

EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS EN CONTENIDOS DE TIERRA Y UNIVERSO, PARA PROFESORES DE FÍSICA EN FORMACIÓN

LEONOR HUERTA

Universidad de Santiago de Chile

Resumen

En el presente artículo se presentan los resultados de la evaluación de certificación de una selección de competencias científicas a través de la implementación de dos cursos complementarios relativos a las Ciencias de la Tierra y el Universo, en profesores de Física en formación. Se elaboraron instrumentos para la evaluación de certificación de competencias seleccionadas del Perfil de Egreso de la carrera, de los Estándares Orientadores del Ministerio de Educación, de la evaluación PISA y el Proyecto TUNING LA. Se trabajó sólo con estudiantes que hubieran aprobado el curso obligatorio “Física del Universo”, y se definió un primer grupo (estudiantes que además habían aprobado cursos complementarios sobre astronomía) y un segundo grupo (estudiantes que no habían aprobado esos cursos complementarios). Los resultados muestran diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos, indicando que los alumnos del primer grupo tienen una mayor probabilidad de certificar las competencias que los alumnos del segundo grupo.

Palabras claves: Formación inicial docente, Competencias, Ciencias de la Tierra y el Universo.

Abstract

Abstract

This paper presents results on certifying assessment of selection of scientific competences by implementing two Science of Earth and Universe elective courses, in physics teacher students. Certification assessment tools were developed to certify competences selected from Program's Graduation Profile, Guidance Standards of Ministry of Education, PISA assessment, and TUNING LA Project. In the study were considered only students who had passed the mandatory course “Physics of the Universe” there were defined two groups: a first group (students who had also been approved complementary astronomy courses) and a second group (students that had not taken such complementary courses). The results show statistically significant differences between both groups,

indicating that students in the first group are more likely to certify competences than students in the second group.

Key words: Teacher education, Competences, Science of Earth and Universe.

1. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN

La formación basada en competencias es un enfoque que ha ido ganando importancia progresivamente en el ámbito educativo, y especialmente en los programas de formación inicial docente. Esta importancia se relaciona con el hecho de que las competencias facilitan el desarrollo de la creatividad y la innovación, dentro de un marco disciplinar y metodológico (Perrenoud, 2008). Se entiende por competencia un conjunto integrado y coordinado de estrategias y recursos cognitivos, movilizados para enfrentar una situación - problema específico en algún contexto. Estos contextos pueden ser: educativo, familiar, vecinal, profesional, personal, entre otros. El desarrollo de competencias se ve favorecido por el Enfoque Socioformativo Complejo, que contempla una serie de “lineamientos que pretenden generar las condiciones pedagógicas esenciales para facilitar la formación de competencias a partir de la articulación de la educación con los procesos sociales” (Tobón, 2006).

El desarrollo de competencias se favorece con la utilización de metodologías activas de aprendizaje, en las que la enseñanza está centrada en el alumno, quien construye su propio significado de lo que aprende, que favorece el trabajo colaborativo, y donde el profesor toma un rol de guía de todo el proceso (Mora, 2008). El desarrollo de metodologías de aprendizaje activo de la Física surge del resultado de numerosas investigaciones que mostraron que la enseñanza tradicional (profesor dictando cátedra frente a una audiencia pasiva de estudiantes) favorece el aprendizaje memorístico de conceptos por parte de los estudiantes, quienes al verse enfrentados a situaciones nuevas en

las cuales deban aplicar esos conocimientos “no son capaces de aplicar los formalismos físicos aprendidos a situaciones distintas de aquellas que han memorizado expresamente” (McDermontt & Shaffer, 2001). Existen numerosas investigaciones que muestran que la implementación de metodologías de aprendizaje activo de la física mejoran los niveles de logro en cursos de física (Sokoloff & Thorton, 2004) lo que se traduce en que algunas organizaciones como la Red Latinoamericana en Física Educativa y la Federación Iberoamericana de Sociedades de Física fomenten el uso de metodologías de aprendizaje activo (Ramírez, López & Ramírez, 2013).

Asimismo, el aprendizaje debe enfatizar el contexto cultural y social en el que se desarrollan las competencias, es decir, debe ser aprendizaje situado. En este enfoque, los alumnos enfrentan situaciones-problema tomados de la vida cotidiana, y trabajan colaborativamente para resolverlos (Barkley, Cross & Major, 2007). Los estudiantes pasan a formar parte de una comunidad de aprendices con énfasis en la actividad práctica contextualizada (auténtica) y la interacción social colaborativa (Soler, 2006).

En formación inicial docente, además se recomienda utilizar situaciones que los profesores en formación enfrentarán en su futuro desempeño profesional.

Respecto a la evaluación de competencias, se requiere de evaluaciones realistas y relevantes. La evaluación auténtica es un enfoque de lo que se denomina evaluación para el aprendizaje. El aprendizaje se entiende como un proceso de creación de significado, en el cual confluye el conocimiento previo del alumno y la nueva información que los alumnos experimentan en situaciones- problema, que son enfrentadas desde lo motivacional, lo cognitivo y lo social (Monereo, Pozo & Castelló, 2001). En este contexto, la evaluación auténtica involucra la evaluación de aprendizajes multidimensionales, como

conocimientos (saber), habilidades (saber hacer), actitudes y valores (saber convivir y ser).

A nivel de formación escolar, en las Bases Curriculares para Ciencias Naturales (7º y 8º básico – 1º y 2º medio) el Ministerio de Educación (Mineduc) declara:

La educación en ciencias es una necesidad imperativa en un mundo globalizado en que la tecnología y las innovaciones han ido adquiriendo una importancia cada vez mayor. Su objetivo principal es que cada persona adquiera y desarrolle competencias que le permitan comprender el mundo natural y tecnológico para poder participar, de manera informada, en las decisiones y acciones que afectan su propio bienestar y el de la sociedad. (Mineduc, 2012a, p.142)

En este sentido, los Programas de Estudio para cada nivel educativo incorporan Objetivos de Aprendizaje para tres dimensiones: contenidos, habilidades de investigación científica y actitudes científicas. En específico, las habilidades de investigación científica se refieren tanto a pensamiento como procedimentales, y se establecen a partir del método científico y la indagación.

A nivel de formación inicial docente, el Mineduc, en el año 2012, elaboró los Estándares Orientadores para Carreras de Pedagogía en Educación Media. En este documento, se identifican “los conocimientos mínimos e imprescindibles que cada profesor o profesora debe saber en el ámbito de su disciplina y de la enseñanza de la misma, así como las competencias genéricas, disposiciones y actitudes profesionales necesarias para desempeñarse eficazmente” (Mineduc, 2012b, p.5).

Estos estándares se organizan en torno a dos categorías: los Estándares Disciplinarios para la Enseñanza (que definen las competencias específicas para enseñar la disciplina), y los Estándares Pedagógicos (que reúnen las competencias necesarias para el adecuado desarrollo del proceso de enseñanza). Los Estándares Orientadores incorporan algunas de las Competencias Genéricas de Tuning Europa-América Latina (Beneitone, Esquetine, Gozález, Marty, Siufi & Wagenaar, 2007) como parte de las habilidades profesionales básicas.

En este contexto, la necesidad de desarrollar competencias en los futuros profesionales es una necesidad transversal para cualquier tipo de programa de formación de técnicos o profesionales. El impacto de implementar innovaciones en la docencia, como por ejemplo incorporar metodologías de aprendizaje activo, o diseñar secuencias didácticas que incorporen aprendizaje situado, se evidencia en el desarrollo de competencias genéricas y disciplinares en la formación de los futuros profesionales (O'Byrne, 2002). Esta evidencia debe ser evaluada diseñando instrumentos para la evaluación formativa, sumativa y de certificación de competencias, dentro de un contexto de evaluación auténtica.

En el caso de la Pedagogía en Física y Matemática de la U. de Santiago de Chile, su plan de estudios está organizado siguiendo cinco líneas formativas (Matemática, Física, Formación Profesional, TICE e Inglés) y módulos anuales: Entorno Cercano (niveles 1 y 2); La Tierra y el Universo (niveles 3 y 4); El Mundo Microscópico (niveles 5 y 6); y El Desarrollo de la Humanidad (niveles 7 y 8).

Dentro de la línea formativa de Física, en el módulo La Tierra y el Universo, encontramos en el nivel 3 el curso obligatorio “Ciencias de la Tierra” y en el nivel 4 el curso obligatorio “Física del Universo”. Cada uno de estos cursos

contempla una carga de 4 créditos (horas docentes de trabajo dirigido) semanales cada uno. Estos dos cursos representan toda la preparación que reciben los y las estudiantes de la carrera (8 créditos).

En el Perfil de Egreso de la Pedagogía en Física y Matemática se declaran las competencias que todo egresado del programa debería desarrollar durante su formación. Específicamente se refiere a CTU la competencia n° 8: “Generar modelos, prototipos y experiencias de la vida cotidiana, de la Tierra, el Universo, el mundo microscópico y el desarrollo de la humanidad para explicar y/o aplicar las ideas fundamentales de la física a sus estudiantes.”

En este mismo sentido, el Mineduc establece a través de los Estándares Orientadores para las Carreras de Pedagogía en Enseñanza Media (Mineduc, 2012b) para “proporcionar a las Facultades y Escuelas de Educación del país orientaciones claras sobre los contenidos disciplinarios y pedagógicos que debe saber todo profesor o profesora al finalizar su formación base, para ser competente en el posterior ejercicio de su profesión”. Para el subsector de Física, los estándares se presentan organizados en torno a nueve áreas: Conocimiento científico y su aprendizaje; Movimiento y fuerza; Ondas: propiedades y fenómenos asociados; Comportamiento de fluidos; Modelos y principios termodinámicos; Campos eléctricos y magnéticos; Principios físicos a nivel atómico y subatómico; Tierra y universo, y Habilidades de pensamiento científico. Para el área Tierra y Universo, se define el Estándar 9:

Describe y comprende los aspectos principales asociados a la formación y evolución de cuerpos y estructuras cósmicas, así como la estructura y dinámica de la Tierra. (Mineduc, 2012b, p.203)

Para este estándar el Mineduc establece nueve descriptores, seis de los cuales corresponden a Universo (1, 2, 3, 7 y 8), y tres a Tierra (4, 5 y 9).

Como los contenidos relativos a Universo representan el 67% de los declarados en los Estándares Orientadores, y éstos se abordan principalmente en el curso obligatorio Física del Universo, lo que repercute en la imposibilidad de realizar un gran número de actividades para cada tema. Para enfrentar esta situación, desde el año 2012 se implementó el curso complementario “Astronomía en el Aula” (AA) que incorpora una serie de actividades para reforzar y profundizar el desarrollo de las competencias 1, 2, 3, y 8.

Revisando las competencias declaradas en los Estándares Orientadores, la séptima (Implementa procedimientos para identificar y localizar, a simple vista y por medio de instrumentos ópticos, diversos astros en el cielo nocturno) no es desarrollada por ninguno de los cursos que componen la malla curricular de la carrera. Por ello, a partir del año 2012 se implementó el curso complementario “Taller de Observación Astronómica” (TOA) que integra una serie de actividades para reforzar y profundizar el desarrollo de las competencias 3, 6 y especialmente la competencia 7.

Es por estas razones que surge la necesidad de evaluar el impacto de haber implementado los cursos complementarios AA y TOA en el desarrollo tanto de competencias declaradas en el Perfil de Egreso de la carrera, como las competencias establecidas por el Mineduc en los Estándares Orientadores (Estándar 9). En este sentido, se establece el objetivo general del presente estudio: Evaluar a modo de certificación una selección de competencias de especialidad en alumnos de la carrera de Pedagogía en Física y Matemática, que hayan aprobado dos cursos complementarios propuestos para integrar los

requisitos en la obtención de la mención en Astronomía Educativa. Los objetivos específicos son:

- Determinar el conjunto de competencias que desarrolla el profesor en formación que aprueba los cursos complementarios Astronomía en el Aula y Taller de Observación Astronómica.
- Establecer el aporte de ambos cursos complementarios al Perfil de Egreso de la Pedagogía en Física y Matemática / Licenciatura en Educación de Física y Matemática de la Universidad de Santiago de Chile.

2. METODOLOGÍA

Diseño de la Investigación: la investigación es evaluativa, en modalidad no experimental, del tipo *ex post facto*, ya que permite determinar, para dos grupos comparables de sujetos, las diferencias medibles entre ellos. Es decir, se selecciona a los sujetos en función de que posean o no una determinada característica, en este caso, que hayan o no aprobado los cursos complementarios AA y TOA (variable independiente, VI), y se mide el desarrollo de ciertas competencias específicas (variable dependiente, VD). El diseño es prospectivo, ya que se establece la VI, pero aún no se ha evaluado su posible impacto (la VD). Se debe tener presente que en una investigación *ex post facto* no se busca establecer hipótesis causales sino relacionales (Fontes de Gracia et al., 2010).

Con respecto a la evaluación de competencias, ésta involucra elementos cualitativos y cuantitativos. La evaluación de competencias busca recopilar evidencia de los logros obtenidos por el estudiante a lo largo de un proceso, y estos logros son descritos en palabras, pero a la vez son relacionados con

alguna escala numérica que represente los niveles de desarrollo de la competencia.

La evaluación de competencias se realiza a través de matrices de evaluación, las que permiten evaluar los logros del estudiante (aspecto cualitativo) y expresarlos en niveles numéricos (aspecto cuantitativo). Las evaluaciones de competencias pueden ser del tipo diagnóstica (se realiza antes del inicio del proceso), formativas (llevadas a cabo durante el proceso de desarrollo de la competencia), sumativas (llamadas también de promoción, se realizan al final del proceso) o de certificación. Estas últimas se llevan a cabo ya finalizado el proceso, generalmente para acreditar que los alumnos poseen la competencia aún cierto tiempo después de haberlas desarrollado.

Sujetos de Estudio: los sujetos de estudio fueron estudiantes matriculados de Pedagogía en Física y Matemática de la Universidad de Santiago, que cumplieran con el requisito de haber aprobado el curso obligatorio Física del Universo, y además estar en la situación de: (i) haber cursado los cursos complementarios AA y TOA, ó (ii) no haber cursado los cursos complementarios AA y TOA (estos son los dos valores posibles de la VI). Como los cursos complementarios AA y TOA se imparten una sola vez al año, desde el año 2013, el universo de alumnos que ha aprobado alguno de los dos cursos es bastante reducido (menos de 25). El número de estudiantes que en ese mismo periodo aprobaron el curso Física del Universo, sin haber aprobado los complementarios también es bajo (menos de 40). En este contexto, se invitó a una treintena de candidatos, de los cuales 14 accedieron a participar del estudio, conformando los grupos a comparar ($N = N_1 + N_2 = 14$).

El primer grupo (G_1) quedó conformado por nueve participantes ($N_1 = 9$) que cumplieran con las siguientes condiciones: haber aprobado el curso obligatorio Física del Universo, habiendo además aprobado al menos uno de los dos

cursos complementarios sobre astronomía (AA y TOA). Siete participantes habían aprobado tanto AA como TOA, y otros dos sólo habían aprobado TOA.

El segundo grupo (G_2) quedó conformado por cinco participantes ($N_2 = 5$) que cumplían con las siguientes condiciones: haber aprobado el curso obligatorio Física del Universo (en el 4to semestre de la malla de la carrera), y no haber tomado ninguno de los dos cursos complementarios sobre astronomía (AA y TOA).

Instrumento de Recogida de Datos: como el objetivo de este estudio es realizar una evaluación de certificación, la recogida de datos no contempla recolectar evidencia durante el desarrollo de la competencia por parte del alumno.

Los instrumentos elaborados para la toma de datos corresponden a dos conjuntos de procedimientos (independientes entre sí), para ser realizados por los sujetos de estudio, y sus respectivas matrices de evaluación de competencias. En estas matrices se indican las dimensiones a evaluar (aspectos o parámetros concretos), con la descripción para cuatro niveles progresivos de logro, que indican los niveles de calidad alcanzados en una cierta dimensión: logro insuficiente, logro básico, logro avanzado, y logro de excelencia.

La validez de contenido de ambos instrumentos se realizó por opinión de expertos. En el proceso participaron cuatro expertos (todos con postgrados en Educación o Astronomía), y se utilizó el método basado en el emparejamiento de los ítems (procedimientos) con el dominio (objetivos). Cada experto revisa un procedimiento, y selecciona el objetivo correspondiente desde un listado que se le proporciona. De esta forma se asegura que cada ítem del instrumento sea relevante y representativo del constructo que se pretende medir con el instrumento (Escobar & Cuervo, 2008).

En el diseño de las actividades de evaluación incorporadas en cada uno de los instrumentos, se seleccionaron y articularon cuatro competencias:

a) Correspondiente a la evaluación PISA: Explicar científicamente los fenómenos. Requiere de aplicar el conocimiento de la ciencia a determinadas situaciones. Describir o interpretar los fenómenos científicamente y predecir cambios. Identificar las descripciones, explicaciones y predicciones apropiadas (Ministerio de Educación del Perú, 2015).

b) Correspondiente al Proyecto TUNING LA: Identificar los elementos esenciales de una situación compleja, realizar las aproximaciones necesarias y construir modelos simplificados que la describan para comprender su comportamiento en otras condiciones (Beneitone et al. 2007).

c) Correspondiente al Perfil de Egreso de la carrera: Generar modelos, prototipos y experiencias de la vida cotidiana, de la Tierra, el Universo, el mundo microscópico y el desarrollo de la humanidad para explicar y/o aplicar las ideas fundamentales de la física a sus estudiantes.

d) Correspondientes a los Estándares Orientadores (Mineduc 2012b):

- Utiliza escalas de tiempo y distancia a nivel astronómico, así como los órdenes de magnitud correspondientes, para caracterizar diversos cuerpos y estructuras del universo.
- Implementa procedimientos para identificar y localizar, a simple vista y por medio de instrumentos ópticos, diversos astros en el cielo nocturno.
- Describe las principales teorías acerca de la formación de la Tierra y la Luna y, en términos generales, el proceso de formación y las principales

características de los diversos cuerpos del Sistema Solar, estableciendo relaciones de tamaño y distancia entre ellos.

El primer instrumento correspondió a un conjunto de cinco procedimientos cortos (en cuya realización el tiempo máximo estimado fue de 15 minutos cada uno) relativos a las competencias seleccionadas, basados en la revisión de la literatura especializada (Abad, Dacobo & Elipe, 2005; Heifetz & Tirion, 2008; Martínez & Williart, 2013; O'Byrne 2002; Vancleave 1999; Varela, Pérez, Ullas & Arias, 2012). Este instrumento consistió en un cuadernillo de seis hojas, la primera de las cuales solicita información personal: nombre, edad, etc., e información relacionada con aspectos académicos: año de ingreso a la carrera, año de aprobación del curso obligatorio Física del Universo, si han aprobado los cursos complementarios AA y TOA, si han aprobado otros cursos de astronomía, etc. Para cada procedimiento solicitado, se proporcionó una hoja para desarrollarlo, así como los materiales necesarios (lápices, gomas de borrar, hilo, etc.). Para la evaluación de los cinco procedimientos se elaboraron matrices de evaluación de competencias específicas, con entre tres y siete dimensiones (aspectos a evaluar), con la descripción para los mencionados cuatro niveles progresivos de logro.

A modo de ejemplo, la actividad n° 1 (P1) incluida en el primer instrumento presentó el siguiente enunciado: “Sobre la línea recta, en el extremo izquierdo se ubica el Sol y en el derecho Neptuno. Marca las posiciones del Sol, Neptuno y del resto de los planetas, sobre la línea recta, de manera que represente de la mejor manera posible el orden y las distancias medias de cada planeta al Sol en nuestro sistema solar. No olvides escribir el nombre del planeta correspondiente junto a la marca que lo representa”. Este procedimiento permite establecer si el sujeto de estudio identifica los elementos esenciales para construir un modelo a escala simplificado de las distancias entre los

planetas y el Sol. En otras palabras, el sujeto de estudio debe movilizar ciertas estrategias y recursos cognitivos para realizar este procedimiento, y las competencias involucradas en este caso son las seleccionadas del Proyecto Tuning, los Estándares Orientadores y del Perfil de Egreso.

El segundo instrumento consistió en una serie de tres procedimientos prácticos enfocados en la localización de objetos en la esfera celeste, en la instalación y en la puesta en estación de distintos tipos de telescopios de uso común a nivel aficionado (o nivel escolar en talleres de astronomía). Para cada procedimiento se establecieron tres dimensiones a evaluar, con la descripción para los mencionados cuatro niveles progresivos de logro.

En un periodo de diez días hábiles se aplicaron los instrumentos a ambos grupos. Se les citó de acuerdo a su disponibilidad horaria, por lo que en cada aplicación del primer instrumento estuvieron mezclados sujetos de ambos grupos. Durante la aplicación se les fue entregando sólo una hoja, para que desarrollaran el procedimiento solicitado en un tiempo máximo de 15 minutos, al cabo de los cuales (o una vez que ya todos los presentes hubieran terminado) se les retiraba la hoja, y se entregaba la siguiente. Para cada procedimiento se les explicó verbalmente lo que se les estaba solicitando (además las instrucciones iban impresas en cada hoja) y se respondieron todas las dudas antes y durante el desarrollo de los procedimientos. La idea era que el enunciado en sí no representara ningún obstáculo para los sujetos de estudio. Todos los materiales necesarios (reglas, lápices, hilo, tijeras, entre otros) se dispusieron en una mesa central, sin especificar cuáles servían para cierto procedimiento.

Para la aplicación del segundo instrumento, se citó a los sujetos de estudio uno por uno, de acuerdo a sus disponibilidades horarias. Los procedimientos consistieron, por una parte, en localizar objetos en el cielo nocturno (P1), por lo

cual se utilizó un simulador con quienes no pudieron asistir en horarios cercanos a la puesta de Sol (el software Stellarium seteado para este propósito). Por otra parte, se les presentaron sets con las partes y piezas de ciertos tipos de telescopios (galileano, newtoniano, catadióptrico, con montura ecuatorial o montura alt-azimutal, con y sin motor de seguimiento) y se les dejó elegir el que les resultara más familiar (P2). A continuación, debían indicar paso por paso como instalarlo, para finalmente indicar cómo realizar la puesta en estación y operarlo (dirigirlo a un objeto en la esfera celeste) (P3). Para este segundo instrumento, los procedimientos se evaluaron a través de la rúbrica respectiva en el momento mismo de la aplicación.

3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En ambos instrumentos, para cada procedimiento se utilizaron matrices de evaluación de competencias específicas para valorar el nivel de logro de cada dimensión. Esta valorización fue realizada por separado por tres integrantes del equipo de investigación. Posteriormente las valorizaciones fueron comparadas y consensuadas, para las dimensiones en las cuales se presentaron diferencias (que fueron mínimas). Finalmente, para cada procedimiento se consideró acreditada la competencia (es decir que el alumno posee la competencia) si el número de dimensiones con valoración “logro avanzado” superaba el 50%.

Los resultados para el primer instrumento se presentan en la tabla 1:

Tabla 1: Número de alumnos que logran acreditar la competencia relacionada a cada uno de los cinco procedimientos del primer instrumento.

Procedimiento	G1	G2
P1	3	0
P2	4	1
P3	7	1
P4	1	0
P5	4	0

Las dos muestras de este estudio son independientes, ya que se trata de dos grupos en los cuales los sujetos de estudio poseen una característica relevante común (haber aprobado el curso obligatorio Física del Universo) y una característica relevante excluyente (haber aprobado o no alguno de los cursos complementarios).

El estudio es transversal ya que se está evaluando a dos grupos en un mismo momento. La VD (el número de sujetos que logran acreditar el desarrollo de las competencias consideradas) es del tipo numérico, y los tamaños muestrales son pequeños ($N < 30$), por lo que se utilizó una prueba estadística no paramétrica: Chi cuadrado (χ^2) de bondad de ajuste (Pérez, Crespo, Arnaez & Hernández, 2011). La prueba χ^2 parte del supuesto que las dos variables no están relacionadas, por lo que la hipótesis de nulidad corresponde a que la probabilidad de que un estudiante acredite el logro de una competencia es igual para ambos grupos (G_1 y G_2). Es decir, la hipótesis nula establece que el acreditar el desarrollo de competencias consideradas NO se relaciona con haber aprobado los cursos complementarios AA y TOA. La hipótesis alternativa establece, por tanto, que la acreditación del desarrollo de las

competencias consideradas se relaciona con haber aprobado los cursos complementarios AA y TOA.

Se consideró un nivel de significación $\alpha \leq 0,05$ lo que representa un 95% de confianza en la conclusión de la prueba estadística de valoración escogida (χ^2). Como el estudio establece dos clases mutuamente excluyentes (G_1 y G_2), hay sólo un grado de libertad, por lo que la región de rechazo para $\alpha \leq 0,05$ queda definida por $\chi^2 \geq 3,841$. La fórmula para χ^2 esta dada por la ecuación:

$$\chi^2 = \sum \left(\frac{(f_{obs} - f_{esp})^2}{f_{esp}} \right) \quad (1)$$

Donde f_{obs} corresponde a la frecuencia observada para cada subclase (G_1 y G_2), y f_{esp} a la frecuencia esperada. Los resultados para χ^2 se muestran en la tabla 2:

Tabla 2: Resultados de la prueba de valoración χ^2 para el primer instrumento.

Procedimiento	χ^2
P1	9
P2	5,9
P3	3,6
P4	12,1
P5	7,8

Se observa que para los procedimientos P1, P2, P4 y P5, se obtuvo valores para $\chi^2 \geq 3,841$ por lo que en esos casos se rechaza la hipótesis nula. Es decir, se acepta la hipótesis alternativa de que la acreditación del desarrollo de las competencias consideradas en el primer instrumento, se relaciona con haber aprobado los cursos complementarios AA y TOA.

Para el caso del procedimiento P3, no es posible rechazar la hipótesis nula con una significación $\alpha \leq 0,05$ (a menos que se asuma el riesgo de cometer un error tipo I, o “falso positivo”). En este caso, si se considera un nivel de significación diferente, $\alpha \leq 0,10$ (es decir, con un 90% de confianza), entonces la región de rechazo para $\alpha \leq 0,10$ (con un grado de libertad) queda definida por $\chi^2 \geq 2,706$, lo que permitiría rechazar la hipótesis nula para el procedimiento P3.

Respecto a los resultados obtenidos para el segundo instrumento, estos se muestran en la tabla 3:

Tabla 3: Número de alumnos que logran acreditar la competencia relacionada a cada uno de los tres procedimientos del segundo instrumento.

Procedimiento	G₁	G₁
P1	6	0
P2	4	0
P3	5	0

De manera análoga a lo hecho para los resultados del primer instrumento, los resultados para χ^2 para el segundo instrumento se muestran en la tabla 4:

Tabla 4: Resultados de la prueba de valoración χ^2 para el segundo instrumento.

Procedimiento	χ^2
P1	6
P2	7,8
P3	6,78

De los resultados de la tabla 4 se observa que para los tres procedimientos del segundo instrumento se obtuvo valores para $\chi^2 \geq 3,841$ por lo cual se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alternativa de que la acreditación del desarrollo de las competencias consideradas en el segundo instrumento, se relaciona con haber aprobado los cursos complementarios AA y TOA.

4. CONCLUSIONES

Respecto al objetivo general del proyecto, los resultados obtenidos muestran que los instrumentos elaborados efectivamente permiten evaluar a modo de certificación una selección de competencias de especialidad sobre contenidos de universo, en alumnos de la carrera de Pedagogía en Física y Matemática. El análisis de los resultados, luego de la aplicación de los dos instrumentos elaborados indican que el grupo G_1 muestra diferencias estadísticamente significativas respecto a al grupo G_2 , en cuanto a acreditar un desempeño competente.

Para el primer instrumento, que constaba de cinco procedimientos a realizar usando papel, lápiz, regla e hilo, los resultados muestran que los alumnos del grupo G_1 tienen una mayor probabilidad de acreditar que poseen alguna de las competencias específicas seleccionadas, en comparación con los alumnos del grupo G_2 . Es importante señalar que estos cinco procedimientos se enfocaron en competencias que los sujetos de estudio de ambos grupos debían desarrollar durante el curso obligatorio Física del Universo, y los resultados muestran que sólo en dos de los cinco procedimientos los sujetos del grupo G_2 lograron acreditar el desarrollo de las competencias específicas (y sólo el 25% de los integrantes del grupo). En los otros tres procedimientos, ningún integrante del grupo G_2 logró acreditar desempeños competentes, lo que resulta preocupante y exige tomar medidas relativas a cómo reforzar el

desarrollo de competencias en el marco del curso Física del Universo. Un primer paso en este sentido lo ha constituido el diseño, articulación e implementación de situaciones de aprendizaje para Física del Universo durante el segundo semestre de 2015 (Huerta-Cancino, 2016)

Respecto al segundo instrumento, éste consistió en tres procedimientos a realizar observando el cielo nocturno a simple vista y con telescopios (lo que incluía instalarlos, alinearlos y operarlos), en otras palabras se enfocó principalmente en competencias relativas al uso de telescopios y observación del cielo, las que son efectivamente desarrolladas en el curso complementario TOA (lo que se relaciona con que los integrantes del grupo G_1 exhibieran altos niveles de logro). En cambio, los integrantes del grupo G_2 , al no tener experiencia trabajando con telescopios, obtuvieron niveles de logro bajísimos, de hecho ningún alumno del grupo G_2 logró acreditar poseer esas competencias en alguno de los tres procedimientos (ver tabla 3).

Estos resultados permiten establecer que ambos cursos complementarios (AA y TOA) contribuyen al Perfil de Egreso de la Pedagogía en Física y Matemática, ya que en la elaboración de los instrumentos para la recogida de datos se consideraron seis competencias específicas (una de la evaluación PISA, una del Proyecto Tuning LA, una del Perfil de Egreso de la carrera, y tres de los Estándares Orientadores para Profesores de Enseñanza Media del Mineduc). Sólo una de estas competencias ya estaba declarada en el Perfil de Egreso de la carrera, por lo que los cursos AA y TOA aportan cinco competencias científicas no declaradas (aún) explícitamente en el Perfil de Egreso de la Pedagogía en Física y Matemática de la Usach.

5. AGRADECIMIENTOS

Esta investigación obtuvo recursos a través de los Proyectos de Evaluación de Impacto de Innovaciones en la Docencia, organizado por la Unidad de Innovación Educativa (UNIE) de la U. de Santiago, el año 2015 (con financiamiento del Proyecto 733 USA1307). El título original del proyecto es “Evaluación del impacto en el desarrollo de competencias en alumnos de la carrera de Pedagogía en Física y Matemática de la Universidad de Santiago, por dos cursos complementarios propuestos para integrar los requisitos en la obtención de la mención en Astronomía Educativa”.

Quisiera agradecer a los catorce estudiantes que aceptaron la invitación a participar en el estudio. Al terminar su participación, cada uno recibió con mucha alegría un pequeño presente (un láser verde, para observación astronómica nocturna). Por último, quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a mis dos ayudantes de investigación por su excelente trabajo.

REFERENCIAS

Abad, A. Docobo, J., y Elipe, A. (2005). *Curso de Astronomía*. Zaragoza, España: Prensas Universitarias de Zaragoza.

Barkley, E., Cross, P., Major, C. (2007). *Técnicas de Aprendizaje colaborativo*. Madrid, España: Ediciones Morata.

Beneitone, P., Esquetine, C., Gozález, J., Marty, M., Siufi, G., y Wagenaar, R. (2007). *Informe Final - Proyecto Tuning - América Latina 2004 - 2007*. Recuperado el 25 de Agosto de 2014, de

http://tuning.unideusto.org/tuningal/index.php?option=com_docman&Itemid=191&task=view_category&catid=22&order=dmdate_published&ascdesc=DESC

Escobar-Pérez, J. y Cuervo-Martínez, A. (2008). "Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización". *Avances en Medición*, 6, pp. 27-36. Recuperado el 15 de Septiembre de 2015, de http://www.humanas.unal.edu.co/psicometria/files/7113/8574/5708/Articulo3_Juicio_de_expertos_27-36.pdf

Fontes de Gracia, S., García, C., Quintanilla, L., Rodríguez, R., Rubio de Lemus, P., y Sarriá, E. (2010). *Fundamentos de investigación en psicología*. Madrid, España: UNED.

Heifetz, M. Tirion, W. (2008). *Un paseo por las estrellas*. Madrid, España: Ediciones Akal.

Huerta-Cancino, L. (2016). Desarrollo de secuencias de Aprendizaje Activo para enfrentar las ideas previas sobre Tierra y Universo de estudiantes de Pedagogía en Física (tesis doctoral). Instituto Politécnico Nacional (Máxico).

Martínez, E., Williard, A. (2013). *Astronomía y astrofísica. Problemas resueltos*. Madrid, España: UNED.

McDermott, L. Shaffer, P. (2001). *Tutoriales para Física introductoria*. Buenos Aires, Argentina: Pearson.

Mineduc. (2012a). *Bases Curriculares Ciencias Naturales*. CPEIP. Recuperado el 20 de Diciembre de 2013, de <http://www.curriculumenlineamineduc.cl/605/w3-propertyvalue-49397.html>

Mineduc. (2012b). *Estándares orientadores para las carreras de Pedagogía en Educación Media*. CPEIP. Recuperado el 20 de Diciembre de 2013, de www.cpeip.cl/usuarios/cpeip/.../librostandaresvale/libromediafinal.pdf

Ministerio de Educación de Perú (2015) La Competencia Científica en el Marco de PISA 2015. Orientaciones didácticas. Recuperado el 14 de Octubre de 2015, de http://recursos.perueduca.pe/sec/images/competencia_ciencias_pisa_2015.pdf

Monero, C. Pozo, J., Castelló, M. (2001). “La enseñanza de estrategias de aprendizaje en el contexto escolar”. En J. Coll, J. Palacios y A. Marchesi (coords.). *Psicología de la educación escolar* (pp. 235 – 258). Madrid: Alianza Editorial.

Mora, C. (2008). *Fundamentos del aprendizaje activo de la Física*. Memorias del V Congreso Internacional Didáctica de las Ciencias y X Taller Internacional sobre la Enseñanza de la Física. La Habana, Cuba: 17-21.

O'Byrne, J. (2002). Introductory Astronomy: setting goals and measuring achievements. *UniServe Science Scholarly Inquiry Symposium Proceedings* 57-62.

Pérez, C., Crespo, T., Arnaez, I., Hernández, R. (2011). *Los diseños estadísticos en las investigaciones educativas* (curso 75). La Habana, Cuba: Educación Cubana.

Perrenoud, P. (2008). *Diez nuevas competencias para enseñar*. Barcelona, España: Editorial Graó.

Ramírez, G., López, A., Ramírez, M. (2007). "Clases demostrativas interactivas de magnetismo en el bachillerato del IPN". *Latin American Journal of Physics Education*. 1: 51-61.

Sokoloff, D. and Thornton, R. (2004). *Interactive Lecture Demonstrations. Active Learning in Introductory Physics*. John Wiley & Sons, Inc.

Soler, E. (2006). *Constructivismo, innovación y enseñanza efectiva*. Caracas, Venezuela: Editorial Equinoccio.

Tobón, S. (2006). *Formación basada en competencias*. Bogotá, Colombia: Ecoe ediciones.

Vancleave, J. (1999). *Astronomía para niños y jóvenes*. México: Editorial Limusa.

Varela, M., Pérez, U., Ulla, A. y Arias, A. (2012). "Problemáticas del proceso de enseñanza y aprendizaje de la astronomía". *Boletín das Ciencias*, 76:107-109.