



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

FACULTAD DE FÍSICA
INSTITUTO DE ASTROFÍSICA

TALLER DE EXOPLANETAS

Propuesta de un laboratorio virtual interactivo: APIastro

por

Roy Van Der Westhuizen

Tesis presentada a la Facultad de Física de la
Pontificia Universidad Católica de Chile, para
optar al grado académico de Licenciado en Astronomía

Supervisor : Dr. Andrés Jordán (PUC Chile)
Co-supervisor : Néstor Espinoza (PUC Chile)
Correctores : Dr. Marcio Catelán (PUC Chile)
Dr. Maximiliano Montenegro (PUC Chile)

Diciembre, 2015
Santiago, Chile

©2015, Roy van der Westhuizen

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

*“Los cielos son los cielos del Eterno;
y ha dado la tierra a los hijos de los
hombres.”*

Salmos 115:16

Agradecimientos

Fueron claves las personas que en momentos me tendieron una mano en este proceso.

Quiero agradecer a Jesús, mi líder, Señor y Amado.

Paloma Gajardo, por acompañarme fielmente en todo el proceso y estar conmigo. Eres una tremenda mujer.

Juan Pablo Sepúlveda, por la cooperación en cuanto a programación web y ofrecerme tu ayuda desinteresadamente.

Julio Vidal, profesor de física del colegio Augusto D'Halmar, por facilitarme tu curso y sacrificar tus propias horas, teniendo una actitud cercana y de ayuda.

Jessica Rebolledo, por tu ayuda en cuanto al diseño educacional de la página web.

A Sebastián Nuñez, por toda tu amistad durante la carrera, haciendo de mi experiencia universitaria muy disfrutable.

A Juan Paredes, por tu ayuda y amistad durante la carrera.

Larry Fredes, un profesor que cabió mi historia y me ayudó en el proceso.

Cristián Jofré, mi profesor de física del colegio, que inspiró en mí el amor por la astronomía con su taller extraprogramático.

Olga Espinoza, por su hermosa actitud de ayuda.

Néstor Espinoza, por ir más allá de lo necesario, orientándome en la mayoría del proceso.

Maximilano Montenegro, por su cercanía y ayuda crucial en la última etapa.

A los estudiantes del Instituto Ágape y Augusto D'Halmar, por recibir mi taller de exoplanetas.

Y por último, mis amados padres Jamie van der Westhuizen y Sylvia Vergara. He llegado a ser lo que soy gracias a ustedes y a mis hermanos Mike y Jeremy. Nunca podré expresar lo valiosos que son para mí. Y a ti David, más que un amigo, un hermano.

Abstract

Este trabajo consiste en una propuesta de taller de astronomía relacionado al tema de exoplanetas, el desarrollo de un laboratorio virtual interactivo (APIastro), y la exploración de su efectividad en 2 establecimientos educacionales en la comuna de Ñuñoa (Santiago de Chile) a través de un Pre-test y Post-test, contruidos en este mismo trabajo. APIastro es una herramienta web interactiva que procesa datos de curvas de luz, graficando a tiempo real cómo se vería el sistema planetario en cuestión. Los resultados generales muestran que los alumnos que más usaron la herramienta, tuvieron un cambio conceptual más significativo Pre-Post-test en cuanto a los contenidos de astronomía curriculares escolares y en el tópico de exoplanetas, además de aumentar su valoración en cuanto a las prácticas de laboratorio, interés para un futuro posterior, y percepción de la asignatura de física como menos difícil de lo que les parecía antes.

Índice general

1. Introducción	1
2. Astronomía - Enseñanza, Motivación	3
3. Taller de Exoplanetas	7
3.1. Introducción	7
3.2. Construcción preliminar de las clases	8
3.3. Levantando el Taller de Exoplanetas	10
3.4. Alineamiento con Currículum MINEDUC	12
4. APIastro, el laboratorio	17
4.1. Laboratorios, alternativa pedagógica	17
4.2. Laboratorios virtuales, la alternativa pedagógica Innovadora	18
4.3. APIastro, la gran propuesta	21
4.3.1. Presentación de la herramienta	21
4.3.2. Especificaciones técnicas	24
4.3.3. La actividad con APIastro	27
5. Midiendo el taller:	
¿Hay efectividad?	30
5.1. Introducción	30
5.2. Herramientas de medición	31
5.3. Construcción de la medición	32
5.3.1. Pre-Test	32

5.3.2. Post-test	35
5.4. Aplicación de la medición ¿Cómo se hizo?	36
5.4.1. Modalidades de medición	36
5.4.2. Augusto D’Halmar, modalidad 1 y 2	37
5.4.3. Instituto Ágape, Modalidad 3	39
6. Resultados y análisis del impacto del taller y APIastro	42
6.1. Resultados	43
6.1.1. Resultados, segmento de Conocimientos	43
6.1.2. Resultados, segmento de actitudes	47
6.1.3. Comentarios generales	50
6.2. Resultados APIastro	51
7. Conclusiones y vistas a futuro	54
Anexos	57
A. Taller Exoplanetas	58
B. Actividad API-astro	63
C. Construcción de evaluación de Conocimientos, P1	66
D. Construcción de evaluación de Conocimientos, P2	71
Bibliografía	77

Índice de figuras

4.1. Visión general de la herramienta web. Vista en pantalla completa desde un computador.	21
4.2. “Tablero de Juego”. Donde se desarrolla la interacción web con el estudiante.	22
4.3. “Área de gráficas”. Donde se grafican Curvas de luz y Residuo	23
4.4. “Vision lateral”. Gráfica para apreciar la distancia estrella-exoplaneta.	23
4.5. Ventanas explicativas, donde se despliega la definición de los conceptos involucrados en la página.	24
4.6. “Resultados finales”. Donde se muestran los parámetros físicos obtenidos mediante el ajuste de curva de luz.	25
5.1. Correlación Rendimiento escolar v/s Nota Pre-test.	38
5.2. Distribución de rendimiento en Pre-test, Grupo 1 y 2.	39
6.1. Avance General. Promedio Pre-test y Post-test de los 60 estudiantes sometidos al taller.	43
6.2. Comparación de los avances, promedio Pre-test y Post-test, de cada modalidad.	45
6.3. Avance promedio Pre-Post-test en Parte 1 y 2 de conocimientos, en las 3 modalidades.	46
6.4. Promedio Pre-Post-test y ganancia por curso, modalidad 3.	47
6.5. Cambio de actitudes promedio, de los 60 estudiantes, por cada dimensión.	48
6.6. Progreso de la dimensión 2: Trabajo en prácticas de laboratorio, modalidades 1, 2 y 3	49
6.7. Variación total de actitud por curso (o por edad).	51

6.8. Comparación resultado gráfico APIastro (derecha), y literatura científica (izquierda).	52
--	----

Capítulo 1

Introducción

En las últimas décadas, Chile se ha convertido en un líder a nivel mundial en el campo de la astronomía. Muchas colaboraciones internacionales han tomado forma dentro del país, alojando la mayoría de los más poderosos observatorios (Peredo, 2010). Sus características únicas como baja humedad, grandes alturas, cielo despejado y baja contaminación lumínica y radioeléctrica en el norte del país, son una excelente combinación de factores que generan el lugar ideal para más de una docena de instalaciones astronómicas a nivel mundial: El observatorio Paranal (VLT), el proyecto ALMA (Atacama Large Millimeter Array), La Silla, Las Campanas, los observatorios de Cerro Tololo y Gemini Sur, etc., algunos de ellos los más poderosos del mundo en su tipo y pertenecientes a organizaciones científicas astronómicas multinacionales como la ESO, el NAOJ y NRAO.

En las próximas décadas, se recibirán gigantes instrumentos ópticos, submilimétricos y de microonda, como el Giant Magellan Telescope, el Large Synoptic Survey Telescope (LSST), y el European Extremely Large Telescope (E-ELT)(Educarchile, 2009). En la próxima década Chile concentrará cerca del 70 % de la observación astronómica del mundo.

Es evidente la importancia de la ciencia astronómica en nuestro país, y forma parte de uno de los patrimonios culturales científicos. Es por esto, que el entendimiento astronómico en Chile debe empezar a ser parte de nuestra educación cultural.

En este sentido, el gobierno ha introducido a través de los contenidos mínimos obligatorios (CMO) el conocimiento astronómico, de forma que los estudiantes tengan un acercamiento

hacia esta área de la ciencia; sin embargo, a pesar de que el currículum nacional considera conocimientos astronómicos, con cerca de un 7 % del currículum anual en la unidad de Tierra y Universo (MINEDUC, 2009), las clases de astronomía han seguido un formato expositivo y acotado, y por lo general, los profesores lo dejan para “las sobras” de horas semestrales. Hoy en día la mayor parte del conocimiento profundo en el área de astronomía es impartido por agentes externos a la educación formal, en lugar de estar orientado a las escuelas.

Es por esto, que este trabajo tiene por objetivo la propuesta y análisis de un taller en aula, referente a un tema moderno de astronomía: Los exoplanetas.

Se elevará la propuesta del taller, incluyendo el desarrollo de un laboratorio virtual donde se aplicarán los conocimientos aprendidos.

Además, se trabajará en la construcción de un Pre-test y Post-test para lograr medir el impacto del taller, intentado demostrar que tiene éste una formidable utilidad, no sólo en cuanto a conocimientos astronómicos relacionados al currículum, sino en las habilidades de pensamiento científico, disposición actitudinal con respecto a la física, cultura, etc. Esto lo lo llevaremos a cabo midiendo el taller construido, aplicándolo en un liceo municipal, y en un instituto particular de enseñanza básica y media, observando el impacto del taller sobre los estudiantes.

Capítulo 2

Astronomía - Enseñanza, Motivación

¿Cómo se aprende astronomía en Chile?. Existen variadas fuentes a través de las cuales se aprende astronomía en el país, sin embargo, se han clasificado en cuatro fuentes principales:

1. **Escuelas:** A través de los contenidos mínimos obligatorios, en la sección “Tierra y Universo”, desde primer año básico hasta cuarto medio existen diversos contenidos relacionados a la astronomía(MINEDUC, 2009), formando parte de los conocimientos mínimos que debiera impartir cada escuela del país.
2. **Talleres escolares extra programáticos:** Organizaciones o personas externas a la escuela que ofrecen talleres de astronomía, siendo requeridos o aceptados para enseñar a los estudiantes, tales como: Profesores o profesionales aficionados, organizaciones de difusión científica, etc. Por ejemplo el CADIAS (Centro de Apoyo a la Didáctica de la Astronomía) en La Serena (Arias, 2015).
3. **Instituciones de difusión científica:** Organismos que hacen talleres o días de instrucción científica dentro de sus propias dependencias, tales como museos, observatorios científicos y turísticos, planetarios, talleres universitarios de astronomía,

como por ejemplo el proyecto “Bling-Bling Universe” (Espinoza, 2015), etc.

4. **Medios masivos de comunicación:** A través de internet y televisión por cable, es posible aprender astronomía a través de documentales, videos de difusión, series, etc. Por ejemplo la serie “Cosmos: un viaje personal” (Sagan, 1980), observada ya por más de 400 millones de personas.

A través de todas estas fuentes de enseñanza y difusión, se aprende astronomía dentro del país. Sin embargo, la mayoría de los estudiantes sólo se queda con la experiencia escolar, y no solo eso, sino que la experiencia escolar en la asignatura de física (área disciplinar escolar de la astronomía) está en una situación poco ventajosa, siendo el área con el puntaje más bajo en la prueba TIMMS con 413 puntos, en contraste con el promedio internacional de 474. Es decir, sólo el 44 % de los estudiantes chilenos están en el estándar mínimo mundial. Además, la enseñanza de la astronomía tiende a ser una de las áreas de contenido más afectadas, debido a que los profesores no la priorizan, llegando a ser su enseñanza casi nula, además de profesores con deficiente instrucción en el área (Araya, 2012).

Dada esta situación un poco alarmante, es necesario incentivar el aprendizaje de esta asignatura, por medio de estrategias que no solo permitan al estudiante memorizar más contenidos, sino que le incentiven a querer aprender más. En este sentido, cabe preguntarnos cuáles son los contenidos que los estudiantes quieren aprender más.

Un estudio seleccionó 25 contenidos del currículum escolar dentro de la asignatura de física, encuestando a 25 estudiantes de cada nivel desde 8vo hasta 4to medio en la Región Metropolitana.

Los estudiantes seleccionaron los contenidos de mayor interés; aquellos que más quisieran aprender, en formato: “Desinteresado”, “Parcialmente desinteresado”, “No estoy seguro”, “Parcialmente interesado” e “Interesado”, donde se le asigna la puntuación 1, 2, 3, 4 y 5, respectivamente. El resultado reveló que los 5 tópicos de más interés, con su media (M) y desviación estándar (D.E.), son (González, Morales & Pino, 2012):

1. Agujeros negros, supernovas y otros objetos en el espacio exterior (M=3.06, D.E.=1.06)
2. Terremotos y volcanes (M=3.06, D.E.=1.00)

-
3. Cómo los meteoritos o asteroides pueden causar desastre en la tierra (M=3.03, D.E.=1.03)
 4. Cómo se siente estar sin gravedad en el espacio (M=3.02, D.E.= 1.08)
 5. Las estrellas, planetas y el universo (M=2.86, D.E.=1.03)

Por otro lado, los contenidos que obtuvieron mayor desinterés fueron “átomos y moléculas” (M=2.10, D.E.=1.09), y “Cómo los motores de gasolina y Diesel funcionan” (M=2.15, D.E.=1.12) (González, Morales & Pino, 2012).

Ante tal situación, observamos que los temas de más interés desde 8vo básico hasta la enseñanza media parecieran girar en torno a la astronomía, y terremotos y volcanes, tópicos relevantes en la realidad chilena. Sin embargo, esta no es una realidad solo nacional. En una muestra internacional de 751 estudiantes(7), destacan con mayor interés (Jidesjö, Oscarsso, Karlsson & Strömdahl, 2009)

1. Cómo se siente estar sin gravedad en el espacio. (M=3.00, D.E.=1.00)
2. Cómo los meteoritos o asteroides pueden causar desastre en la tierra (M=2.81, D.E.=1.04)
3. Agujeros negros, supernovas y otros objetos en el espacio exterior (M=2.67, D.E.=1.11)

Según lo antes dicho, el tópico de la astronomía lleva un liderazgo en cuanto a interés dentro del sistema escolar a niveles internacionales. Esto revela una gran oportunidad para usar un elemento de identidad nacional para impulsar el aprendizaje en la asignatura de física.

Ahora, un factor importante dentro de la percepción de los estudiantes en cuanto a la física, es la disposición actitudinal que tienen hacia ella, como una materia difícil de aprender.

Un estudio develó que los estudiantes perciben (actitudinalmente) la asignatura de física como más dificultosa (González, Morales & Pino, 2012); En este sentido, la unidad “Tierra y Universo”, dentro del currículum, presenta contenidos más concretos, con menos

cálculos y fórmulas, y más información que los estudiantes estiman interesante.

Por último, la astronomía da oportunidades de experimentación, ampliando el marco expositivo de las clases tradicionales. Siendo la astronomía principalmente una ciencia de observación, permite a los estudiantes acercarse al método científico, y a los procedimientos experimentales.

Si bien es difícil hacer experimentos directos relacionados a la astronomía (dado que las estructuras e instrumentos astronómicos no son muy accesibles), sí se puede trabajar con análisis de datos, teorías e hipótesis relacionados a la astronomía, y revivir las controversias científicas que tuvieron lugar en torno a temas como origen del universo, gravedad, evolución de estructuras cósmicas, y cómo las teorías se desarrollaron hasta hoy.

En conclusión, la astronomía no solo presenta un contenido valioso de identidad, sino que presenta varias ventajas ante la enseñanza en aula, siendo el tópico de más interés, y con variadas oportunidades de aplicación al currículum escolar.

Es por esto, que este trabajo pretende proponer un taller que contenga las aristas antes explicadas, y probar con herramientas exploratorias, el beneficio que presenta un taller de astronomía para los estudiantes del sistema escolar.

Capítulo 3

Taller de Exoplanetas

3.1. Introducción

En palabras de Stephen Hawking:

“Vivimos en un universo extraño y maravilloso. Se necesita una extraordinaria imaginación para apreciar su edad, tamaño, violencia, e incluso belleza. Los antiguos se esforzaron mucho por entender el universo, pero entonces no disponían de nuestras matemáticas y nuestra ciencia. En la actualidad contamos con recursos poderosos: herramientas intelectuales como las matemáticas y el método científico, e instrumentos tecnológicos como ordenadores y telescopios. Con su ayuda, los científicos han acumulado un rico acervo de conocimiento sobre el espacio. Pero ¿qué sabemos en realidad del universo, y cómo lo conocemos? ¿De dónde viene el universo? ¿A dónde va? ¿Tuvo un inicio? Y, si es así, ¿qué pasó antes de él? ¿Cuál es la naturaleza del tiempo? ¿Tendrá un final? ¿Podremos retroceder en el tiempo? Avances recientes de la física, que debemos en parte a las nuevas tecnologías, sugieren respuestas a algunas de estas riquísimas preguntas. Algún día, estas respuestas nos parecerán tan obvias como que la tierra gira alrededor del sol? Sólo el tiempo (sea lo que sea) lo dirá” (Hawking, 2005, p. 3-4).

A la mayoría de estas importantes preguntas, los astrónomos buscan respuesta hoy, y esta cita de Stephen Hawking releva lo asombroso de poder detectar hoy otros planetas, que pueden llegar a ser parecidos al nuestro. El tema de exoplanetas es relativamente moderno y candente en la astronomía de hoy. Constantemente están surgiendo publicaciones en la

comunidad científica acerca de nuevos planetas descubiertos y nuevos métodos para detectarlos y caracterizarlos. Desde la primera detección confirmada de un planeta extrasolar orbitando alrededor de una estrella de la secuencia principal (51 Pegasi b) en 1995, se han descubierto cerca de 1200 sistemas planetarios que contienen cerca de 1900 cuerpos planetarios hasta el presente año (Schneider, 2015). El tema de exoplanetas va en dirección a una de las más interesantes preguntas cosmológicas existentes: ¿Existe un planeta diferente al nuestro que pueda albergar vida? ¿Existen otros mundos parecidos? En base a lo explicado, se decidió ambientar el taller en torno a este tema: Los exoplanetas.

3.2. Construcción preliminar de las clases

El tema de exoplanetas es amplio y variado. Existen varias aristas a través de las cuales se puede abordar esta materia. Es por esto que en esta parte especificaremos brevemente cuáles son los contenidos seleccionados, haciendo referencia a los aprendizajes esperados y los objetivos, dado que no solo queremos hablar cualitativamente de los exoplanetas, sino que buscamos acercar a los estudiantes a cómo se detectan, y cómo caracterizarlos con métodos científicos actuales.

Existen diferentes métodos para detectar exoplanetas, como los son: detección visual directa (obtenención de imágenes directas, poco usado), método de velocidades radiales (detectar el exoplaneta a través del movimiento de la estrella en torno al centro de masa), método de curvas de luz (observación de la luz de la estrella durante el eclipse estrella-exoplaneta), microlentes gravitacionales (detectar curvaturas de luz debido a la presencia de un planeta), perturbaciones gravitacionales en nubes de polvo (irregularidades en la distribución de polvo, debido a la formación de un planeta en órbita).

En este taller seleccionaremos el método de curvas de luz (tránsitos), por ser relativamente simple y eficaz en el contexto científico, y quizás el más usado actualmente. Además, utiliza conceptos que se pueden relacionar al currículum escolar (abordado en sección 3.4), y que podríamos como refuerzo en cuanto a contenidos escolares.

Del tema de “Curvas de Luz”, se enunciarán y seleccionarán a continuación los contenidos

a incluir en el taller, marcando en **negrita** los contenidos que estimamos más pertinentes a ser enseñados, dentro de otros temas generales:

Curvas de Luz:

1. **Contexto histórico**
2. **Eclipses**
3. Observación astronómica
 - **Proceso observacional**
 - Reducción de Datos
 - Errores
4. Gráficas de Curvas de luz (Tránsitos)
 - Observables
 - **Parámetros físicos**
 - **Modelos de curvas de luz**
 - **Residuos**
5. Solución analítica a parámetros físicos
6. Blends (Mezclas de brillo)
7. Limb Darkening (Oscurecimiento al Limbo)
8. Atmósferas

Luego, para que los estudiantes puedan entender algunos términos astronómicos que se ocupan en el taller, será necesario contextualizarlos, introduciéndolos a través de un marco teórico, de forma que se pueda referir a exoplanetas con una base de conocimientos apropiada. Los contenidos previos al tópico de “exoplanetas” que se estiman convenientes (considerando el currículum nacional escolar) son:

1. Caracterización básica de pequeñas y grandes estructuras cósmicas (cometas, asteroides, meteoritos, nebulosas, galaxias y cúmulos de galaxias), ubicando la Vía Láctea y el Sistema Solar entre esas estructuras (MINEDUC, 2009).
2. Reconocimiento de los parámetros físicos asociados a un sistema planetario (radio planeta, radio estrella, inclinación órbita, distancia orbital), con sus respectivas unidades de medida (MINEDUC, 2009).

Por último, se estima conveniente que los estudiantes puedan reforzar lo aprendido, a través de una actividad de aplicación. Es por esto que se piensa construir una experiencia de laboratorio, que contenga las características ideales para aplicar los contenidos vistos en el taller. Considerando este bosquejo de contenidos y actividades, el taller de exoplanetas quedará estructurado, como se explica en la sección que sigue.

3.3. Levantando el Taller de Exoplanetas

La idea fundamental del taller es poder transmitir una gama de conocimientos básicos para comprender los procedimientos generales que nos llevan a detectar (a través del método de curvas de luz) y caracterizar sistemas planetarios, junto con la aplicación-aprendizaje de los contenidos a través de un laboratorio virtual(se explicará más adelante), introduciendo a los estudiantes al trabajo científico astronómico por medio de un tema de interés, los exoplanetas.

En base a la sección 3.2, se estima conveniente que el taller contenga una primera parte de contextualización de los conocimientos, es decir, el marco teórico del taller. Esta parte debiera estar construida netamente por contenidos relacionados al currículum nacional escolar, dado que se espera que este taller refuerce también los aprendizajes curriculares. Luego, se entrará de lleno en el tópico de exoplanetas, en los contenidos seleccionados. y por último, se introducirá a los estudiantes a una actividad de aplicación, una experiencia de laboratorio. Dadas las etapas descritas, mediante un proceso de análisis y construcción en base a los criterios anteriormente expuestos, la estructura del taller resultó como sigue:

Reseña del taller, y APIastro

El taller se construyó en base a 3 clases, a desarrollarse en una hora pedagógica cada una. La reducida duración de cada clase y el taller en total tiene que ver con la accesibilidad en su aplicación a escuelas. También se podría desarrollar la modalidad extra-programática, pero se escogió hacerla dentro del horario de clases, en vista de la dificultad para obtener horas extra-curriculares dentro de los colegios, en la medición práctica del impacto de este taller (5).

Los estudiantes son inicialmente introducidos a entender las principales estructuras que componen el universo (*Clase 1*): Cúmulos de galaxias, galaxias, estrellas, planetas, etc. También deberán ser capaces de entender las diferentes escalas de medición que usamos para describir el tamaño de un planeta, una estrella y la distancia entre ellos. Esta primera parte consistirá en dar la base teórica para comprender lo relacionado a exoplanetas.

Una vez ya introducido este marco teórico básico, se estudiará con los alumnos la detección de exoplanetas (*Clase 2*): el concepto de curva de luz y tránsito, y cómo ciertos parámetros influyen en la forma del tránsito, y los resultados que se pueden obtener.

Finalmente, se hará una actividad de aplicación de lo aprendido (*Clase 3*): mediante una herramienta interactiva Web (Laboratorio virtual), llamada “APIastro” (Analizador Planetario Interactivo astronómico), desarrollada exclusivamente para aplicar y aprender los conceptos introducidos, conteniendo un analizador de datos reales de curvas de luz y gráficas a tiempo real del sistema planetario que se está estudiando, de modo que se puedan obtener resultados cercanos a los obtenidos por los astrofísicos.

El taller está diseñado a primeras para llevarse a cabo en 3 semanas, con una clase semanal, finalizando con la experiencia de laboratorio en la tercera y última clase. La propuesta pedagógica del taller, en cuanto a objetivos y aprendizajes específicos, y las actividades de aprendizajes desarrollados en cada clase, se hallan disponibles en el apéndice A. Para la propuesta pedagógica virtual del laboratorio, se ha dedicado un capítulo especial

(4).

3.4. Alineamiento con Currículum MINEDUC

Este taller no aborda directamente un tópico del currículum escolar nacional, dado que los exoplanetas no tienen un lugar específico en los contenidos de astronomía que se enseñan en las escuelas formalmente. Sin embargo, este taller sí aborda varios objetivos y contenidos de forma transversal, aplicando y afirmando los conocimientos previos de nivel que debiesen tener los estudiantes. Esto es de vital importancia, y para muchos expertos una de las formas efectivas de aprender: aplicando los contenidos en diferentes tópicos.

En esta parte se incluirán los objetivos fundamentales (OF), objetivos fundamentales transversales (OFT) y contenidos mínimos obligatorios (CMO) del currículum escolar que son atingentes a este taller, extraídos directamente del MINEDUC (actualización 2009).

En cuanto a los CMO, especificaremos los contenidos de primero básico a cuarto medio (niveles acumulativos concernientes a la investigación) atingentes al taller, incluidos en la unidad “Tierra y Universo”. En relación a los OF, OFT y CMO en habilidades de pensamiento científico, se incluirán solo las de octavo básico y cuarto medio, por el hecho de ser integradores de los cursos anteriores.

Bajo los criterios anteriores, los OF, OFT, CMO pertenecientes al currículum escolar vigente que se relacionan con nuestro taller de exoplanetas son los siguientes:

Primero Básico:

CMO, Unidad Tierra y Universo:

1. Identificación cualitativa de las diferencias de tamaño y luminosidad entre la Luna, el Sol y otras estrellas visibles.

Segundo Básico:

CMO, Unidad Tierra y Universo:

1. Explicación del día y la noche como fenómenos de luz y sombra que se producen en la Tierra debido al movimiento de rotación que efectúa respecto del Sol y en torno a su propio eje.

Tercero Básico:

No existen contenidos directamente relacionados.

Cuarto Básico Básico:

CMO, Unidad Tierra y Universo:

1. Identificación de semejanzas y diferencias entre la Tierra y otros cuerpos celestes del sistema solar: distancias relativas y órbitas en torno al Sol, tamaños, temperaturas y existencia de agua y aire en sus superficies.
2. Formulación de conjeturas sobre la existencia de eventuales formas de vida en otros cuerpos celestes del Sistema Solar (Sol, planetas, satélites), en función de los factores que hacen posible la vida en la Tierra.

Quinto Básico:

CMO, Unidad Tierra y Universo:

1. Comprender fenómenos astronómicos relacionados con la posición y el movimiento del Sol, la Luna y la Tierra: eclipses, fases de la Luna y estaciones del año.
2. Explicación de los eclipses y las fases de la Luna como fenómenos de luz y sombra asociados a la posición y el movimiento del Sol, la Tierra y la Luna.

Sexto Básico:

No existen contenidos directamente relacionados.

Séptimo Básico:

CMO, Unidad Tierra y Universo:

1. Caracterización básica de pequeñas y grandes estructuras cósmicas (cometas, asteroides, meteoritos, nebulosas, galaxias y cúmulos de galaxias), ubicando la Vía Láctea y el Sistema Solar entre esas estructuras.
2. Análisis de las distancias que separan a diversos cuerpos celestes, empleando unidades de tiempo-luz.

Octavo Básico:

OF:

1. Diseñar y conducir una investigación para verificar una hipótesis y elaborar un informe que resuma el proceso seguido
2. Formular problemas y explorar diversas alternativas que permitan encontrar soluciones y tomar decisiones adecuadas
3. Comprender que el conocimiento acumulado por la ciencia es provisorio, y que está sujeto a cambios a partir de la obtención de nueva evidencia.

OFT:

1. Interés por conocer la realidad y utilizar el conocimiento
2. Comprender y valorar la perseverancia, el rigor y el cumplimiento, la flexibilidad y la originalidad
3. Habilidades de análisis, interpretación y síntesis
4. Habilidades de investigación

CMO, Habilidades de pensamiento científico:

1. Formulación de hipótesis respecto de los contenidos del nivel, verificables mediante procedimientos científicos simples realizables en el contexto escolar.
2. Ejecución de procedimientos simples de investigación que permitan la verificación de una hipótesis formulada y exploración de alternativas que conduzcan a la solución del problema planteado.
3. Análisis y discusión del carácter provisorio del conocimiento científico, a partir de relatos de investigaciones contemporáneas o clásicas relacionados con los conocimientos del nivel que muestran cómo éstos han cambiado.

Primero Medio:

No existen contenidos directamente relacionados.

Segundo Medio:

CMO, Unidad Tierra y Universo:

1. Aplicación de las leyes de Kepler y de la ley de gravitación universal de Newton para explicar y hacer predicciones sobre la dinámica de pequeñas y grandes estructuras cósmicas (planetas, estrellas, galaxias, etc.).
2. Reconocimiento de algunas evidencias geológicas y astronómicas que sustentan las teorías acerca del origen y evolución del Sistema Solar.

Tercero Medio:

No existen contenidos directamente relacionados.

Cuarto Medio:

OF:

1. Describir la conexión lógica entre hipótesis, conceptos, procedimientos, datos recogidos, resultados y conclusiones extraídas en investigaciones científicas clásicas o contemporáneas, comprendiendo la complejidad y coherencia del pensamiento científico. (recogido de 3ro Medio)
2. Organizar e interpretar datos, y formular explicaciones, apoyándose en las teorías y conceptos científicos en estudio.
3. Reconocer que cuando una observación no coincide con alguna teoría científica aceptada la observación es errónea o fraudulenta, o la teoría es incorrecta.

OFT:

1. Comprender y valorar la perseverancia, el rigor y el cumplimiento, la flexibilidad y la originalidad .
2. Respetar y valorar las ideas distintas de las propias .
3. Interés por conocer la realidad y utilizar el conocimiento.

CMO, Habilidades de pensamiento científico:

1. Procesamiento e interpretación de datos, y formulación de explicaciones, apoyándose en los conceptos y modelos teóricos del nivel, por ejemplo, la ley de Ohm.

CMO, Unidad Tierra y Universo:

1. Reconocimiento de fenómenos que sustentan las teorías acerca del origen y evolución del universo y que proporcionan evidencia de su expansión acelerada.

Para concluir, se reitera la hipótesis de que el taller de exoplanetas servirá de implementación para estos objetivos fundamentales, objetivos fundamentales transversales y contenidos mínimos obligatorios, referentes a la astronomía.

Capítulo 4

APIastro, el laboratorio

Como se mencionó antes, la *clase 3* se desarrolla a través de un laboratorio virtual. Quizás el lector pueda preguntarse por qué se le atribuye un espacio especial y desarrollado a esta sección del trabajo; la razón es que la construcción de este laboratorio virtual constituyó parte importante (la mayoría) de la dedicación a la elaboración del taller, y es la principal atracción de éste.

4.1. Laboratorios, alternativa pedagógica

En el contexto de la educación y dentro del área de las ciencias naturales (física, química y biología), uno de los principales problemas a los que se enfrentan los métodos de enseñanza es la tensión de los conocimientos teóricos y la formación experimental. Es por esto que los laboratorios han comenzado a ser cada vez más usados de forma clave en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Se ha introducido con más fuerza en la esfera pedagógica a través de la múltiple literatura que respalda su efectividad. Es por esto que nos interesa un formato de taller que responda a las recientes estrategias de aprendizaje, ocupando las experiencias de laboratorio como recurso.

El comité de “America’s Lab Report”, define las experiencias de laboratorio como sigue:

‘Las experiencias de laboratorio proporcionan oportunidades a los estudiantes para interactuar directamente con el mundo material (o con datos extraídos del mundo mate-

rial), usando herramientas, técnicas de colección de datos, modelos y teorías de la ciencia...”(Singer, Hilton & Schweingruber, 2006, p. 13)

A pesar de que no podemos interactuar *in situ* con los sistemas planetarios, sí podemos trabajar con las observaciones, es decir, conjuntos de datos, a través de las tecnologías de información y comunicación (TIC), que representan el “mundo material” involucrado. Esto sigue respondiendo a una experiencia de laboratorio:

“Esta definición [experiencias de laboratorio] incluye la interacción del estudiante con bases de datos astronómicos, del genoma , de eventos climáticos durante largos periodos de tiempo , y otros grandes conjuntos de datos que derivan directamente del mundo material.”(Singer, Hilton & Schweingruber, 2006, p. 13).

De esta forma, el tipo de laboratorio que se busca implementar es el trabajo con datos reales obtenidos por un observatorio, de forma que ellos puedan interpretarlos para resolver parámetros físicos de un sistema planetario (radio del planeta, radio de la estrella, distancia orbital, inclinación orbital), y obtener los resultados generales que se pueden conseguir a través del método de curvas de luz. Para esto, dependemos de algún programa o aplicación computacional a través del cual podamos trabajar datos astronómicos, que tengan la virtud de ser didáctico y que apoye el aprendizaje de los conocimientos involucrados en el taller. Es así como llegamos a los laboratorios virtuales.

4.2. Laboratorios virtuales, la alternativa pedagógica Innovadora

Las nuevas generaciones de estudiantes emplean las TIC en su vida cotidiana al hacer uso de computadoras personales, dispositivos de comunicación móviles, Internet y demás. Es, pues, natural aprovechar esta tecnología ya disponible para que los alumnos comprueben, refuercen y practiquen el conocimiento teórico adquirido en el aula.

Es aquí, como se mencionó anteriormente, donde entran en materia los laboratorios, siendo diseñados para que los educandos tengan una interacción directa y tangible con los co-

nocimientos adquiridos teóricamente, comprobándolos experimentalmente y manipulando materiales e instrumentos, para que puedan aplicar lo aprendido incorporando sus propias ideas (Velasco, Arellano, Martínez & Velasco, 2013).

Sin embargo, llevar a cabo la actividad experimental tiene los inconvenientes de ser muy exigente en cuanto a tiempo, espacio, materiales, dinero y energía, pues la implementación y puesta en marcha de plantas reales o laboratorios físicos requiere una infraestructura onerosa que difícilmente se mantiene en buenas condiciones. Asimismo, hace imprescindible la presencia del alumno en el sitio y tiempo específicos en el lugar en que se encuentra el equipo que le hará posible obtener el conocimiento empírico. Ante los inconvenientes anteriores, una de las alternativas para la enseñanza práctica es el uso de laboratorios virtuales, los cuales se crean por medio de computadora y contienen una serie de elementos que ayudan al alumno a apropiarse del conocimiento teórico y desarrollar las habilidades concernientes al conocimiento adquirido (Velasco, Arellano, Martínez & Velasco, 2013).

Los laboratorios virtuales implican el uso de software informático, genérico o específico, para recrear el comportamiento de laboratorios de experimentación basados en patrones descubiertos por la ciencia y que solo existen en los computadores usados para la simulación. Lo anterior es una contribución a la educación por parte de las TIC, lo que ha ampliado la disponibilidad de laboratorios y la oportunidad de obtener un conocimiento práctico. De este modo, los laboratorios virtuales son una alternativa a la experimentación real y presencial en las distintas ramas de la ciencia, como la astronomía.

En el campo de la computación, el término virtual significa “que no es real”. En general, se distingue algo que es netamente conceptual de algo que es físicamente real. Tal distinción se puede utilizar en una gran variedad de situaciones, como por ejemplo, simular el movimiento orbital de una exoplaneta en torno a una estrella. De acuerdo a lo anterior, se ha definido un laboratorio virtual como una simulación en computadora en un ambiente interactivo; es decir, se puede simular el comportamiento de un determinado sistema que se desea estudiar haciendo uso de modelos matemáticos, y aunque no se interactúa con los procesos o sistemas reales, la experimentación con modelos simulados es comparable con la realidad, siempre que dichos modelos sean realistas y representen detalles importantes del sistema a analizar, además de que las gráficas que representen la evolución temporal

del sistema se complementen con animaciones que hagan posible ver y comprender mejor el comportamiento del proceso (Velasco, Arellano, Martínez & Velasco, 2013).

La creación de laboratorios virtuales tiene múltiples ventajas respecto a los reales. Dado que este tipo de laboratorios se sustenta en modelos matemáticos que se ejecutan en computadoras, su configuración y operación es más sencilla.

Además, tienen un mayor grado de seguridad dado que no existe el riesgo de accidentes en el entorno al no haber equipos o dispositivos físicos. Además, desde la perspectiva capital, se invierte menos en equipos, materiales y reactivos.

Desde el punto de vista ambiental, al no utilizar reactivos que en ocasiones son tóxicos, se favorece la preservación del medio ambiente en tanto que no se vierten residuos contaminantes a la atmósfera ni a los desagües; en este sentido, también se asegura el cuidado de la salud de los alumnos al no estar en contacto con dichos materiales (Velasco, Arellano, Martínez & Velasco, 2013).

También se favorece la repetitividad y reproducibilidad de los experimentos, hay un buen manejo de las tecnologías informáticas actuales, y es posible difundir el aprendizaje constructivista, fomentando la capacidad de análisis y pensamiento crítico (Velasco, Arellano, Martínez & Velasco, 2013).

Añadido a esto, los laboratorios virtuales son accesibles para las escuelas del país, considerando que la cobertura de la computación es prácticamente completa, gracias a programas como “*mi primer PC*” y “*Enlaces*”, cubriendo el 95 % de colegios municipales y subvencionados particulares, integrando la informática educativa en el sistema escolar. Además, de acuerdo a la 6° Encuesta Nacional a la Juventud, un 62 % de los jóvenes ocupan el computador diariamente (Araya, 2012), mostrando que la cobertura de las tecnologías alcanza la mayoría de los estudiantes. En vista de lo útil que puede ser un laboratorio virtual, sobre todo en el contexto astronómico, con el fin de aprovechar este tipo de herramientas en nuestro taller de exoplanetas, se trabajó en el desarrollo de un laboratorio virtual, una plataforma web interactiva y didáctica para el análisis de curvas de luz, capaz de simular sistemas planetarios a tiempo real, en función de datos auténticos de exoplanetas, ocupando programas computacionales científicos de astronomía para obtener resultados bien

aproximados, de manera que los estudiantes se acerquen lo más posible al trabajo actual de un astrónomo, y a la detección de exoplanetas mediante el método de curvas de luz.

4.3. APIastro, la gran propuesta

En base a lo anterior, se trabajó en el desarrollo de una herramienta web, un laboratorio virtual, que cumpla con las características principales de efectividad, para la experiencia de laboratorio en la *clase 3* del taller de exoplanetas.

Hemos llamado a nuestra herramienta APIastro (Analizador Planetario Interactivo astronómico), por el juego de palabras API (Application Programming Interface) y “astro” (de astronomía), siendo el apiastro a su vez una planta medicinal.

APIastro se construyó con el objetivo de poder ser una herramienta interactiva, donde se pueda analizar datos reales de curvas de luz, y obtener resultados cercanos a los investigadores, teniendo la virtud de ser lo más pedagógica posible, y que recree sistemas planetarios en base a los resultados obtenidos.

4.3.1. Presentación de la herramienta

El resultado del desarrollo de esta herramienta se aprecia en la figura 4.1.

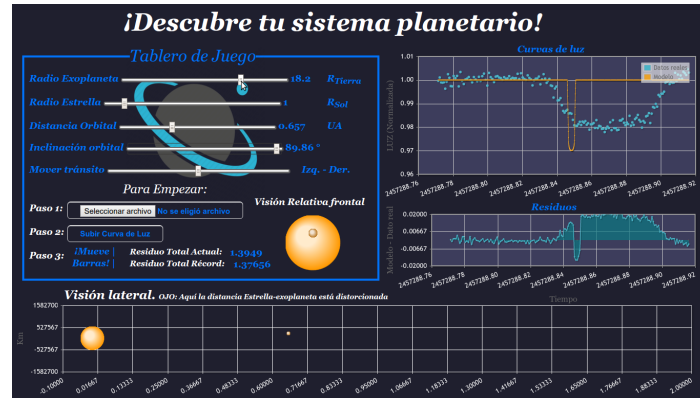


Figura 4.1: Visión general de la herramienta web. Vista en pantalla completa desde un computador.

Como se observa bajo el título “¡Descubre tu sistema planetario!”, existen distintos elementos interactivos que se espera sirvan para el aprendizaje del tópico de exoplanetas,

en 3 instancias virtuales diferentes:

1. **Tablero de Juego:** Esta instancia se compone de las barras de ajuste de parámetros físicos (“Radio exoplaneta”, “Radio estrella”, “Distancia orbital”, “Inclinación orbital”), de la barra “Mover tránsito”, de los pasos para subir los datos (“Paso 1”: Seleccionar archivo, “Paso 2”: Subir curva de luz, “Paso 3”: Instrucción de mover barras), de la información residual (residuo total actual y residuo total récord), y de la gráfica del sistema planetario relativa frontal. Esta instancia se observa resaltada en la figura 4.2, y es desde donde el estudiante controla todas las gráficas.

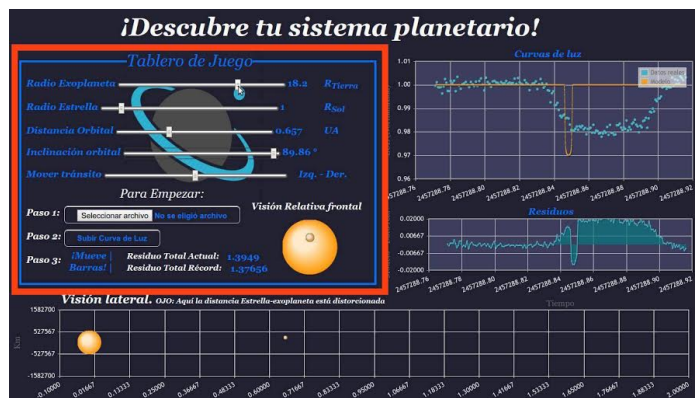


Figura 4.2: “Tablero de Juego”. Donde se desarrolla la interacción web con el estudiante.

2. **Gráficas de análisis de curvas de luz:** A la derecha, se hallan graficadas las curvas de luz asociadas a los datos subidos (puntos color *celeste*), y al ajuste teórico (curva color *naranja*). Justo abajo se halla la gráfica de los residuos (resta de ambas curvas), de modo que el estudiante pueda observar gráficamente qué tan bien se está aproximando el ajuste a los datos reales. Esta instancia se aprecia delimitada en la figura 4.3.
3. **Gráfica del sistema planetario:** Al igual que la gráfica del sistema planetario en “Visión relativa frontal” en el “Tablero de juego”, se halla una tercera instancia (parte de abajo) donde se grafica el sistema planetario en visión lateral, como se aprecia en la figura 4.4. El propósito de tener la visión lateral y la visión relativa frontal, es que el estudiante tenga una mejor comprensión espacial, y que vea reflejada la

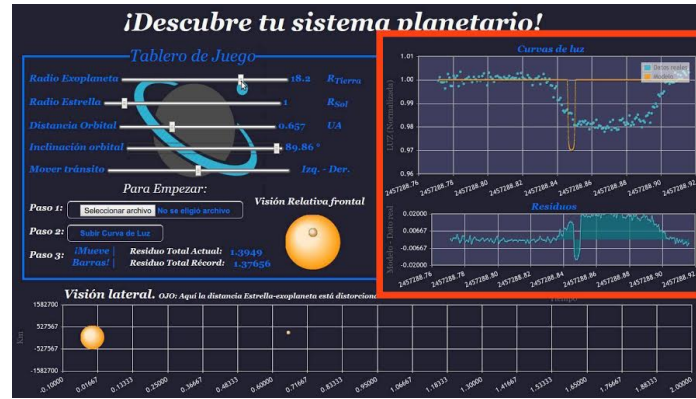


Figura 4.3: “Área de gráficas”. Donde se grafican Curvas de luz y Residuo

consecuencia de cada parámetro físico en la estructura del sistema planetario. Cabe mencionar que la “Visión lateral” no guarda correctas proporciones en cuanto a la distancia entre la estrella y el exoplaneta, que se ve alrededor de 20 veces más pequeña de lo que realmente es. Esto de todas formas está explicado en APIastro.

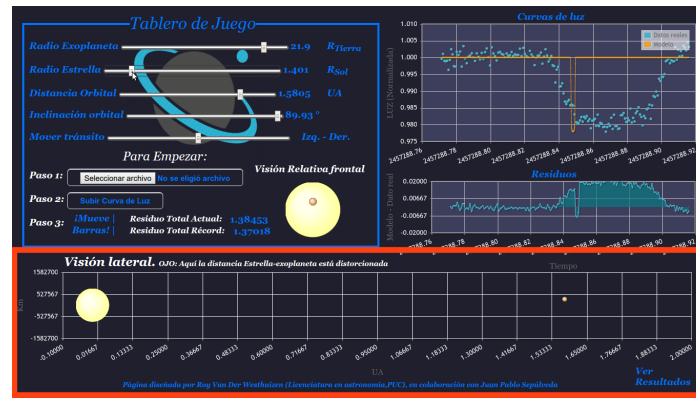


Figura 4.4: “Visión lateral”. Gráfica para apreciar la distancia estrella-exoplaneta.

La idea de este laboratorio virtual, es que los estudiantes suban una curva de luz (Paso 1 y 2) de datos obtenidos en un observatorio, e intenten variar los parámetros físicos (“Radio planeta”, “Radio estrella”, “Distancia orbital”, “Inclinación orbital”) generando una curva de luz teórica, que se vaya pareciendo cada vez más a los datos. Ellos pueden saber qué tan bien los están ajustando mirando el gráfico de “Residuos” donde se grafica la diferencia entre los datos y la curva de luz teórica que están creando, y más específicamente, mirar

el número “Residuo total actual”, y “Residuo total Récord”(representa el residuo actual y el mejor logrado hasta el momento, respectivamente). Además, los parámetros físicos se ven reflejados en las gráficas de “Visión relativa frontal” y “Visión lateral”, donde pueden ver cómo está quedando su sistema planetario, a la vez que intentan que la curva de luz teórica se parezca a la curva de luz observacional.

Además, APIastro cuenta con ventanas explicativas, que se despliegan al poner el cursor sobre casi la totalidad de los conceptos gráficos involucrados en la página.

Por ejemplo, al poner el cursor sobre el título de la página “*¡Descubre tu sistema planetario!*”, se despliega inmediatamente un cuadro explicativo de qué son los sistemas planetarios, con una pequeña simulación tipo GIF, como se aprecia en la figura 4.5.

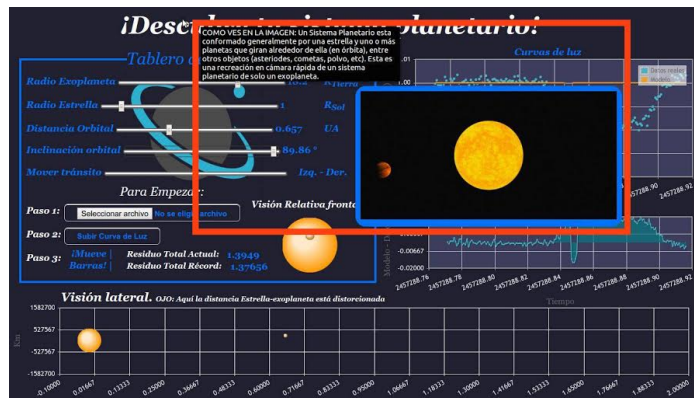


Figura 4.5: Ventanas explicativas, donde se despliega la definición de los conceptos involucrados en la página.

Por último, APIastro cuenta con una ventana de resultados, donde el estudiante puede sumarizar sus esfuerzos por lograr el mejor ajuste de curva de luz posible. En esta ventana, se muestran los resultados finales, tal como se muestra en la figura 4.6.

4.3.2. Especificaciones técnicas

Este laboratorio virtual está construido en base a programación web, en *HTML5*, *CSS*, *Javascript* y *Python* (*Flask*, microframework), y corre en distintos navegadores, aunque no se recomiendan *explorer* ni *firefox*.

Las herramientas de gráfica dentro de la herramienta están construidas en base al *plugin*



Figura 4.6: “Resultados finales”. Donde se muestran los parámetros físicos obtenidos mediante el ajuste de curva de luz.

Jqplot. El ajuste de curva de luz (curva color *naranja*) está construido mediante la librería de modelamiento de curvas de luz llamada *batman*, herramienta profesional usada en la actualidad por los astrónomos para ajustar tránsitos, entre otras funcionalidades.

Los *inputs* que le damos a *batman* a raíz de los datos y las barras (que el estudiante ajusta) de la página son: período orbital, tiempo de conjunción, radio planetario (en unidades de radio estelar), eje semi-mayor (en unidades de radio estelar). Los demás *inputs* los dejamos por default: *eccentricidad*: 0, *coeficientes de limb darkening* = [0.1,0.3], y *modelo de limb darkening*: “*quadratic*”.

Para el color de la estrella en las gráficas de “visión relativa frontal” y “visión lateral”, se usó la clasificación espectral de Harvard (Rego & Fernandez, 2015) para estrellas de secuencia principal, en función del radio estelar.

En cuanto a los residuos, se grafican como la resta entre la curva teórica (producida por los estudiantes) y los datos reales; y el residuo total se ha calculado como:

$$Res_{Total} = \sqrt{\sum_i (F_{modelo} - F_{datos})_i^2}$$

Donde F_{modelo} es el flujo de la curva de luz teórica ajustada, y F_{datos} es el flujo de la curva de luz experimental, es decir, los puntos color *celeste* dentro de APIastro. El residuo total récord, como se dijo, es el residuo total mejor logrado por el estudiante en los intentos de minimizar el residuo total. Los datos, es decir, archivos de texto con la información de las

curvas de luz, se pueden subir al laboratorio virtual teniendo un formato predeterminado. Pueden ser subidos desde cualquier computador con acceso a internet, mientras siga la siguiente forma:

Periodo : 4.5	
# Times (BJD)	Norm. Flux .
2457288.77153	0.999656649617
2457288.77232	1.00107846929
2457288.77312	0.999020032558
2457288.77392	0.998880972878
2457288.77472	0.999031742239
2457288.77552	0.996320849008
2457288.77632	0.999294587005
...	

- En la primera línea, escrito el período. Puede usarse “:” ó “=”, y “período” puede escribirse de cualquier manera.
- Desde la segunda línea en adelante, cualquier comentario puede ser escrito, siempre antepuesto del signo “#”.
- En la “*Columna 1*” el tiempo (en cualquier unidad de medida) y en la “*Columna 2*” el flujo (brillo, magnitud, luz). Si hay más de 2 columnas, APIastro identificará solo las dos primeras.

Por último, en cuanto resolución de pantalla, APIastro trabaja óptimamente a una resolución de 1366 x 768 px (16:9), y a resoluciones próximas. Al momento no tiene flexibilidad para dispositivos portátiles o de pantallas pequeñas.

Las extensiones aceptadas para los archivos de texto son: “*txt*”, “*scv*” y “*dat*”. Mientras siga este formato, cualquier persona con acceso a *internet* podrá acceder a un análisis cuantitativo y cualitativo aproximado de curvas de luz y sistemas planetarios.

Como detalle, la página está acompañada de música de fondo, dado que el estímulo auditivo musical tiene una interesante relación con la capacidad de recordar. Si uno escucha

un tipo de música al momento de aprender algo y escucha esa misma música al momento de recordar, como por ejemplo en una prueba, los resultados son mejores que sin la música (Tobar, 2015). Por esta razón, se escogió ‘*The force theme*’, compuesta por John Williams, fabricada para el famoso filme *Star Wars*, composición inspirada en la inmensidad del universo.

Finalmente, tal como habíamos mencionado, al extremo inferior derecho, existe un vínculo a una imagen que resume los resultados que realmente se pueden obtener mediante el método de curvas de luz, tal como se aprecia en la figura 4.6, revelando el *output* cuantitativo de este laboratorio virtual:

$$\frac{R_p}{R_*}, \frac{D_{orb}}{R_*}, P, i$$

Donde:

R_p : Radio exoplaneta

R_* : Radio Estrella

D_{orb} : Distancia orbital (Distancia semieje mayor de la órbita.)

P : Período orbital

i : Inclinación orbital

Todas ellas, a excepción del período (que ya estaba incluido en el *input* de los datos), son calculadas por el estudiante ocupando APIastro.

4.3.3. La actividad con APIastro

El laboratorio virtual sigue una actividad guiada. Esta actividad es en grupos (2-3 personas), y siguen una secuencia que les permita descubrir las funcionalidades de la página, obtener y discutir los resultados. La actividad se diseñó en base a cuatro principios de diseño instruccional que pueden ayudar las experiencias de laboratorio a alcanzar los objetivos de aprendizaje, según la comisión de “America’s Lab Report”:

1. *Están diseñadas con los resultados de aprendizaje en mente y bien claros.*
2. *Están cuidadosamente secuenciados en el flujo de instrucción de la ciencia en aula.*

3. *Están diseñados para integrar el aprendizaje de contenidos de las ciencias con el aprendizaje sobre los procesos de la ciencia.*
4. *Incorporan la reflexión constante de los estudiantes y la discusión.* (Singer, Hilton & Schweingruber, 2006, p. 25)

Además, se mencionan siete objetivos (según una revisión bibliográfica realizada por el mismo comité) de aprendizaje que han sido atribuidos a las experiencias de laboratorio. Aparte de mencionar cada uno, se escribirá cómo se aplicará cada objetivo de forma práctica en las actividades relacionadas al laboratorio virtual con APIastro:

1. **Mejora del dominio de la materia.** Aplicación de objetivo: El laboratorio virtual contiene la definición de la mayoría de los términos que se espera que los alumnos aprendan, y los gráficos dinámicos que expresan las variaciones que los estudiantes deben entender.
2. **Desarrollo del razonamiento científico.** Se elabora una secuencia de preguntas relacionadas al laboratorio, con el objetivo de estimular el razonamiento científico (ver apéndice B), además de ser un curso ambientado no en repetir un experimento simple, sino en trabajar datos obtenidos recientemente por la comunidad científica.
3. **Comprensión de la complejidad y ambigüedad del trabajo empírico.** A través de los “residuos”, el estudiante podrá entender las limitaciones en cuanto a la exactitud de los resultados, y su ambigüedad al obtener los productos finales. También entenderá que los datos obtenidos no son siempre exactos, sino que tienen cierto error asociado, lo que nos hace trabajar con datos y métodos no completamente exactos.
4. **Desarrollo de habilidades prácticas.** A través del laboratorio virtual, por ser una herramienta computacional, los estudiantes reforzarán habilidades informáticas (software y Hardware)
5. **Comprensión de la naturaleza de la ciencia.** Siendo guiados por diferentes procesos científicos, como lo es subir datos, analizarlos, aproximarlos, entender los

residuos, obtener los resultados, e interpretar qué nos dicen (que no pueden decirnos), se implementa un procedimiento científico, que hace a los estudiantes entender la naturaleza de la ciencia, que tiene que ver con extender a través de los instrumentos nuestros sentidos, para obtener resultados lo más preciso posible, que nos permitan interpretar la realidad, y conocer más el universo.

6. Cultivar el interés por la ciencia y interés por la ciencia del aprendizaje.

Por ser una actividad interactiva, y construida con el propósito de captar la atención e interés del estudiante, tiene el objetivo marcado de fomentar el interés por la astronomía (ciencia), y los diferentes métodos que hoy pueden usarse para aprender ciencia.

7. Desarrollo de habilidades de trabajo en equipo. A través de la actividad guiada, los estudiantes deberán responder preguntas en grupos, a medida que van obteniendo diferentes resultados. Deberán discutir los resultados (habilidades de comunicación, pensamiento científico, y trabajo en equipo), turnarse las experiencias, y cooperar juntos para obtener el menor residuo posible (Singer, Hilton & Schweingruber, 2006).

Capítulo 5

Midiendo el taller: ¿Hay efectividad?

5.1. Introducción

Es necesario saber si nuestro taller de exoplanetas, y el laboratorio virtual diseñado funcionan, o qué tan efectivos son. Es por esto que se creyó necesario ponerlos a prueba, a través de una exploración de efectividad construida en este mismo trabajo.

La forma en que se pretenderá medir el impacto del taller, es implementándolo en un curso de 45 estudiantes de octavo básico, del Liceo municipal Augusto D’Halmar, ubicado en la comuna de Ñuñoa, y a 31 estudiantes desde séptimo básico hasta cuarto medio, del Insitituto Ágape, ubicado también en la comuna de Ñuñoa. Cabe mencionar que el liceo D’Halmar está lugar 42 en promedio de puntajes PSU del país, es decir, es una institución de excelencia académica. No hubo una razón especial para hacer el taller en ese lugar, sino más bien la buena disposición del profesor de física, que dispuso de sus propias horas para la realización del taller. Por otro lado, el Instituto Ágape, consta de cerca de 100 alumnos en total, y se encuentra dentro del sistema de exámenes libres. Es un instituto con una cosmovisión cristiana, artístca y de excelencia académica, aunque no se tienen estadísticas académicas oficiales.

Se decidió usar diferentes herramientas para medir el impacto del taller, y la construcción

fue casi en totalidad propia. Los avances que se quieren verificar en esta medición son los relacionados con la hipótesis inicial de este trabajo: Que los estudiantes tendrán un cambio conceptual (en relación a la unidad de “Tierra y Universo” del currículum y al tema de exoplanetas) y actitudinal con respecto a la asignatura de física.

5.2. Herramientas de medición

Para poder verificar el cambio conceptual y actitudinal de los estudiantes a través del taller de exoplanetas y el laboratorio virtual, se hará una prueba de conocimientos y actitudes antes del taller (Pre-test) y otra después del taller (Post-test).

Además, será necesario definir algunos conceptos estadísticos, que se utilizarán una vez obtenidos los resultados Pre-Post-test:

1. **Promedio** (\bar{X}): La media aritmética de los datos.

$$\frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

2. **Ganancia** (g): El progreso promedio, considerando el *antes* y *después* de un suceso.

$$g = \bar{X}_{final} - \bar{X}_{inicial}$$

3. **Desviación estándar** (σ): Representa la dispersión de la muestra.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{N}}$$

4. **Intervalo de confianza**: En intervalo dentro del cual se estima que estará cierto valor desconocido con una determinada probabilidad de acierto.

$$\bar{X} \pm 1,96 \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

Donde:

N : Número total de datos.

x_i : Cada dato de la muestra.

Dadas estas herramientas sencillas de estadística, se buscará explorar la efectividad del taller mediante el análisis de los datos obtenidos.

5.3. Construcción de la medición

5.3.1. Pre-Test

El Pre-Test corresponde a la prueba diagnóstica que los alumnos rendirán antes del taller, para luego tener una referencia sobre la cual definir el progreso de los estudiantes.

El pre-test será diseñado para contener 3 secciones importantes:

Parte 1: Evaluación de contenidos indirectos al taller, que forman parte del marco curricular (lo que debiesen saber por su educación escolar) en la unidad “Tierra y Universo”. Esta parte del test evaluará los efectos generados por el taller en cuanto a los aprendizajes curriculares, como por ejemplo: sistema solar, estructuras cósmicas, etc, que son base para entender el taller, pero no son parte del contenido específico de exoplanetas.

Parte 2: Evaluación de contenidos directos al taller, es decir, lo referente específicamente al tópico de exoplanetas, como por ejemplo, curvas de luz, tránsitos, residuos, etc.

Parte 3: Medición de actitudes hacia la asignatura de física, de forma que podamos medir el impacto actitudinal que tiene este taller para incentivar el interés general por la física y la ciencia.

Construcción de la Parte 1

Esta sección consta de 9 preguntas, y el objetivo es diagnosticar algunos conocimientos previos de astronomía que tienen los estudiantes que participarán en el taller de exoplanetas, en base a los conocimientos astronómicos curriculares.

Las preguntas fueron construidas mediante un procedimiento de análisis de objetivos fundamentales, aprendizajes esperados e indicadores de aprendizaje. A cada objetivo se le asocian aprendizajes esperados, a los que a su vez le asociamos indicadores que revelan si esos aprendizajes fueron adquiridos a través de los cuales, construimos cada pregunta.

Los objetivos usados para construir la evaluación fueron extraídos del currículum MINEDUC hasta octavo básico. El desglose de los objetivos, hasta llegar a las preguntas construidas, se hallan en el apéndice C.

Construcción de la Parte 2

Esta sección contiene 10 preguntas, y el objetivo es diagnosticar los conocimientos previos referentes al tema de exoplanetas en la astronomía. El proceso de construcción de las preguntas en esta sección es análogo a la parte anterior, con la diferencia de que los objetivos esta vez fueron contruidos a propósito del taller. El desglose de los objetivos, hasta llegar a las preguntas construidas para esta sección, se hallan en el apéndice D.

Construcción de la Parte 3

Esta sección esta conformada también por 10 preguntas. A diferencia de las secciones anteriores, el objetivo es diagnosticar las actitudes (no conocimientos) referentes a la asignatura de física y la ciencia. Estas preguntas no fueron de construcción propia, sino que fueron extraídas de un test actitudinal.

El test original fue elaborado por docentes e investigadores del Departamento de Didáctica de las Matemáticas y las Ciencias Experimentales de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), por lo cual, está en concordancia con los códigos culturales y sociales de España. En consideración a lo anterior, se hizo necesario adaptar el instrumento Test de actitudes hacia la asignatura de Física a la realidad social-cultural y educacional de Chile, trabajo realizado por Yardán Gómez (Universidad de Concepción)(Yadrán, 2011).

En el test se evaluaron 8 dimensiones, cada una de ellas con 10 enunciados; El 50 % de éstas dimensiones (40 preguntas) se enunciaron de forma positiva y, el otro 50 % (40 preguntas) de forma negativa, lo cual, ayuda a evidenciar si el estudiantado estaba respondiendo de manera consciente o no, y/o evitar que dieran respuestas sin pensar lo planteado en los enunciados. Se realizó una validación nacional interna, contando para esto, con evaluadores(as) que son integrantes del Laboratorio de Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales, G.R.E.C.I.A, único laboratorio de investigación en Educación Científica de Chile reconocido por la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica

(CONICYT)(Yadrán, 2011).

Ahora, dado el contexto del trabajo que se esta realizando, se ha decidido extraer solo algunas preguntas de este test, incorporando sólo 5 de las 8 dimensiones del test original, ya que son las que se estiman más pertinentes al taller. Las 5 dimensiones seleccionadas se han marcado en **negrita**:

1. **Trabajo en grupo.**
2. Trabajo individual y tareas.
3. **Trabajo en prácticas de laboratorio.**
4. **Intereses para un futuro posterior.**
5. Influencia del profesor en la asignatura de física.
6. **Dificultad para aprender física.**
7. Relación entre la vida cotidiana y la asignatura de física.
8. **Importancia social de la ciencia y los científicos.**

De las 10 preguntas de cada dimensión dentro del test original, hemos seleccionado solo 2: una de enunciado positivo (aquellos enunciados en donde no se encuentran negaciones), y otra de enunciado negativo (aquellos enunciados donde se encuentran negaciones a la dimensión). Por ejemplo, dentro de la dimensión de “Trabajo en grupo”, una pregunta de enunciado positivo sería: “En la clase de Física es útil el trabajo en grupo, ya que, si yo no entiendo una cosa, los otros me pueden ayudar”. Por otro lado, un enunciado de tipo negativo sería: “Cuando estudio solo, aprendo y razono más sobre los contenidos de Física”. De esta forma, se tiene 5 enunciados positivos y 5 enunciados negativos, habiendo 2 enunciados para cada una de las 5 dimensiones. En cuanto a la puntuación de estas dimensiones, el estudiante cuenta con 5 alternativas, que reflejan la valoración que se muestra en el cuadro 5.3.1.

Alternativa	Puntaje enunciado (+)	Puntaje enunciado (-)
Totalmente de acuerdo	5	1
Parcialmente de acuerdo	4	2
No estoy Seguro	3	3
Parcialmente en desacuerdo	2	4
Totalmente en desacuerdo	1	5

Cuadro 5.1: Tabla de puntajes, según el enunciado y la respuesta del alumno.

Donde 1 es la menor puntuación, y 5 es la mayor puntuación (actitud del estudiante respecto a dicha dimensión). Es decir, si el estudiante esta “Parcialmente de acuerdo” con el enunciado “En la clase de Física es útil el trabajo en grupo, ya que, si yo no entiendo una cosa, los otros me pueden ayudar”, la puntuación de esta pregunta es de 4, debido a que es un enunciado positivo.

Si el enunciado hubiese sido negativo, la puntuación corre de forma inversa, es decir, una puntuación de 2.

En resumen, el pre-test consta de 2 grandes segmentos: Uno dedicado a medir conocimientos, y el otro actitudes. Dentro del segmento de conocimientos, se encuentran la Parte 1 y 2: Una referida a contenidos de astronomía atingentes al currículum nacional escolar (9 preguntas), y la otra a contenidos referidos al tema específico de exoplanetas vistos en el taller(10 preguntas). En el segmento de actitudes (10 preguntas), se evalúan 5 dimensiones, con 2 enunciados por cada dimensión: uno positivo y otro negativo. En total, 29 preguntas.

5.3.2. Post-test

El Post-test es equivalente al Pre-test, con la diferencia de que el objetivo ahora no es diagnosticar los conocimientos y actitudes relacionados, sino más bien medir el impacto del taller en los estudiantes. Es decir, el Post-test consta de las mismas 29 preguntas que el Pre-test. A modo de resumen, en la tabla 5.2 se halla un esquema Pre-Post-test.

Pre-test			Post-test
Objetivo: Diagnosticar			Objetivo: Evaluar Progreso
Segmento de Conocimientos		Segmento Actitudinal	IDEM Pre-Test
PARTE 1 Preguntas atingentes al Currículum Nacional Escolar, de la unidad "Tierra y Universo".	PARTE 2 Preguntas atingentes al tópico de Exoplanetas, contenidos que se ven en el taller.	PARTE 3 5 Dimensiones: -Trabajo en Grupo -Trabajo en prácticas Lab. -Intereses futuro posterior -Importancia social de la ciencia y los científicos	
Preguntas: 9	Preguntas: 10	Preguntas: 10 [5 (+),5(-)]	
Total Preguntas: 29			

Cuadro 5.2: Cuadro Resumen, Pre-Post-Test.

5.4. Aplicación de la medición ¿Cómo se hizo?

5.4.1. Modalidades de medición

A continuación se explica los procedimientos generales que se llevaron a cabo para la obtención de los datos. Hemos procedido en 3 diferentes modalidades:

Modalidad 1: Pre-test, luego dos clases teóricas, después una clase expositiva de repaso (sin uso de APIastro, el laboratorio virtual), y por último post-test.

Modalidad 2: Pre-test, luego 2 clases teóricas, después una clase con APIastro (con uso del laboratorio virtual), y por último Post-test.

Modalidad 3: Pre-test, luego una clase de introducción a APIastro, después el uso de APIastro, y por último post-test.

La razón de aplicar 3 modalidades, es para obtener un análisis de efectividad en cuanto a la herramienta en diferentes contextos. La modalidad 1 con énfasis en las clases expositivas, sin laboratorio. La modalidad 2 con enfoque "bi-partito", con la mayoría del tiempo en clases expositivas y una parte de laboratorio, y la modalidad 3, con enfoque en el laboratorio. Esto nos ayudará a sondear el efecto ausente, parcial y total de la herramienta APIastro.

La modalidad 1 y 2 se aplicó en el Liceo Augusto D'Halmar, y la modalidad 3 en el Instituto Ágape. Si bien es cierto se desarrolló una modalidad única durante las secciones anteriores,

por objetivos de medición, se procedió de esta forma, para saber si la modalidad escogida en el desarrollo del taller (modalidad 2), es la más efectiva.

5.4.2. Augusto D'Halmar, modalidad 1 y 2

Se aplicó el taller de exoplanetas al curso de octavo básico, con 45 estudiantes, de los cuales 29 estuvieron presentes en todas las clases.

Dado que hemos aplicado la modalidad 1 y 2 en este colegio, se necesita dividir el curso en 2 grupos: El Grupo 1, a quienes no se le aplica el laboratorio virtual, y el Grupo 2, a quienes sí se le aplica. Para esto, se establecerá un criterio de selección. Se necesita que ambos grupos sean lo más homogéneos posible, dado que un grupo podría presentar un gran avance en comparación a otro, por variables que no tienen que ver con la efectividad de nuestra herramienta, sino más bien con la motivación, preconcepciones, tipos de aprendizaje, etc.

Criterio de selección

En primera instancia, se pensó dividir al curso por selección de notas, considerando las calificaciones en la asignatura de física (promedios finales el primer semestre), en dos grupos homogéneos en cuanto a rendimiento escolar.

Por otro lado, se puede considerar el pre-test como un criterio de selección, separando al curso en dos grupos cuya distribución (notas v/s intervalos de notas) en rendimiento haya sido el mismo.

Para decidir cuál criterio usar, se estimó conveniente observar la correlación entre ambos criterios, es decir, si a los alumnos que les va mejor en la asignatura de física tuvieron o no mejor rendimiento en el pre-test (en la parte de conocimientos). Si existe una correlación lineal (o clara), podríamos seleccionar cualquiera de los dos criterios, dado que al usar un criterio estaríamos básicamente usando el otro, pero si la correlación no es clara, los dos criterios son distintos, por lo que tendríamos que elegir uno en especial.

El resultado de la correlación “Promedio de notas 1er semestre v/s nota Pre-test” se observa en la figura 5.1.

Como se observa en la figura, la correlación es muy poco clara. Esto significa que los alumnos que han tenido mayor rendimiento no son necesariamente los que contestaron

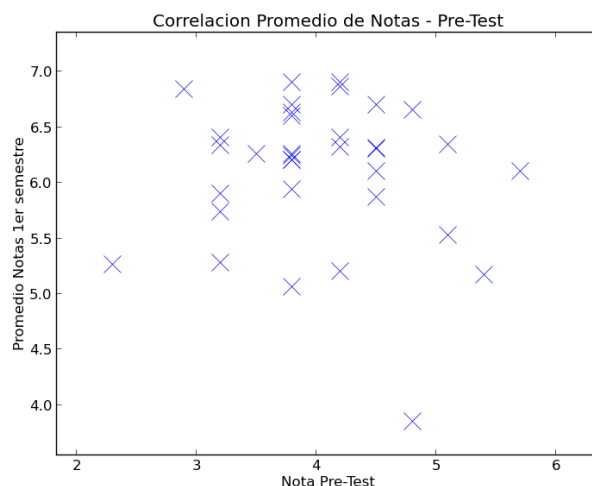


Figura 5.1: Correlación Rendimiento escolar v/s Nota Pre-test.

más correctamente, lo que podría significar que los alumnos de mayor rendimiento no están aprendiendo más astronomía que los de bajo rendimiento en el Pre-test.

Dada esta falta de claridad en la correlación, se estimó conveniente hacer la separación de los dos grupos en función de sus notas de Pre-test, confiando en la evaluación diagnóstica construida.

Elegido el criterio de selección, se necesita separar al curso en dos grupos homogéneos para el estudio comparativo. Esto lo hacemos construyendo un programa en python, que toma el la nota más alta y la más baja, separando el curso en 4 intervalos de notas equivalentes. Luego, a las personas de cada grupo de rendimiento, las enviamos al Grupo 2 y el Grupo 1, de mayor a menor. Es decir, si hay 2 alumnos en el intervalo de notas de 6.0 a 7.0, el mayor lo envía al Grupo 2, y el menor al Grupo 1, pero en el siguiente intervalo de rendimiento (5.0 a 6.0 por ejemplo), se envía el mayor al Grupo 1 y el siguiente al Grupo 2, así sucesivamente. Se quiere que ambos grupos tengan la misma distribución. El mismo programa grafica la distribución de notas para el Grupo 1 y el Grupo 2.

Como se observa en la figura 5.2, existe una distribución prácticamente equivalente para el Grupo 1 y 2.

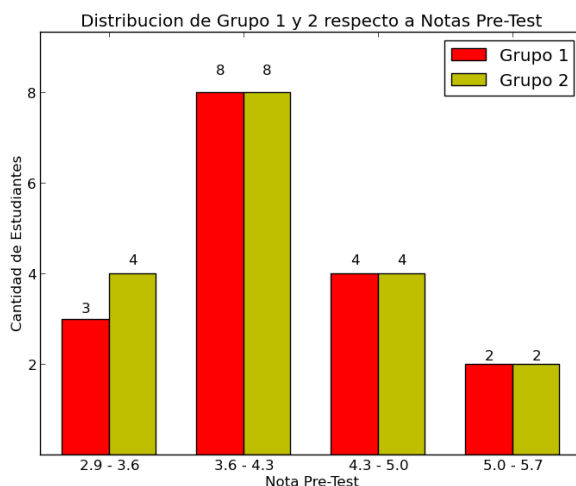


Figura 5.2: Distribución de rendimiento en Pre-test, Grupo 1 y 2.

Teniendo 2 grupos homogéneos, al Grupo 1 lo destinamos a ser el grupo que aplica la modalidad 1 (sin laboratorio virtual), y al Grupo 2 a la modalidad 2.

Relato general taller Augusto D’Halmar

El taller siguió la descripción general hecha en la sección 3.3. Dado que estamos aplicando dos modalidades juntas (modalidad 1 y 2), lo que hicimos fue tener al Grupo 1 junto al Grupo 2 durante la clase 1 (contextualización) y la clase 2 (exoplanetas). Para la clase 3, el curso fue separado. Durante los primeros 45 minutos, se trabajó con el Grupo 2 (mientras el profesor titular de física permanecía con actividades curriculares para el otro grupo), y durante los siguientes 45 minutos, con el Grupo 1. Con el Grupo 2 se trabajó con APIastro, y luego se le aplicó el Post-test, mientras que al Grupo 1 se le hizo un repaso expositivo, y luego se le tomó el Post-test.

5.4.3. Instituto Ágape, Modalidad 3

En este establecimiento no se trabajó en un curso específico, sino más bien con un conjunto de estudiantes desde séptimo básico hasta cuarto medio, siendo el total de 31 alumnos.

	Liceo Augusto D'Halmar		Instituto Ágape
	Octavo básico, 29 Estudiantes		7mo - 4to Medio, 31 Estudiantes
	Grupo 1 (G1) 16 Estudiantes	Grupo 2 (G2) 13 Estudiantes	Grupo 3 (G3) 31 Estudiantes
	Modalidad 1 (Énfasis en clases Expositivas)	Modalidad 2 Clases expositivas y Laboratorio	Modalidad 3 Énfasis en laboratorio
20 min	Pre-test	Pre-test	Pre-test
45 min	Clase 1 (Contextualización atingente currículum escolar)	Clase 1 (Contextualización atingente currículum escolar)	Contextualización (Resumen clase 1 + clase 2)
45 min	Clase 2 (Tópico de Exoplanetas)	Clase 2 (Tópico de Exoplanetas)	APIastro
45 min	Repaso Expositivo	APIastro	
20 min	Post-test	Post-test	Post-test

Cuadro 5.3: Cuadro resumen de las actividades hechas en cada establecimiento, en las 3 modalidades.

Esta modalidad es parcialmente diferente a la expuesta en la sección 3.2, dado que en vez de 3 clases, solo existen dos momentos: una parte introductoria, donde se les contextualiza a los estudiantes en la materia de exoplanetas y se les presenta la herramienta APIastro, y la otra parte donde se experimenta con el laboratorio virtual. Todo esto como parte de una actividad desarrollada en un solo día.

La parte introductoria tuvo una duración de 45 minutos, donde se usó un proyector multimedia para acercar a los estudiantes al tópico de exoplanetas, y hacer una demostración de APIastro y su funcionalidad. Luego, la parte aplicada con APIastro tuvo una duración de una hora y media, donde se desarrolló la actividad (laboratorio virtual) descrita en el apéndice B, al igual que en el Liceo Augusto D'Halmar.

Aquí se trabajó siempre con el mismo grupo, sin separaciones, salvo para la actividad en los computadores que fue necesario agrupar a los estudiantes de 2 a 3 personas, y se les permitió a ellos mismos elegir sus compañeros(as) de trabajo.

Como resumen de la actividad de medición en cada colegio, se presenta el cuadro 5.3.

Como se observa en el recuadro, se tienen 3 modalidades, las cuales entregarán diferentes

5.4. APLICACIÓN DE LA MEDICIÓN ¿CÓMO SE HIZO?

miradas a la efectividad del taller. El grupo 1 se encuentra en la modalidad 1, el grupo 2 en la modalidad 2, y en la modalidad 3, el grupo 3.

Capítulo 6

Resultados y análisis del impacto del taller y APIastro

Comentario de las experiencias en las escuelas

La razón por la cual se comienza el capítulo de resultados con una breve descripción de la experiencia en los talleres, es porque se cree que aportará de manera importante en el entendimiento de estos.

Específicamente hablando, la experiencia en el Liceo Augusto D’Halmar tuvo ciertos factores externos que influyeron en el proceso.

En primer lugar, el taller estaba diseñado para hacerse una clase cada semana (ver sección 3.3), finalizando con la tercera clase luego de tres semanas. Dado que el proceso de subir la página tuvo algunas demoras, la tercera clase fue aplazada una semana más. Este factor influyó dado que en la tercera clase, hubo muy poco tiempo para repasar los contenidos, es decir, el laboratorio no pudo aplicarse del todo en su objetivo de aplicación y refuerzo.

Además, algunos estudiantes pasaron casi la mayoría del tiempo respondiendo el Post-test, influyendo en su percepción del taller. Los demás detalles serán exployados durante el análisis de resultados.

Por otro lado, la experiencia en el Instituto Ágape fue mucho más ordenada, y los objetivos de la actividad se cumplieron de mejor forma, dado que no hubieron grandes

percances, excepto por algunos detalles técnicos, que se explicarán durante el capítulo, y que servirá para futuras correcciones a la propuesta en general.

6.1. Resultados

Los resultados de la exploración de efectividad del taller, serán presentados según sus 2 segmentos principales: Conocimientos y Actitudes. Será útil para el entendimiento del capítulo, que el lector pueda revisar los cuadros 5.2 y 5.3 en las páginas 36 y 40 respectivamente, y poner especial atención a las nomenclaturas: Parte 1 y 2 (segmento de conocimientos), Grupos 1,2 y 3 (G1, G2, G3) y modalidades 1, 2 y 3, debido a que se ocuparán continuamente en el presente capítulo. Dicho esto, se presentan los resultados en base a todos los procedimientos explicados en el capítulo anterior.

6.1.1. Resultados, segmento de Conocimientos

El avance general, representado por el promedio Pre-test y Post-test en el segmento de conocimientos (considerando la Parte 1 y 2), en los grupos 1, 2 y 3, se encuentra graficado en la figura 6.1.

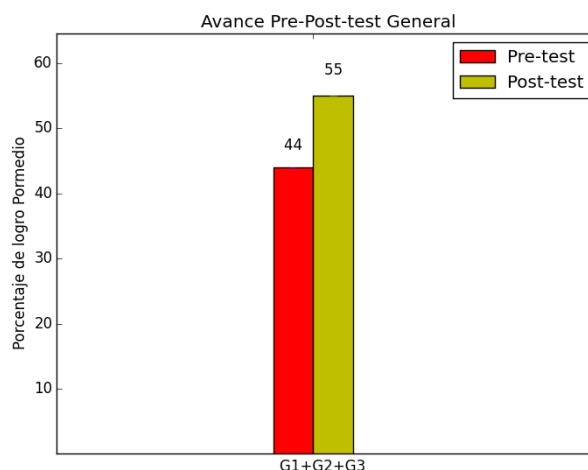


Figura 6.1: Avance General. Promedio Pre-test y Post-test de los 60 estudiantes sometidos al taller.

Como se observa, existe un avance desde un 44 % de logro a un 55 %. Es decir, existe una diferencia de logro positiva. Ahora, sin bien es positiva, no parece ser significativa. Se cree que existen dos explicaciones a este suceso.

Primero, la experiencia en el Liceo Augusto D'Halamar, en la última clase (clase 3) de refuerzo de contenidos después de 2 semanas de haber tenido la penúltima clase (clase 2), no se pudo repasar los contenidos ni conectarlos a los procesos relacionados al laboratorio (Grupo 2), y en el Grupo 1, se pudieron repasar los contenidos, pero en su modalidad no hubo experiencia con laboratorio (modalidad 1). La actividad estaba prediseñada para existiera refuerzo. Sin embargo, por razones de tiempo (desplazamiento de los alumnos, Post-test, problemas técnicos en los computadores, disposición física del laboratorio de computación), no se pudo lograr cabalmente.

Se piensa que esto se ve reflejado en gran medida en los resultados. No así la experiencia en el Instituto Ágape, que fue un poco menos dificultosa.

Segundo, se cree que las preguntas del Pre-test y Post-test fueron construidas con un alto nivel de dificultad, lo que provocó que la gran mayoría de los alumnos no contestaran correctamente.

Todas las preguntas tenían distractores y minuciosidades que se piensa influyeron mucho en los resultados, dado que muchos alumnos quizás entendieron, pero no tuvieron un buen rendimiento en el Post-test. Se piensa que a futuro, podría trabajarse en un Pre-Post-test de un nivel de dificultad más pedagógico, dado que el taller es en sí bastante breve y no muy profundo, a diferencia de las preguntas, que no eran del todo generales sino bastante específicas.

Para observar si esto se ve reflejado en cada grupo (G1, G2, G3), se tiene la figura 6.2, donde se tienen los promedios Pre-Post-test de cada modalidad. Se recuerda que la modalidad 1 y 2 se implementaron en el Liceo D'Halmar, y la modalidad 3 en el Instituto Ágape.

Se observa claramente que hubo un cambio significativo en la modalidad 3, a diferencia de las modalidades 1 y 2. También se ve una gran diferencia en el rendimiento inicial (Pre-test). Esto se explica por el nivel académico del Liceo D'Halmar, a diferencia del Instituto Ágape, aunque fue la modalidad de más avance (ganancia cerca de 4-5 veces mayor).

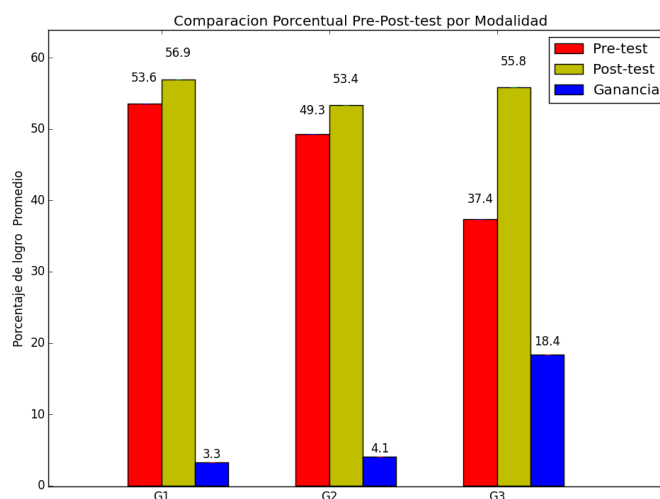


Figura 6.2: Comparación de los avances, promedio Pre-test y Post-test, de cada modalidad.

Se ve también que se presenta un mayor avance en rendimiento para quienes estuvieron más tiempo expuestos a APIastro: Una ganancia de 3.3 para el G1, 4.1 para el G2, y 18.4 para el G3, jugando un rol bastante significativo en la diferencia de resultados, probando ser una herramienta útil para la enseñanza.

Ahora, se procede a analizar el rendimiento, dentro del segmento de conocimientos, de la Parte 1 (Conocimientos atinentes al Currículum) y la Parte 2 (Conocimientos concernientes a Exoplanetas), para cada modalidad. Los resultados se ven representados en la figura 6.3.

Para la Parte 1 del test, se ve un buen avance en el Grupo 1, subiendo desde un 70.8 % a un 87.5 % de logro. En el Grupo 2, no se ve un avance significativo, quizás debido a las razones explicadas anteriormente. Para el Grupo 3, se halla un cambio más significativo que en el Grupo 2, de magnitud parecida al Grupo 1.

Esto confirma positivamente nuestra hipótesis de que el taller de exoplanetas sí genera aprendizajes en torno al currículum, al aplicar los contenidos a un tema de interés, como lo es el de exoplanetas.

Para la Parte 2, se ve que los resultados en general son bastante bajos. Se piensa que es en

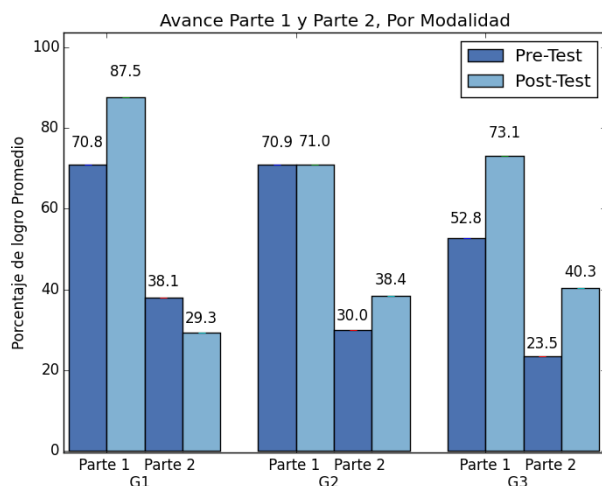


Figura 6.3: Avance promedio Pre-Post-test en Parte 1 y 2 de conocimientos, en las 3 modalidades.

esta parte del test donde se halla la mayor dificultad en las preguntas, y se ve reflejado en los resultados. Para el Grupo 1, el promedio bajó. Se piensa que es debido a que el laboratorio tenía un rol importante de reforzamiento para esta parte del test, y dada la gran dificultad, cedieron ante los distractores. Para el Grupo 2 y 3 se ve un avance, pero más significativo en el Grupo 3. Se cree que fue debido a la mejor experiencia de laboratorio. Esto confirma también nuestra hipótesis, dado que los alumnos que más estuvieron expuestos a APIastro tuvieron un mejor rendimiento en la Parte 2.

Dado que se observa en las dos figuras anteriores un cambio más significativo en el Grupo 3, se procede a mirar solo al grupo al que le fue aplicada dicha modalidad (G3). Se recuerda que en esta modalidad participaron 31 estudiantes, desde séptimo básico hasta cuarto medio.

Como se observa en la figura 6.4, todos los cursos presentan una ganancia como mínimo del 10%. Sin embargo, lo que llama la atención es la diferencias de avance por curso, dado que los cursos que tienen incluida en la unidad de “Tierra y Universo” contenidos de astronomía (7mo, 2do M y 4to M), tienen una ganancia mínima de un 24%, a diferencia de los que en su nivel no les corresponde contenidos directos de astronomía(ver sección 3.4, página 12), que obtuvieron una ganancia máxima del 14%. Esto se podría deber a

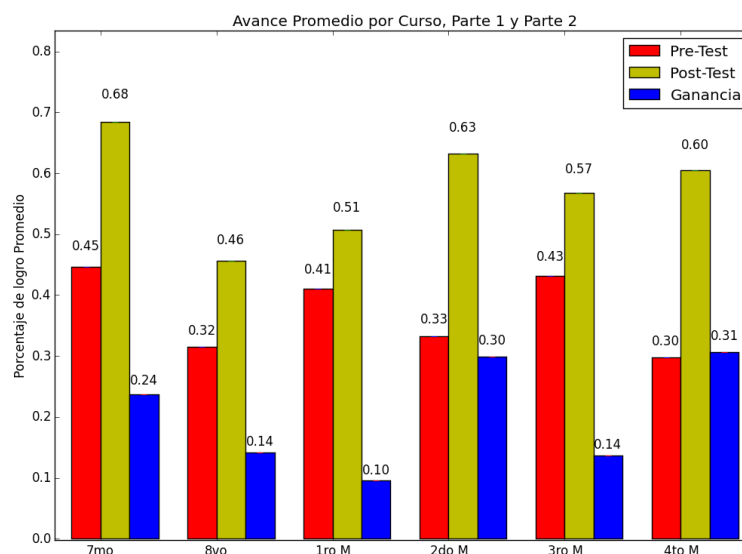


Figura 6.4: Promedio Pre-Post-test y ganancia por curso, modalidad 3.

que los estudiantes que se encuentran en cursos que están viendo contenidos de astronomía tendrán preconcepciones más acertadas ante el taller, por el hecho de haber repasado los contenidos recientemente.

En resumen, se obtuvieron avances, no tan significativos en las modalidades 1 y 2, pero mayores en la modalidad 3. Se piensa que las razones principales fueron el factor tiempo dentro del taller, y la dificultad de la prueba en la Parte 2 especialmente.

Así, concluimos los resultados y análisis del segmento de conocimientos del Pre-Post-test.

6.1.2. Resultados, segmento de actitudes

Para este segmento de los resultados, será útil nombrar las dimensiones actitudinales de una forma abreviada para un manejo más legible. En base a la sección 5.3.1, las dimensiones seleccionadas para el análisis del progreso actitudinal de los estudiantes, son las mencionadas en el cuadro 6.1.

Para observar el progreso general, al igual que el segmento de “conocimientos”, se graficarán las 5 dimensiones Pre-Post-test, incluyendo las tres modalidades. Los resultados

D1	Trabajo en Equipo
D2	Trabajo en prácticas de Laboratorio
D3	Intereses para un futuro posterior
D4	Dificultad para aprender física
D5	Importancia social de la ciencia y los científicos

Cuadro 6.1: Nomenclatura, 5 Dimensiones actitudinales en análisis.

se observan en la figura 6.5.

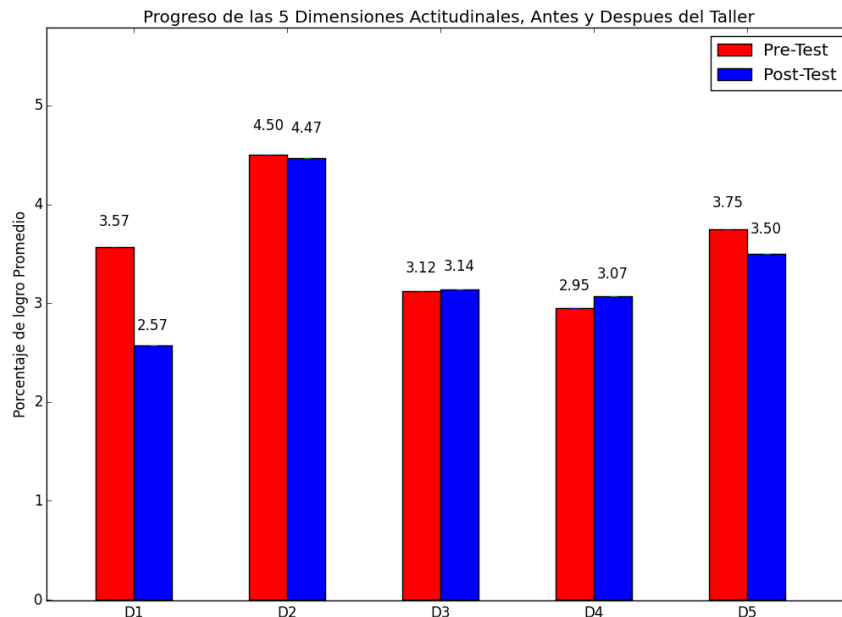


Figura 6.5: Cambio de actitudes promedio, de los 60 estudiantes, por cada dimensión.

El resultado actitudinal general, es que existe un cambio negativo en las dimensiones 1, 2 y 5, y positivo en la dimensión 3 y 4.

Donde se experimenta mayor cambio negativo es en la dimensión de “trabajo en grupo”. Esto se puede explicar porque algunos de los grupos en el Liceo Augusto D’Halmar tuvieron dificultades técnicas, frustrando una parte de la actividad. De hecho, esta dimensión mejoró en la modalidad 1 y 3, pero bajó bastante en la modalidad 2, generando este resultado. Las dimensiones que mejoraron fueron “Intereses para un futuro posterior” y

“Dificultad para aprender física”. Ahora, la dimensión que más debiera interesar para este estudio, es la que tiene relación con el laboratorio virtual, es decir, la dimensión 2: “Trabajo en prácticas de laboratorio” y se observa que esta no ha progresado positivamente.

Para averiguar cuáles de estas modalidades influyó más en este resultado, se procede a graficar esta dimensión por modalidad en la figura 6.6.

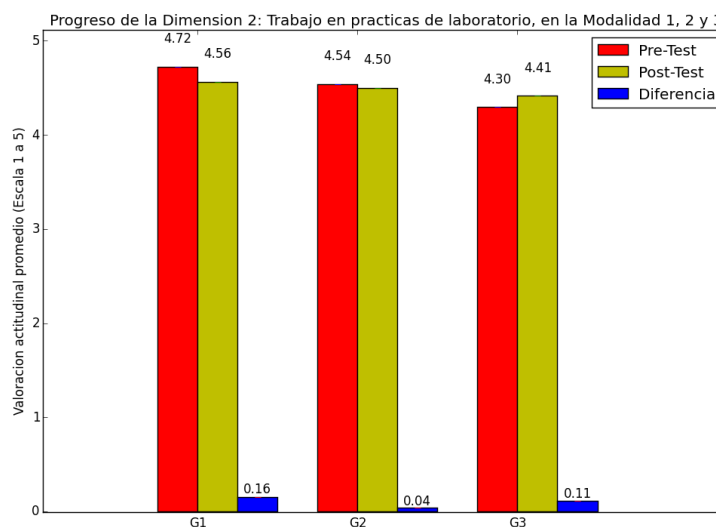


Figura 6.6: Progreso de la dimensión 2: Trabajo en prácticas de laboratorio, modalidades 1, 2 y 3

Como era de esperarse, en la modalidad 1 y 2 no se observa un progreso positivo. Se piensa que la disminución en estas dos modalidades (1 y 2) es por las razones ya explicadas, relacionadas a la calidad de la experiencia, aunque en la modalidad 2 la baja fue prácticamente insignificante. En la modalidad 3, existe un progreso positivo con una ganancia de 0.11.

Por otro lado, se puede observar que los estudiantes que más se expusieron a la herramienta, no solo aprendieron más (ver cuadro 6.2), sino que su actitud frente a la dimensión de “Trabajo en prácticas de laboratorio” mejoró más (o empeoró menos), probando así que APIastro constituye una herramienta de cambio positivo en cuanto a la percepción de los estudiantes del trabajo en laboratorio.

6.1.3. Comentarios generales

Algunos resultados generales no evidenciados en los gráficos, son los siguientes:

La dimensión actitudinal que mejor cambio positivo fue “Dificultad para aprender física”. Es decir, después del taller, los estudiantes sienten que aprender física no es tan difícil como pensaban antes de vivir la experiencia del taller(ver cuadro 6.5). Esto confirma positivamente la hipótesis de que el taller de exoplanetas puede mejorar la percepción de la asignatura de física.

La dimensión actitudinal que tuvo diferencia más negativa, fue “Trabajo en grupos” e “Importancia social de la ciencia y los científicos”. De esta última, en ninguna modalidad o curso hubo una mejora. Se piensa que tiene que ver con que los alumnos no percibieron una directa relación entre el taller de exoplanetas, y en cómo esto podría ser útil para la mejora de la sociedad. Esto nos lleva a cuestionarnos si esta dimensión era lo suficientemente relevante como para considerarla en el test de actitudes. En algún trabajo futuro con relación a talleres astronómicos, podría reconsiderarse esta dimensión.

Por último, se buscó alguna relación interesante dentro de los datos obtenidos, que explicara de alguna forma el “por qué” en el Liceo D’Halmar los resultados actitudinales no experimentaron un cambio del todo positivo. Se hizo una gráfica de variación de actitud por curso, dentro de la modalidad 3. Es decir, se promedió cuánto varía cada dimensión, para luego promediar cuánto variaron las actitudes en cada curso. Los resultados se muestran en la figura 6.7, incluyendo los intervalos de confianza, debido a que existen niveles con pocos (2-3) y varios (11) estudiantes, es decir, hay un peso diferente asociado a cada barra.

Se observa cuánto variaron los estudiantes su actitud (en todas las dimensiones en promedio) por curso. Se encuentra que los alumnos más jóvenes variaron más su percepción ante el taller en las dimensiones actitudinales que los alumnos menos jóvenes. Esto puede proveer una explicación a por qué los estudiantes de los Grupos 1 y 2 variaron su percepción negativamente, dadas las experiencias dificultosas que surgieron en la actividad. Los alumnos menos jóvenes ya tienen una percepción más forjada respecto a la física, y es más difícil cambiarla. Sin embargo, su actitud en la dimensión “Trabajo en prácticas de

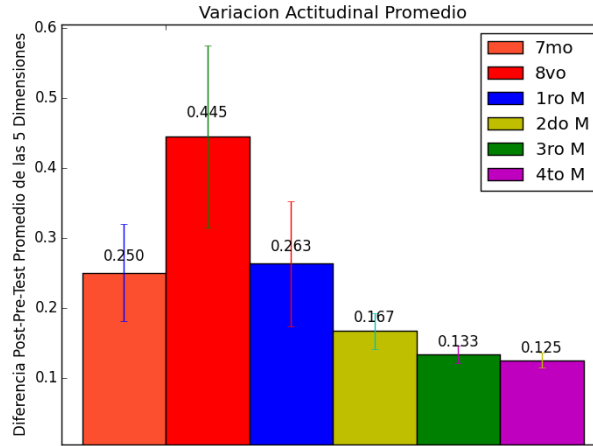


Figura 6.7: Variación total de actitud por curso (o por edad).

laboratorio” fue la que más varió, subiendo desde un 4.75 a 5, la calificación máxima. Esto nos da luces de que la herramienta APIastro puede tener efectos positivos importantes en términos de actitud.

6.2. Resultados APIastro

En cuanto al funcionamiento del laboratorio virtual, es decir, la página de APIastro, fue bastante funcional. Los alumnos lograron el objetivo de ajustar la curva, de obtener sus resultados, y hubo cierta emoción por la “competencia” de quién lograba el menor “Residuo total record”.

En los grupos que desarrollaron la actividad, se analizaron los datos del sistema WASP-50b, un exoplaneta del cual se obtuvieron datos pocas semanas antes de la actividad, lo que hizo sentir a los estudiantes como verdaderos científicos obteniendo resultados en base a datos “frescos”.

Además, los resultados obtenidos se acercaron bastante a los aceptados por la comunidad científica. Una alumna de tercero medio en el Insituto Ágape, ganadora del concurso para obtener el mejor residuo, tuvo los resultados que se observan en el cuadro 6.2.

Como se aprecia en la tabla, el error es bastante bajo, solo aproximadamente 1 % alejado

Parámetros físicos	Valor lit. científica	Valor obtenido con APIastro	% de error
$\frac{R_p}{R_*}$	137.384	138.083	1.005
$\frac{a}{R_*}$	750.885	697.855	1.075
i	84.74	83.72	1.012

Cuadro 6.2: Comparación resultados APIastro y literatura científica (no se incluyen barras de error).

del valor aceptado(), lo que nos lleva a descubrir la calidad de precisión de APIastro. Esto es en el ámbito cuantitativo.

En el ámbito de las gráficas (cualitativo) de APIastro, en relación a WASP-50b, el resultado final(de la misma alumna) de la visión relativa frontal, comparado con la gráfica frontal de la literatura científica, es el que se observa en la figura 6.8.

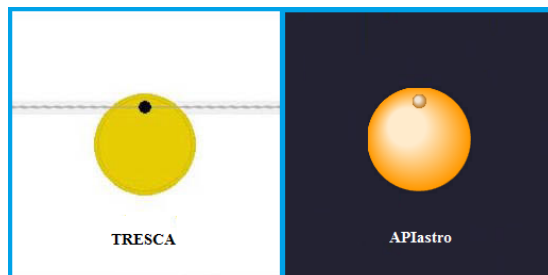


Figura 6.8: Comparación resultado gráfico APIastro (derecha), y literatura científica (izquierda).

La imagen de la izquierda fue construida por el proyecto TRESA (Transiting Exoplanets and Candidates), a partir de los datos de WASP-50b obtenidos del *Baronnies Provencales Observatory*. Se aprecia la gran similitud en términos gráficos, por lo que APIastro parece ser más que una aplicación “de juguete”, logrando aproximar bastante bien curvas de luz, pudiendo obtener resultados cuantitativos-cualitativos bastante cercanos a los científicos.

Ahora, aspectos que pueden mejorar de la herramienta, es principalmente su flexibilidad en términos de resolución.

Se observó durante su aplicación que muchos de los estudiantes tenían pantallas cuadradas o pequeñas, sobre todo en el Instituto Ágape, dado que no contaban con laboratorio de computación.

Los estudiantes usaron sus propios dispositivos (*Notebooks, iPads, netbooks*), pero solo

funcionaron correctamente los *notebooks*, por su tamaño y resolución apropiada para APIastro. Además, el servidor a veces fallaba, haciendo que los estudiantes paralizaran la actividad, por lo que es crucial un servidor seguro.

Capítulo 7

Conclusiones y vistas a futuro

A lo largo de este trabajo se han podido obtener variados análisis, debido a que se pretendió abarcar la construcción de un taller, la construcción de un laboratorio virtual (APIastro), la construcción de un instrumento de medición exploratorio, y su aplicación en dos establecimientos educacionales, en conjunto al análisis de los datos obtenidos.

De los resultados, concluimos que el taller de exoplanetas contribuye al refuerzo del currículum escolar, a través de su aplicación en un tema astronómico de interés, como lo es el de exoplanetas.

La construcción de APIastro tuvo un papel importante, generando una ganancia en conocimientos cada vez mayor en los grupos que estuvieron más expuesta a ella.

Se observó que APIastro obtiene resultados bastante bien aproximados a los obtenidos por la comunidad científica ($\approx 1\%$ de error), y pone una sensación de juego en los estudiantes, teniendo un *plus* en el proceso de aprendizaje.

Se observó un progreso en términos de valoración a los laboratorios, siendo mayor para quienes estuvieron en contacto con la herramienta APIastro. Esto es un éxito desde el punto de vista que los talleres de astronomía se quedan por lo general en datos interesantes, pero pocas veces acercan al alumno al trabajo científico real. APIastro hace que los estudiantes trabajen analizando datos, y les guste.

También hubo un progreso respecto a la dimensión de percibir la asignatura de física menos

difícil a raíz del taller, siendo la dimensión de más cambio general (de 2.95 a 3.07).

En otras dimensiones actitudinales, el resultado no fue muy conclusivo, ya que para algunos bajó y otros mejoró.

Los estudiantes que más variaron su actitud a través del taller, fueron los más jóvenes, pudiendo ser una de las razones por la cual los alumnos del Liceo Augusto D'Halmar (octavo básico) presentaron grandes variaciones en base algunas experiencias poco satisfactorias durante la experiencia de laboratorio y la clase expositiva (última clase, antes del Post-test), siendo poco conclusivas.

Finalmente, dos de las tres hipótesis fueron conclusivas: Los alumnos mostraron avance en conocimientos respecto al currículum escolar aplicando sus conocimientos en un tema de interés; Los alumnos mostraron un avance en cuanto a sus conocimientos de exoplanetas, viendo en forma general la física como “menos difícil” después del taller, aplicando un laboratorio virtual que probó ser de más aprendizaje para quienes estuvieron más expuestos a él, y por último, en general no fue muy conclusivo respecto a otras actitudes, que se mantuvieron, subieron y bajaron indistintivamente. Sin duda se aprendió que existen un gran número de variables en la educación, poco controlables, que pueden afectar forma impredecible los resultados.

Respecto a cambios al trabajo realizado, se puede mejorar la herramienta APIastro dándole mayor flexibilidad en cuanto a resolución, un sustento web más seguro y permanente, y más refinamientos que pueden hacer de APIastro una herramienta pedagógica más poderosa.

Respecto a la construcción de evaluación, se puede mejorar, eliminando o cambiando aquellas preguntas de una dificultad no deseada.

Por último, en forma general, la experiencia trajo satisfacción a varios alumnos que comentaron su agrado. Personalmente entré a la carrera universitaria de Astronomía porque un profesor dió un curso de astronomía, y este tipo de instancias sirven para que alumnos encuentren su lugar y descubran su propio amor por la ciencia. Si bien existen instancias en nuestro país para aprender astronomía, es mucho más aprovechable de lo que vemos hoy. Chile es un hermoso lugar para la astronomía, y los alumnos esperan explorar un mundo

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y VISTAS A FUTURO

desconocido. Es importante que se eleven más propuestas pedagógicas (no expositivas, sino que utilizando TIC, o diversos laboratorios) a largo plazo, dado que hemos visto su impacto dentro del currículum, y fuera de él.

Anexos

Apéndice A

Taller Exoplanetas

Abstract

El mundo de los exoplanetas llama la atención de cualquier alumno. La motivación se encuentra en descubrir que existen otros planetas aparte del nuestro, en las lejanías del universo, para responder una de las más frecuentes preguntas de los alumnos ligadas a la astronomía: ¿Existen otros planetas similares al nuestro? ¿Es posible la vida en estos planetas? Para introducirlos a este tema, y cómo es posible encontrar y caracterizar exoplanetas, los estudiantes deberán ser capaces de reconocer dónde somos capaces de encontrar exoplanetas, dentro de las principales estructuras del cosmos, además de entender el procedimiento para detectarlos, y los resultados principales que se pueden obtener en este campo, aplicando mediante una herramienta Web interactiva, lo aprendido. Este taller está pensado principalmente para estudiantes de 12-13 años (8vo básico).

Reseña

La idea fundamental de este taller es poder transmitir un marco teórico básico para comprender los procedimientos generales que nos llevan a detectar y caracterizar sistemas planetarios diferentes al sistema solar. Antes de partir con el proceso de enseñanza, se realizará un Pre-test, para acercarnos lo más posible a sus preconcepciones y predisposiciones en cuanto a lo que se desarrollará en este taller, considerando los conocimientos de

nivel estipulados por el currículum escolar chileno. Para lograr esto, los estudiantes son inicialmente introducidos a entender las principales estructuras que componen el universo (Cúmulos de galaxias, galaxias, estrellas, planetas, etc). Luego, deberán ser capaces de entender las diferentes escalas de medición que usamos para describir el tamaño de un planeta, una estrella y la distancia entre ellos. Esta primera parte consistirá en dar la base teórica para comprender lo relacionado a exoplanetas. Una vez ya introducido este marco teórico básico, se estudiará con los alumnos la detección de exoplanetas, el concepto de curva de luz y tránsito, y cómo ciertos parámetros influyen en la forma del tránsito, y los resultados que se pueden obtener. Finalmente, se hará una actividad de aplicación de lo aprendido, mediante una herramienta interactiva Web, llamada “APIastro” (Analizador planetario interactivo astronómico), desarrollada exclusivamente para acercar y aplicar los conceptos antes vistos, conjunto a un Post-test, para evaluar los aprendizajes obtenidos a través del curso por parte de los estudiantes, y medir el impacto de nuestra herramienta interactiva Web.

Objetivo General

El objetivo de este taller es que los estudiantes comprendan qué es un exoplaneta, y los procedimientos científicos generales para descubrirlos y caracterizarlos.

Objetivos específicos

1. Reconocer dónde se podrían encontrar los exoplanetas dentro de las principales estructuras del universo.
2. Describir de forma general, cómo se forman los sistemas planetarios.
3. Comprender los parámetros que caracterizan un sistema planetario, en conjunto con sus unidades de medida típicas.
4. Comprender qué es un tránsito, una curva de luz, cómo se obtiene y cómo se relaciona (a grandes rasgos) con los parámetros que caracterizan el sistema planetario.

5. Reconocer los resultados generales que se pueden obtener mediante el método de curvas de luz para caracterizar el sistema planetario.
6. Comprender el concepto de residuo, y qué papel juega en el ajuste de una curva de luz.

Calendario de sesiones

El siguiente es el calendario de las clases que se desarrollarán en este taller, detallando el currículum de cada una. Cada sesión tiene una duración de una hora pedagógica (45 min).

Clase 1

Objetivos:

1. Evaluar las preconcepciones y predisposición de los alumnos respecto a la astronomía relacionada al currículum a través de un pre-Test.
2. Reconocer las principales estructuras cósmicas del universo, y comprender las unidades de medida típicas para caracterizar un sistema planetario.

Contenidos y actividades:

1. Realización del pre-test (20 min)
2. Principales estructuras del universo, desde las más pequeñas hasta las más grandes (planeta, estrella, galaxia, cúmulo de galaxias, etc.), partiendo desde nuestra ubicación hacia las estructuras más elevadas.(10 min)
3. Resumen del punto anterior, haciendo el ejercicio contrario de reconocer nuestra ubicación desde las estructuras más grandes hasta llegar a nuestro planeta tierra.(2 min)

-
4. Comprender las unidades de medida típicas para caracterizar un sistema planetario, (Radios Terrestres, Radios solares, UA), dando ejemplos concretos, y dibujando diferentes casos. (10 min)
 5. Resumen del punto anterior, recordando cuales son las unidades de medidas que utilizaremos para medir sistemas planetarios. Cierre de la clase. (3 min)

Total: 45 min.

Nota: Esta clase irá acompañada de una presentación de diapositivas.

Clase 2

Objetivos:

1. Evaluar las preconcepciones de los alumnos respecto a los contenidos específicos relacionados a exoplanetas, a través de un pre-Test.
2. Comprender qué son los sistemas planetarios, cómo se detectan, qué podemos saber de ellos y algunas limitaciones.

Contenidos y actividades:

1. Realización del pre-Test (15 min.)
2. Sistema planetario, cómo se forman. (5 min.)
3. Qué es un exoplaneta. (5 min.)
4. Qué es una curva de luz, cómo se provoca y se mide, que elementos tiene, qué es un tránsito. (5 min.)
5. Parámetros físicos del sistema planetario, y cómo varía la curva de luz al variar estos parámetros, resultados que podemos obtener mediante la curva de luz. Se utilizará una maqueta de un sistema planetario hecho de plumavit para explicar el ángulo de inclinación. (10 min.)
6. Ajuste de curva de luz a datos reales, concepto de residuo. (5 min.)

7. Resumen.(2 min.)

Total: 45 min.

Nota: Esta clase irá acompañada de una presentación de diapositivas.

Clase 3

Objetivos:

1. Aplicar los conocimientos adquiridos en el taller, y reforzarlos por medio de APIastro, nuestro laboratorio virtual interactivo web.
2. Acercar a los estudiantes al trabajo científico astronómico.

Contenidos y actividades:

La actividad está documentada específicamente en el anexo concerniente al laboratorio APIastro.

Nota: Esta actividad idealmente toma aproximadamente 2 horas pedagógicas (una hora y 20 minutos).

Apéndice B

Actividad API-astro

¡BIENVENIDO!

PARTE 0

1. Lleve el cursor al título de la página “¡Descubre tu sistema planetario!”
2. Recordatorio: ¿Cuáles son los elementos de un sistema planetario? ¿Cómo se forman?
¿Qué son las estrellas y los planetas?
3. Nuestro sistema planetario (el sistema solar), ¿De qué se compone? ¿cuántos planetas tiene interiores/exteriores? ¿puedes nombrar algún satélite? ¿En qué galaxia se encuentra? Nombra estructuras pequeñas, hasta las más grandes.

PARTE 1

1. ¿Cuántas veces es el sol (aproximadamente) en comparación a la tierra?

2. Lleve la barra de distancia orbital (de a poco) a 2 UA. ¿que significa que estén a 2 UA? ¿cuántos Km sería esa distancia?

3. Lleve la barra de distancia orbital a la mitad de la distancia que hay entre el sol y la tierra.
 4. Lleve la barra de inclinación orbital hasta que el exoplaneta ya no eclipse la estrella. ¿cuál es esa inclinación?
_____ Ahora varíe la distancia orbital y repita lo anterior. ¿Es la misma inclinación? ¿por qué?
-

PARTE 2

¡Calma! Siga los pasos uno a uno, ¡y no mueva barras como loco!

Cargue de nuevo la página

Vaya al paso 1: Seleccione los datos del observatorio.

Vaya al paso 2: (presione el botón).

Paso 3:

1. Recordatorio: Pon el cursor en el título "curva de luz".
2. Recordatorio: Pon el cursor en el título "Residuos".
3. Mueve la barra de "radio exoplaneta". ¿cómo afecta la curva de luz? ¿Por qué crees que es así? _____

4. Mueve la barra de "radio estrella". ¿Cómo afecta la curva de luz? ¿Por qué crees que es así? _____

5. Mueve la barra de distancia orbital. ¿Cómo afecta la curva de luz? ¿Por qué crees que es así? _____

6. Mueve la barra de inclinación orbital. ¿Cómo afecta la curva de luz? ¿Por qué crees que es así?

7. Averigua para qué sirve la barra de “mover tránsito”.

AHORA, ¡A JUGAR!

Haz que la curva naranja (la curva de luz creada por ti), se parezca a los datos reales, para averiguar cómo es tu sistema planetario.

¿Qué pasa con la gráfica de residuos cuando tu curva de luz no se parece a los datos?
¿Qué pasa cuando se parecen más?

Re-
duce el residuo lo más posible, quien los reduzca más, ¡GANA EL JUEGO!

¿Ya terminaste?

Ahora, revisa los resultados finales, poniendo el cursor en “ver resultados”, en la parte inferior derecha de la pantalla.

Compáralos con los de tus amigos.

PREGUNTA FINAL:

¿Qué resultados se pueden realmente obtener de una curva de luz?

Apéndice C

Construcción de evaluación de Conocimientos, P1

Parte 1: Atingente al Currículum Escolar Nacional

Para el taller de exoplanetas, se reconocen los siguientes objetivos fundamentales, atinentes al currículum escolar nacional:

Objetivos Fundamentales:

1. Reconocer la inmensidad del Universo a través del análisis de los tamaños comparativos de las estructuras cósmicas y de las distancias que las separan.
2. Reconocer la existencia de movimientos periódicos en el entorno y describirlos en términos de las magnitudes que le son propias. **Nota:** Objetivos fundamentales extraídos del currículum nacional escolar, séptimo básico. (MINEDUC, 2009, p.266-271)

Aprendizajes Esperados

1. Explicar cómo las características físicas y los movimientos de los distintos astros del Sistema Solar se relacionan con teorías de su origen y evolución.

-
2. Describir los efectos que generan las fuerzas gravitacionales sobre cuerpos que se encuentran en las cercanías de la superficie de la Tierra y sobre los movimientos orbitales de satélites y planetas.
 3. Caracterizar de forma básica pequeñas y grandes estructuras cósmicas (cometas, asteroides, meteoritos, nebulosas, galaxias y cúmulos de galaxias), ubicando la Vía Láctea y el Sistema Solar entre esas estructuras.

De los aprendizajes esperados, se desprenden los siguientes indicadores:

Indicadores de Aprendizaje

1. Nombra e identifica los distintos astros que conforman el Sistema Solar.
2. Nombra e identifica distintas estructuras cósmicas (estrellas, galaxias)
3. Identifica características básicas (tamaño, estructura, movimiento, posición) de las distintas estructuras cósmicas.
4. Identifica diferencias entre las componentes de las estructuras cósmicas en cuanto a su estructura y movimiento.

Dado el análisis anterior, procedemos a la construcción de preguntas de evaluación que verifiquen los aprendizajes logrados por los estudiantes.

Preguntas de Evaluación

Indicador 1:

1. **El Sistema Solar está compuesto por:**
 - a) Estrellas, planetas, satélites, cometas, asteroides y polvo interplanetario.
 - b) Una estrella, planetas, satélites, cometas, asteroides y polvo interplanetario.
 - c) Por 4 planetas interiores rocosos y 4 planetas exteriores gaseosos.
 - d) El sol y los planetas que lo orbitan solamente.

e) Todo lo que está desde la órbita de Neptuno hacia adentro.

Indicador 2 y 3:

2. ¿Qué crees que es una estrella?

- a) Una bola de gas y polvo con reacciones nucleares principalmente en el centro.
- b) Una bola de fuego y rocas que está continuamente ardiendo a altas temperaturas.
- c) Una bola que emite luz blanca a largas distancias.
- d) Una bola de fuego que decae en una estrella fugaz cuando muere.
- e) Una bola de fuego que se apaga y prende durante la noche.

Indicador 1:

3. Urano es _____:

- a) Estrella enana.
- b) Luna gigante exterior
- c) Planeta exterior.
- d) Planeta interior
- e) Asteroide gigante

Indicador 4:

4. Los planetas se diferencian de las estrellas puesto que estas últimas:

- a) Tienen planetas girando a su alrededor.
- b) Poseen reacciones nucleares en su centro.
- c) Son observables desde la tierra a simple vista.
- d) Son muy grandes.
- e) Nacen de una nebulosa.

Indicador 2 y 3:

5. Los satélites naturales como _____ usualmente orbitan alrededor de los planetas.

- a) El sol
- b) El cometa Halley.
- c) La Luna.
- d) El Cinturón de Asteroides.
- e) Los Meteoritos

Indicador 2 y 3:

6. La vía Láctea es:

- a) Una gran nebulosa donde nacen estrellas
- b) Un camino de estrellas en el cielo
- c) La galaxia donde se encuentra el sistema solar
- d) Un conjunto de estrellas lejos del sol
- e) Las estrellas observables desde la tierra

Indicador 4:

7. Las siguientes estructuras cósmicas:

- I . Luna
- II . cometa
- III . Mercurio
- IV . Galaxia
- V . Sol

Ordenadas desde la más pequeña a la más grande, sería:

- a) IV, V, III, II, I

b) II, III, I, V IV

c) II, I, III, V, IV

d) I, II, III, V, IV

e) I, II, III, IV, V

Indicador 4:

8. El sol respecto a la tierra:

a) Es de un tamaño parecido

b) Es 5-10 veces más grande

c) Es 10-50 veces más grande

d) Es 50-200 veces más grande

e) Es 200-1000 veces más grande

Indicador 3:

9. La distancia que nos separa del sol (1 UA) es:

a) Cerca de 150.000 Km

b) Cerca de 1.500.000 Km

c) Cerca de 15.000.000 Km

d) Cerca de 150.000.000 Km

e) Cerca de 1.500.000.000 Km

Apéndice D

Construcción de evaluación de Conocimientos, P2

Parte 2: Atingente al Tópico de Exoplanetas

Para el taller de exoplanetas, se establecen los siguientes objetivos fundamentales:

Objetivos Fundamentales:

1. Reconocer la existencia de diferentes estructuras distribuidas en el universo, y describirlas en términos de magnitudes apropiadas.
2. Reconocer diversas evidencias acerca del origen y evolución de los sistemas planetarios como el sistema solar.
3. Comprender las técnicas científicas astronómicas para el descubrimiento del universo.

A raíz de los objetivos fundamentales, se desprenden los siguientes aprendizajes esperados:

Aprendizajes Esperados

1. Reconocer dónde se podrían encontrar los exoplanetas dentro de las principales estructuras del universo.
2. Reconocer de forma general, cómo se forman los sistemas planetarios.
3. Comprender los parámetros que caracterizan un sistema planetario, en conjunto con sus unidades de medida típicas.
4. Comprender qué es un tránsito, una curva de luz, cómo se obtiene y cómo se relaciona (a grandes rasgos) con los parámetros que caracterizan el sistema planetario.
5. Reconocer los resultados generales que se pueden obtener mediante el método de curvas de luz para caracterizar el sistema planetario.
6. Comprender el concepto de residuo, y qué papel juega en el ajuste de una curva de luz.

De los aprendizajes esperados, se desprenden los siguientes indicadores:

Indicadores de Aprendizaje

1. Nombra e identifica distintas estructuras extra-solares.
2. Reconoce los procesos básicos de evolución de sistemas planetarios.
3. Identifica el método de curva de luz como un método de detección de exoplanetas.
4. Nombre e identifica las componentes de un gráfico de curva de luz, y los resultados que se pueden obtener.
5. Identifica cómo los parámetros físicos de un sistema planetario afectan una curva de luz.
6. Reconoce el funcionamiento residual respecto a las curvas de luz

Dado el análisis anterior, procedemos a la construcción de preguntas de evaluación que verifiquen los aprendizajes logrados por los estudiantes.

Preguntas de Evaluación

Indicador 1:

1. Un sistema planetario es:

- a)* Un conjunto de planetas.
- b)* Un sistema unido por gravedad, conformado por planetas.
- c)* Estrellas y varios planetas a una distancia no muy grande entre ellas.
- d)* Varias Estrellas y planetas unidos por fuerza gravitacional en una vecindad de la galaxia.
- e)* Cualquier variedad de cuerpos celestes, orbitando una estrella.

Indicador 2:

2. Los sistemas planetarios, según la explicación clásica se forman:

- a)* Uno o más planetas que quedaron atrapados en órbita con una estrella.
- b)* Un conjunto de planetas, de los cuales algunos chocaron formando una estrella y los demás la quedaron orbitando
- c)* Una nube de gas que se condensó en una estrella central y uno o más planetas alrededor.
- d)* Un disco de acreción que interactuó con una estrella pre-existente, formando planetas alrededor de ella.
- e)* Varios planetas que quedaron orbitando entre sí, formando un sistema gravitacional.

Indicador 1:

3. Un exoplaneta es (clásicamente):

- a)* Un objeto autogravitante, que orbita una estrella en forma circular.
- b)* Un objeto autogravitante, fuera del sistema solar.

- c) Un objeto sin luz propia que orbita una estrella, que puede tener lunas.
- d) Un objeto autogravitante y que posee una órbita circular alrededor de una estrella.
- e) Un objeto autogravitante, sin luz propia y orbita-dominante que orbita una estrella diferente al sol.

Indicador 3:

4. La forma de detectar actualmente la mayoría de los exoplanetas es:

- a) Detectar cambios de luz cuando el exoplaneta eclipsa su estrella.
- b) Fotografiarlos mediante telescopios de alto alcance.
- c) Calcular sus órbitas mediante fórmulas de gravitación.
- d) Observar cuando el exoplaneta este pasando detrás de la estrella.
- e) Solo es posible detectar los planetas gigantes, cuando su estrella los alumbra podemos observarlos.

Indicador 4:

5. Una curva de luz es:

- a) La forma que tiene la luz al observar una estrella.
- b) La cantidad de luz que sale de una estrella en el tiempo.
- c) Una representación gráfica del brillo que nos llega de la estrella en el tiempo.
- d) Cuando un exoplaneta eclipsa una estrella.
- e) Cuando la luz se curva por efectos gravitacionales debido a la presencia de un planeta.

Indicador 4:

6. Un tránsito es:

- a) La línea que el exoplaneta sigue en torno a su estrella.

-
- b) La línea que el exoplaneta sigue cuando pasa frente al sol.
 - c) La disminución de luz provocada por el eclipse en la curva de luz.
 - d) Línea que sigue la curva de luz durante la observación de un exoplaneta.
 - e) Línea que sigue la curva de luz durante la observación de una estrella.

Indicador 4:

7. Podemos obtener de la curva de luz:

- I .Período
- II . Radio Planeta
- III . $\frac{RadioPlaneta}{RadioEstrella}$
- IV . Inclinación Orbital

- a) I, IV, V
- b) I, V, III
- c) II, III, I
- d) II, III, V
- e) IV, V

Indicador 5:

8. Si tengo una estrella que mide 2 Radios solares, y la orbitan dos exoplanetas, el “exoplaneta 1” de 2 Radios terrestres y el “exoplaneta 2” de 3 Radios terrestres. Ambos con la misma inclinación de 90°. Podemos decir que:

- a) El tránsito del planeta 2 es más profundo que el del planeta 1
- b) El tránsito del planeta 1 es más profundo que el del planeta 2
- c) Ambos tránsitos tendrán la misma profundidad.

- d) Depende de qué tan lejos estén de la estrella, qué tan profundo serán.
- e) Depende qué tan grande sea la estrella, cuál de los dos tendrá un tránsito más profundo.

Indicador 5:

9. **Un exoplaneta orbita con una inclinación orbital de 89° . Un meteoro gigante lo impacta, cambiando su inclinación a 80° . Podríamos decir que muy probablemente:**

- a) Ahora el exoplaneta se vea más pequeño al mirarlo por el telescopio.
- b) Ya no pueda ser detectado por el método de curva de luz.
- c) Puede ser detectado de mejor manera por el método de curva de luz.
- d) La distancia entre la estrella y el exoplaneta sea más grande.
- e) No afecta la observación, pues depende de dónde la miremos simplemente.

Indicador 6:

10. **Sobre el Residuo:**

- I . Es posible reducirlo completamente a través de una curva de luz ajustada.
- II . Entre mejor es el ajuste de curva de luz, más grande es el residuo
- III . Entre mejor es el ajuste de curva de luz, más pequeño es el residuo. Es(son) verdadera(s):

- a) Solo I
- b) Solo II
- c) Solo III
- d) I y II
- e) I y III

Bibliografía

Peredo, A. (2010) *Los mejores sitios para observacion en la Tierra* Almaobservatory.org. Consultado el 23 de Octubre de 2015, de: <http://www.almaobservatory.org/es/sobre-alma/ubicacion/por-que-chile>

Educarchile. *Guía pedagógica* [en línea]. Chile: Educarchile, 2009 [fecha de consulta: 31 de Octubre de 2015]. Aula visual: Astronomía y educación. CADIAS. Disponible en: http://ww2.educarchile.cl/UserFiles/P0001/File/aulavisual/197923_GPedagogica_Astronomia_Educacion_CADIAS.pdf

Ministerio de Educación,(2009). *Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos Obligatorios de la Educación Básica y Media* (pp. 283-294). Santiago, Chile: MINEDUC. Disponible en: http://www.curriculumlineamineduc.cl/605/articles-30013_recurso_13.pdf

Arias, L. (2015). *Astronomía y educación.* CADIAS. Consultado en: <http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?id=197923>

Sagan, C. (1980). COSMOS. Recuperado de: <http://www.documentales-online.com/cosmos-carl-sagan/>

Araya, C. (2012). *Analizando preconcepciones en astronomía en alumnos de enseñanza media y su cambio conceptual a través del programa Bling Bling universe.* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.p.3

González, M.A., Morales, R. & Pino J.P. (2012). *Estudio de las actitudes en el*

alumnado de educación media hacia la física como ciencia, en relación al sexo y nivel de escolaridad (Tesis de pregrado). Universidad de Santiago de Chile, Santiago, Chile.

Jidesjö, A., Oscarsso, M., Karlsson, K., & Strömdahl, H. (2009). *Science for all or science for some: What Swedish science students want to learn about in secondary science and technology and their opinions on science lessons* (1 ed., pp. 218-222). Linköping: NorDiNa. Disponible en: <http://roseproject.no/network/countries/sweden/Jidesjo%202009%20sci%20for%20all%20sci%20for%20some.pdf>

Hawking, S.(2005). Brevísima historia del tiempo., p.3-5

Schneider, J. Interactive Extra-solar Planets Catalog. *The Extrasolar Planets Encyclopedia*. Consultado en noviembre, 2015.

Singer, S., Hilton, M. & Schweingruber, H. & National Research Council (U.S.). Committe on High School Sciencia Laboratories: Role and Vision (2006). *America's lab report: investifations in high school sciencie*. National Academies; Oxford: Oxford Publicity Partnership [distribuidor], Washingtong, D.C.

Singer, S., Hilton, M. & Schweingruber, H. & National Research Council (U.S.). Committe on High School Sciencia Laboratories: Role and Vision (2006). *America's lab report: investifations in high school sciencie*. National Academies; Oxford: Oxford Publicity Partnership [distribuidor], Washingtong, D.C.

Singer, S., Hilton, M. & Schweingruber, H. & National Research Council (U.S.). Committe on High School Sciencia Laboratories: Role and Vision (2006). *America's lab report: investifations in high school sciencie*. National Academies; Oxford: Oxford Publicity Partnership [distribuidor], Washingtong, D.C.

Velasco, A., Arellano, J., Martínez, J., & Velasco, S. (2013). Laboratorios virtuales: alternativa en la educación. *La Ciencia Y El Hombre*, 26(2). Disponible en <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol26num2/articulos/laboratorios.html>

Rego, M., & Fernandez, M. (2015). Antares - Observatorio Virtual - P7 : *Clasificación espectroscópica de una muestra de estrellas brillantes*.

Atenea.pntic.mec.es. Recuperado el 20 de Noviembre 2015, disponible en:
<http://atenea.pntic.mec.es/Antares/obser0/07clasifestelar/p71.html>

Tobar, C. (2015). Beneficios de la música en el aprendizaje. Para El Aula, 14(1), 34-35.
Disponible en: https://www.usfq.edu.ec/publicaciones/para_el_aula/Documents/para_el_aula_06/0018_para_el_aula_06.pdf

Espinoza, N. (2015). BLING-BLING UNIVERSE. Blingblinguniverse.cl. Recuperado el 6 de Noviembre 2015, de: <http://www.blingblinguniverse.cl/>

Sagan, C. (1980). COSMOS. Recuperado de: <http://www.documentales-online.com/cosmos-carl-sagan/>

Yadrán, G. (2011) *LAS ACTITUDES HACIA LA CLASE DE FÍSICA DEL ESTUDIANTE DE SECUNDARIA; UN ESTUDIO EXPLORATORIO DESCRIPTIVO EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE SANTIAGO Y CONCEPCIÓN*, p.157