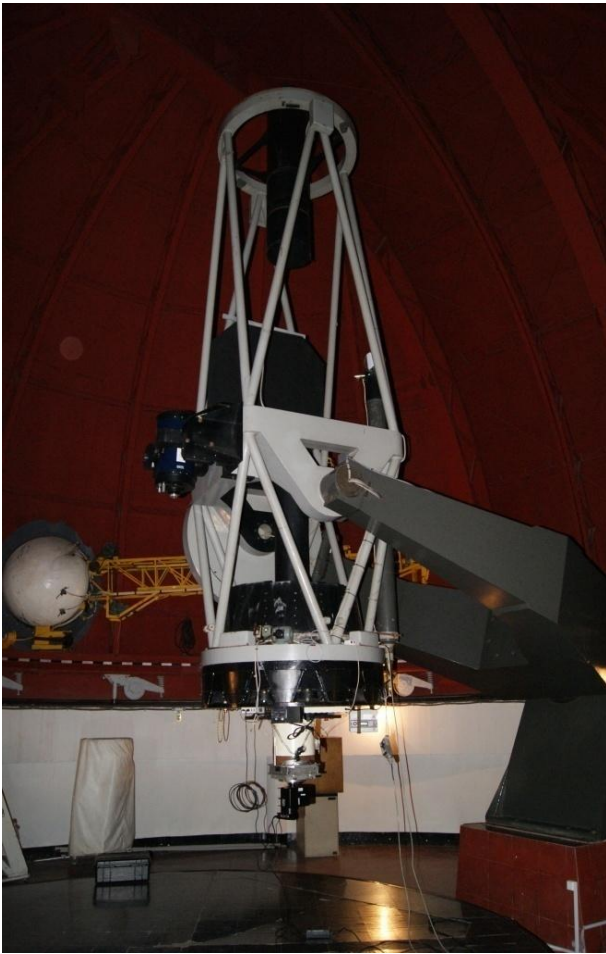


FIGURA 6. Espectrógrafo SBIG Self Guide Spectrograph acoplado al telescopio de 1m.

Ejemplo de un espectro obtenido:

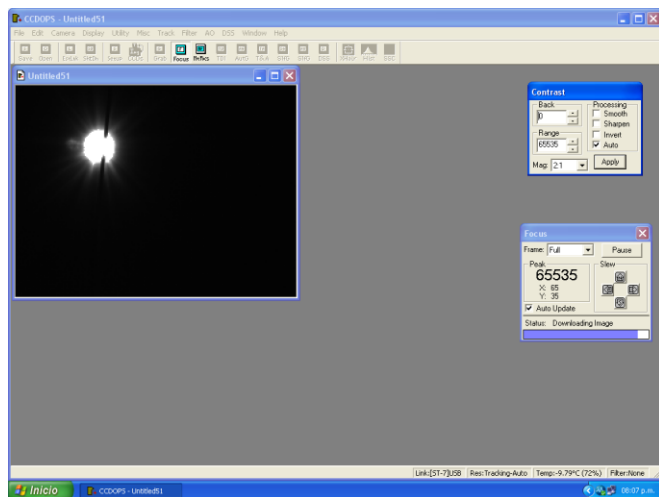


FIGURA 7. Cuerpo estelar en rendija.

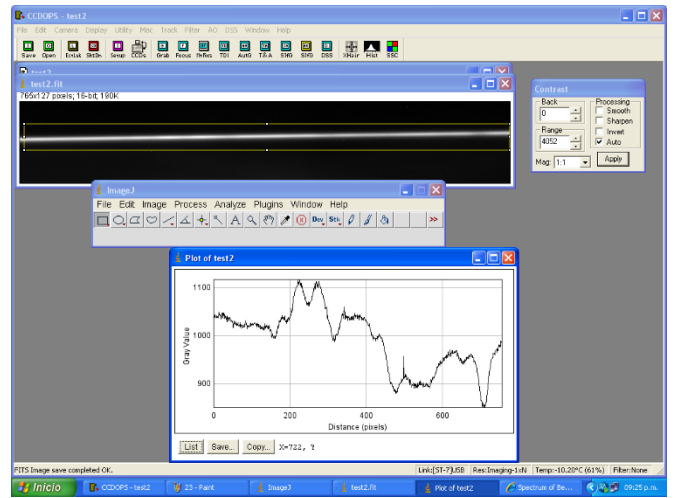
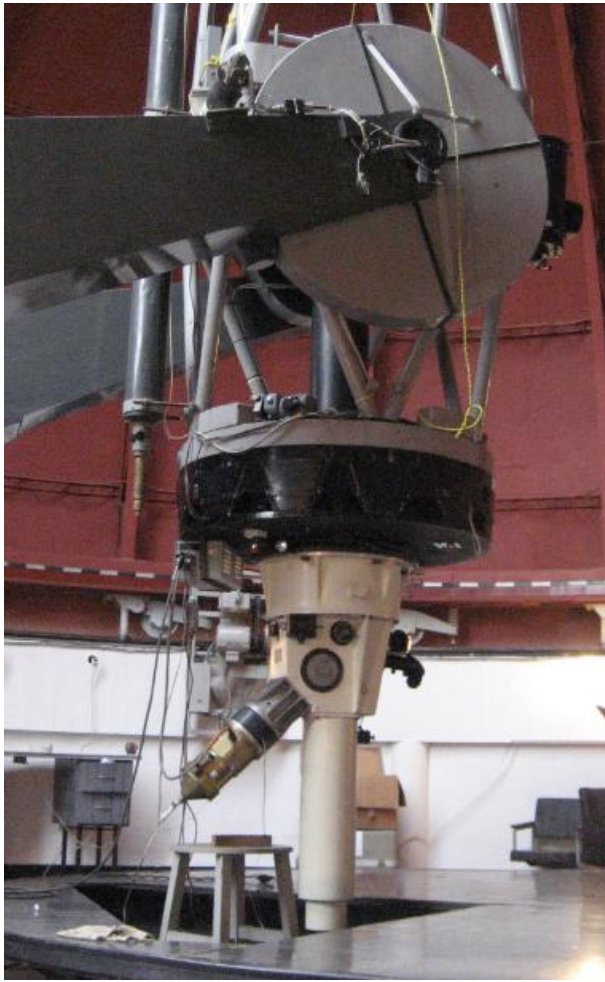


FIGURA 8. Espectro obtenido y desplegado del cuerpo estelar.

En la temporada abril-mayo de 2011 los estudiantes trabajaron con el telescopio de 1m y el espectrógrafo Boller & Chivens.



FIGURA 9. Acoplando el espectrógrafo Boller & Chivens al telescopio de 1m.



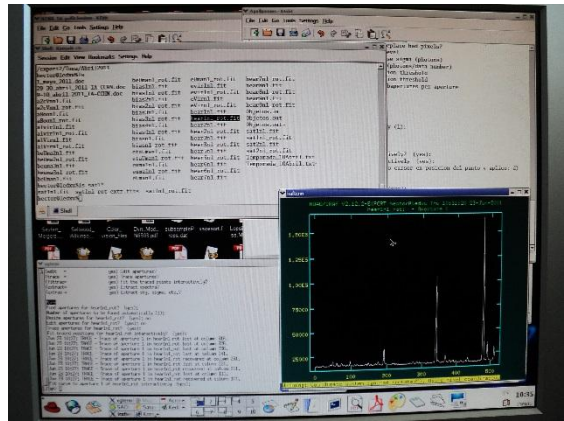
**FIGURA 10.** Espectrógrafo Boller & Chivens acoplado al telescopio de 1m.

El espectro de emisión de la lámpara de comparación He – Ar y los espectros de absorción de las estrellas:  $\beta$  UMa,  $\alpha$  Virgo,  $\eta$  UMa,  $\alpha$  2CVn,  $\epsilon$  Virgo,  $\alpha$  Bootis,  $\alpha$  Leo, Subra,  $\gamma$  UMa, Spica,  $\alpha$  Sco,  $\eta$  Oph,  $\sigma$  Sgr,  $\pi$  Sgr y  $\alpha$  2Cap fueron procesados y calibrados en el Instituto de Astronomía.

*Identificación de metales y no metales en las atmósferas de las estrellas...*



**FIGURA 11.** Trabajando en procesamiento y calibrado del espectro de emisión de la lámpara de comparación He-Ar y espectros de absorción de diferentes estrellas.



**FIGURA 12.** Espectro de absorción de la lámpara de comparación He-Ar.

Los estudiantes con ayuda del espectro de emisión de la lámpara He-Ar, identificaron principalmente en los espectros de absorción de las diferentes las líneas  $H\alpha$ ,  $H\beta$ ,  $H\gamma$  y  $H\delta$  del hidrógeno.

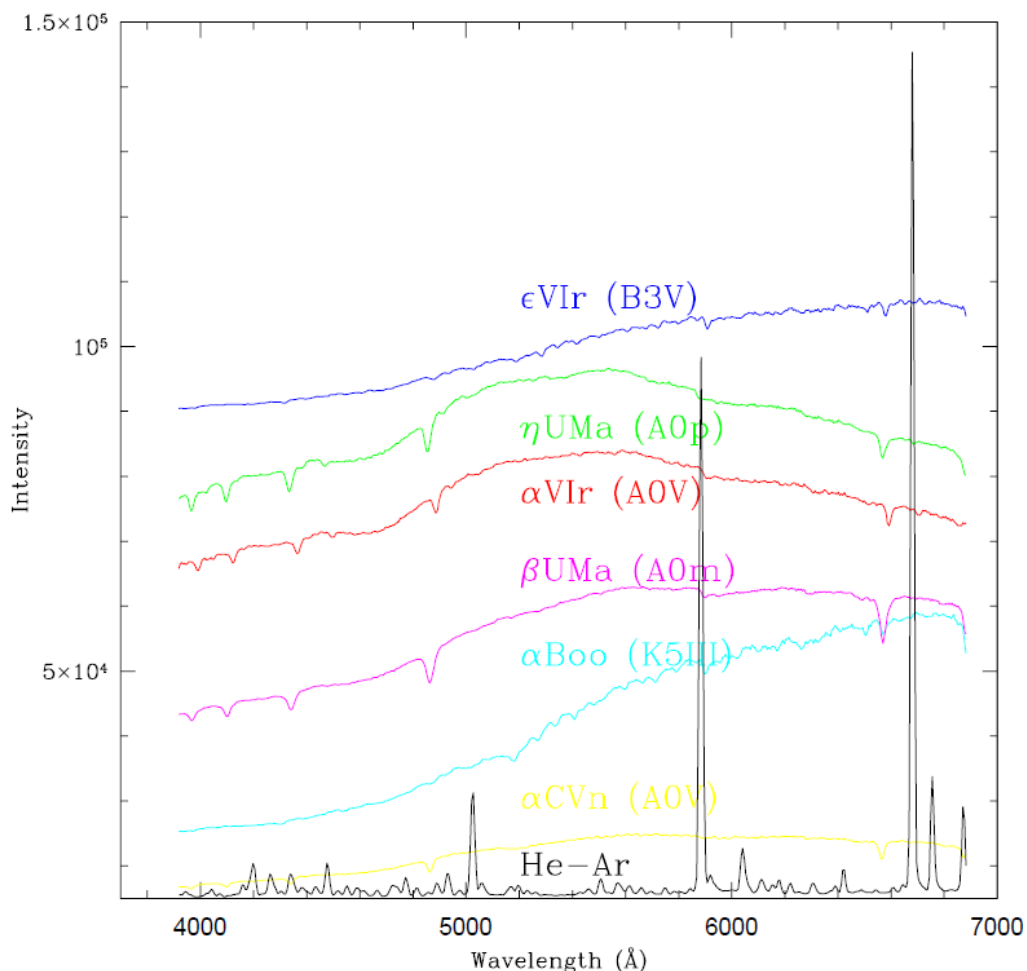


FIGURA 13. Espectro de emisión de la lámpara de comparación He-Ar y espectros de absorción de estrellas tipo A, B y K.

En estos momentos se está generando información y datos accesibles en línea para que estén disponibles a los profesores que deseen utilizarlos en su asignatura.

También se está redactando la estrategia didáctica para aplicarla en un grupo que esté cursando Química I, para cubrir los aprendizajes de la pregunta generadora **¿En qué son diferentes los metales de los no metales?**

Los resultados que arroje la aplicación de la estrategia didáctica nos dirá si los estudiantes adquirieron y comprendieron los aprendizajes relacionados con **el modelo atómico de Bohr** y **si asocian los valores de electronegatividad de los elementos con su radio atómico, su energía de ionización y su carácter metálico o no metálico.**

## VII. COMENTARIOS

La astronomía es una ciencia que tiene relación con otras ciencias, en particular en este proyecto por medio de la espectroscopia tiene correlación con la química.

Los estudiantes que participaron en este proyecto intervinieron en la planeación e implementación,

considerando los recursos con que se cuentan tanto en la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades y en el Instituto de Astronomía. Aplicaron habilidades de investigación y el trabajo en equipo entre estudiantes y profesores.

Los alumnos aprendieron a ser más autónomos y autorregulados porque al buscar, seleccionar, analizar y sintetizar información relevante relacionada con el proyecto, se dieron cuenta de la relación que hay entre las asignaturas que cursan en el bachillerato, y que los conocimientos que han adquirido los tienen que retomar para proponer soluciones y emitir sus opiniones con fundamento.

A partir de los espectros de absorción de las diferentes estrellas se puede introducir a los alumnos de Química al estudio y comprensión del modelo atómico de Bohr. Y que asocien valores de electronegatividad de algunos elementos con su radio atómico, su energía de ionización y su carácter metálico o no metálico.

Para lograr lo anterior en la estrategia didáctica se propondrá que los estudiantes observen el espectro de emisión del hidrógeno, conozcan y comprendan la serie de



Chávez Espín, J. J. et al.

Balmer y posteriormente estudien el modelo atómico de Bohr.

Con el espectro de Saturno y sus anillos se propone diseñar una estrategia didáctica para la asignatura de Química IV, porque en este hay señales de moléculas orgánicas.

La aplicación de ambas estrategias didácticas va a hacer uso de simuladores, animaciones y aplicaciones que ilustran los distintos temas.

El doctor Héctor Hernández junto con otros colaboradores del Instituto de Astronomía están trabajando para que a la brevedad las bases de datos estén a disposición de los profesores y diseñen estrategias didácticas relacionadas con las asignaturas que imparten.

## VIII. REFERENCIAS

- [1] Astrophysics Research Institute and Liverpool John Moores University, *The Liverpool Observing Robotic Telescope*, <http://telescope.livjm.ac.uk/>. Consultada en: Octubre de 2012.
- [2] Galeana de la O. L., *Aprendizaje basado en proyectos*, (Universidad de Colima, Colima, s. f).
- [3] Meléndez Moreno, J. L., *Astronomía: Ciencia Interdisciplinaria* (UNMSM, Lima, s. f).
- [4] Kolmos, A., *Estrategias para desarrollar currículos basados en la formulación de problemas y organizados en base a proyectos*, *Educar* **33**, 77-96 (2004).
- [5] CCH, *Plan de Estudios Actualizado*, (DUACB-UNAM, México, 1996).
- [6] CCH, *Programas de Estudio de Química I a IV*, (UNAM, México, 2004).
- [7] Galadí-Enríquez, D. & Gutiérrez Cabello, J., *Astronomía general. Teoría y práctica*, (Ediciones Omega, Barcelona, 2001).