

Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Escuela de Posgrado y Educación Continua



Tesis
Maestría en Didáctica de las Ciencias
Mención: Física

Concepciones sobre Gravitación Newtoniana relevadas en docentes de Ciencias de las escuelas secundarias de Casilda, y la relación con sus propuestas didácticas en la práctica áulica

Alumno: Hugo Julián Lanas

Director: Dr. Néstor Camino

Co-Director: Dr. Roberto Aquilano

Octubre 2023

Versión post evaluación: Abril 2024

At la memoria de mis Viejos

Dominga y Julián

Por ellos soy docente...

Resumen

El tratamiento didáctico de la Gravitación Newtoniana, en el contexto de las disciplinas escolares de ciencias en la escuela secundaria, merece un análisis y reflexión de su desarrollo e impacto en el aula. Por esto, se decidió relevar las concepciones sobre Gravitación Newtoniana en profesores de ciencias que ejercen en las escuelas secundarias de la ciudad de Casilda. Se consideraron profesores de ciencias aquellos que ejercían en los espacios curriculares: Biología, Física, Química, Físico-Química y Geografía.

¿Cómo se relacionan las concepciones sobre Gravitación Newtoniana, relevadas en los docentes de ciencias de las escuelas secundarias de Casilda, con el desarrollo de las propuestas didácticas que proponen a los estudiantes, durante sus prácticas áulicas?

Consecuentemente, se consideró oportuno realizar una investigación de tipo cualitativa, descriptiva y exploratoria; aplicando 2 tipos de instrumentos para la toma de datos: cuestionario y entrevistas. La muestra seleccionada se formó con 34 docentes de ciencias (61,8% del total de profesores de ciencias en las escuelas secundarias de Casilda).

La descripción y análisis de los datos obtenidos se realizó bajo el paraguas teórico ofrecido por: la epistemología de Thomas Kuhn; la Teoría del Aprendizaje Significativo de David Ausubel; la Transposición Didáctica de Yves Chevallard y la Teoría de los Campos Conceptuales de Gerard Vergnaud. En cuanto a la Gravitación Newtoniana (basado en los desarrollos de autores como Tipler-Mosca, Alonso-Finn, Paul Hewit, etc.) se decidió indagar acerca de la presencia del concepto de campo gravitatorio, aunque éste resulte posterior al de acción a distancia, propio de la teoría newtoniana.

Se pudo determinar que: la concepción sobre Gravitación Newtoniana, manifestada por los docentes de ciencias de las escuelas secundarias de la ciudad de Casilda, está reducida a la idea de fuerza gravitatoria entre cuerpos y lo hacen explícito a través de la mención peso de un cuerpo en el contexto del planeta Tierra. Así mismo, ninguno de los docentes ha reconocido a la Gravitación Newtoniana como un paradigma que sirve para dar cuenta de la descripción y explicación de fenómenos gravitatorios; que no son solo objetos didácticos para la enseñanza de la Física, sino que también tienen mucho para decir en las demás disciplinas escolares de ciencias. Esta concepción puede influir fuertemente en la elección de las acciones didácticas llevadas al aula. En este caso, se reducen a situaciones de caídas de objetos hacia la Tierra y, la gravedad se explicita como aceleración. Para los docentes de ciencias de las escuelas secundarias de Casilda resulta didácticamente relevante el reconocimiento de la diferencia entre peso y masa.

Palabras claves: Gravitación Newtoniana, Aprendizaje Significativo, Nivel Secundario, Docentes de Ciencias.

ÍNDICE DE CAPÍTULOS

TEMAS	NRO. PÁGINA
RESUMEN	003
AGRADECIMIENTOS	005
Capítulo I: INTRODUCCIÓN	006
Capítulo II: FUNDAMENTACIÓN	013
Capítulo III: MARCO TEÓRICO	023
Capítulo IV: ESTADO DEL ARTE y PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA	047
Capítulo V: METODOLOGÍA	061
Capítulo VI: RESULTADOS y ANÁLISIS	077
Capítulo VII: CONCLUSIONES FINALES y PROPUESTA	107
BIBLIOGRAFÍA	121
ANEXOS	124

AGRADECIMIENTOS

Resulta trascendente y necesario decir **GRACIAS...** a:

- ✓ **Dr. Néstor Camino y Dr. Roberto Aquilano;** *mis Directores, por la calidad académica, por el apoyo incondicional, por el cuidado y respeto en el trato, por la humanidad y la humildad...*
- ✓ **Dra. Marta Massa y Dra. Patricia Sánchez;** *porque desde hace muchos años me permitieron ingresar al mundo de la Didáctica de la Física...*
- ✓ **Dra. Marta Yanitelli;** *mi tutora en esta última etapa, por el aliento constante para finalizar la tesis...*
- ✓ **Dr. Miguel Lara e Ing. Alberto Shocron;** *porque me abrieron las puertas de la docencia universitaria...*
- ✓ **Dra. Mariela Corti;** *porque entre observaciones de eclipses y charlas de Ciencias, me ayudó a construir una visión más amigable de la enseñanza...*
- ✓ **Prof. Griselda Sozzi;** *porque es la imagen necesaria para ser un “buen docente”, por su compañía y apoyo incondicional...*
- ✓ **Sandra, Estefanía, Lisandro, Santiago;** *mis “cuatro amores” y sus familias, que me toleran, me contienen y sin los cuales nada sería posible...*
- ✓ **Ma. Rosa;** *hermana necesaria y su familia porque me escuchan, me comprenden y siempre se encuentran...*
- ✓ **Bautista, Lucio y Joaquín;** *porque desde que llegaron a mi Vida todo es distinto, porque con solo una mirada me cambian los días al ser mis NIETOS...*

*La naturaleza y sus leyes yacían en
la noche. Dios dijo:*

“¡Sea Newton!” y todo se hizo luz.

Alexander Pope (1688-1744)

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

I.1. Introducción General.

Se dio comienzo al cursado de la Maestría en Didáctica de las Ciencias Experimentales, intentando un nuevo trayecto académico en la formación profesional, con la convicción de rever y procurar mejorar la propia práctica áulica diaria. Con igual sentido, existió la intención de saldar una deuda en la trayectoria profesional, incursionando en el ámbito de la investigación en Didáctica de las Ciencias. Por eso, al finalizar esta carrera de posgrado con la presentación de esta tesis, se asume el compromiso de formar parte de una comunidad que crece en cantidad y calidad en nuestro país en particular, y en todo el mundo en general. Según Meinardi (2010), la comunidad de profesionales en Didáctica de las Ciencias produce conocimientos para la mejora de la enseñanza de las disciplinas científicas escolares, con la intención de enriquecer el currículum de ciencias en todos los niveles de la educación formal y, además proponer una educación científica popular. En la mayoría de los países de Europa, en América y por supuesto en Argentina se ha observado una disminución en la cantidad de jóvenes que continúan estudios terciarios y/o universitarios relacionados con las Ciencias Exactas y Naturales. Esto obedece a múltiples factores, uno de los cuales (y sobre el que pueden incidir los docentes) es el relacionado con el currículum de ciencias abordado en la educación secundaria. El contenido del currículum, y la forma cómo se ejecuta, impacta negativamente en la elección de los jóvenes en continuar estudios relacionados con las ciencias experimentales, como tampoco es propicio para lograr una alfabetización científica acorde al siglo XXI.

“Este fenómeno ha sido atribuido a una variedad de factores que incluyen la pobre imagen de la actividad científica en términos de su impacto social y ambiental, la percepción de que se trata de disciplinas muy difíciles...” (Baraldo, en Meinardi et al., 2010).

Nuestro país, desde la instauración de la democracia en 1983, ha dado vigencia a distintas leyes de educación que fueron produciendo cambios (muchas veces sin haberse realizado una evaluación profunda de los resultados) en las políticas educativas y los diseños curriculares de cada nivel. En la actualidad se encuentra en vigencia la Ley Nacional de Educación N° 26206 y la provincia de Santa Fe implementó, desde el año 2013, el Diseño Curricular Jurisdiccional para la Educación Secundaria.

Más allá de eso, el currículum de la educación inicial y primaria, históricamente, ha estado más enfocado a la alfabetización de la lectoescritura y del sistema de numeración decimal (y las operaciones aritméticas tradicionales), que al tratamiento de conceptos, ideas y procedimientos de las Ciencias Naturales. Este panorama se ha mantenido y acentuado en la educación secundaria a través de una carga horaria muy diferente para los espacios curriculares de Matemática y de Lengua en detrimento de la asignación realizada a las asignaturas de las Ciencias Naturales (Biología, Física, Química, Físico-Química, Astronomía, Ciencias de la Tierra).

Por otro lado, la estructura de la organización escolar en la escuela secundaria actual, con espacios curriculares parcelados en espacio y tiempo, obstruye la posibilidad del trabajo escolar inter y trans-disciplinario que, se puede suponer, permitiría una mayor aproximación a la forma de abordaje de los problemas socio-científicos que llevan adelante las instituciones que hacen ciencia. Muchos referentes de la pedagogía se han ocupado y tratado esas problemáticas, como Gorostiaga, Kravetz, Tiramonti, Terigi, entre otros.

La decisión de trabajar sobre Gravitación Newtoniana respondió a que el currículum escolar de Física se construye sobre la base del paradigma newtoniano (Diseño Curricular Jurisdiccional de Santa Fe, 2013). Además, la gravedad, al ser una interacción fundamental de la naturaleza, puede y debe abordarse, no exclusivamente en el espacio curricular Física, sino también en (y desde) otros espacios curriculares relacionados con las Ciencias Naturales (Biología, Química, Físico-Química) e incluso desde la Geografía. Por lo tanto, este proceso de investigación tuvo por objeto indagar qué concepciones acerca de Gravitación Newtoniana tienen, y/o manifiestan, los profesores de ciencias (Biología, Física, Química, Físico-Química y Geografía) que se desempeñan en las escuelas secundarias de la ciudad de Casilda y, cómo estas concepciones pueden influir en la elección de las propuestas didácticas que llevan al aula. Quizás aparezcan distintos conceptos e interpretaciones que los profesores de ciencias utilizan en el tratamiento (explícito o implícito) de la Gravitación Newtoniana; como por ejemplo: masa, fuerza, aceleración, aceleración de la gravedad, peso, fuerza gravitatoria, interacción, gravedad, acción a distancia, etc.

El trabajo de campo necesario, para la toma de datos, fue realizado en el ámbito de las escuelas secundarias de la ciudad de Casilda. En acuerdo con los propósitos, y alcances de esta tesis, fue necesario llevar adelante una investigación de tipo **cualitativa, descriptiva y exploratoria**. Las acciones del trabajo de campo fueron desarrolladas entre los años 2018 y 2022, y se describieron en el capítulo correspondiente a la Metodología.

El contenido de esta tesis se ha estructurado en formato de capítulos, en los que se ha desarrollado, y puesto en evidencia, el proceso llevado a cabo.

Capítulo I: Introducción general de la tesis y motivaciones que condujeron a la elección del tema Gravitación Newtoniana como eje de la investigación.

Capítulo II: Fundamentación; desde lo epistemológico, desde lo didáctico y desde lo metodológico.

Capítulo III: Marco teórico que permitió describir y explicar un conjunto de conceptos sobre los temas centrales de la investigación. Así mismo, en este capítulo se comentó acerca de la estructura y característica del Diseño Curricular Jurisdiccional vigente en las escuelas de educación secundaria de la Provincia de Santa Fe.

Capítulo IV : Estado del Arte, comentando resultados de otros trabajos con temas relacionados al abordado en esta tesis. Objetivos generales y específicos de la investigación. Enunciado del problema de investigación y algunas preguntas que guiaron el proceso y buscaron ser clarificadas durante el mismo. Exposición de la hipótesis de la investigación.

Capítulo V: Metodología utilizada e instrumentos aplicados en el trabajo de campo y la justificación de su elección y utilización.

Capítulo VI: Presentación de los resultados obtenidos con un análisis profundo y crítico acerca de los mismos.

Capítulo VII: Conclusiones finales del trabajo y propuesta de abordaje del tema tratado para todas las disciplinas de ciencia consideradas, de manera que permitirá una construcción significativa, acerca de la Gravitación Newtoniana, en los profesores de ciencias.

I.2. Motivaciones.

Con más de 35 años de ejercicio en la docencia, específicamente en la enseñanza de la Física en los niveles secundario, terciario de formación docente y universitario, se asumió un compromiso activo con el objeto de lograr una educación científica de calidad que alcance a todos (niños, adolescentes, jóvenes y adultos). Desde los inicios de la carrera docente, ha existido manifiesto interés por el análisis de las estrategias y las metodologías empleadas en la enseñanza de las disciplinas de las Ciencias Naturales (especialmente la enseñanza de la Física), particularmente en el nivel secundario. Trabajar en torno a ellas, hizo posible revisar la propia práctica y tomar decisiones tendientes al mejoramiento en la enseñanza de esos espacios curriculares.

Especial interés ha tenido, y también cierta necesidad de conocer para poder comprender; por qué siendo la interacción gravitatoria una de las más evidentes en todo el Universo (incluyendo el mundo celular y molecular, como también las grandes estructuras del cosmos) se evidencia muy poca presencia en la enseñanza de la ciencia escolar en el nivel secundario. ¿Puede un profesor de Biología, Química, incluso Geografía; prescindir de la interacción gravitatoria para describir y explicar algunos (muchos) fenómenos de importancia de esas disciplinas? ¿Por qué, algunos profesores de Física, hacen referencia al campo eléctrico (en temas de electrostática), y nunca (o muy pocas veces) han incorporado el campo gravitatorio?

Sin dudas, la Mecánica Newtoniana está presente en todos los diseños curriculares (independientemente de las reformas) de la escuela secundaria. Si bien este tema es específico en la enseñanza de la Física (como disciplina escolar), es reconocido que puede describir y explicar una gran variedad de fenómenos que se estudian en otras asignaturas como Biología, Química y Geografía. Aunque la enseñanza de la Astronomía no aparece prescrita en el diseño curricular de la provincia de Santa Fe, se acepta que en el desarrollo de las disciplinas escolares mencionadas se tratan algunos temas que le son propios: movimientos del planeta Tierra, producción de mareas, sucesión de las estaciones, movimientos de los planetas del sistema solar, etc.

Desde la formación de base como Profesor de Matemática, Física y Cosmografía, pasando por muchas instancias de capacitación y especialización, hasta generar un interés especial por encontrar una íntima relación (casi de pasión) entre la Física y la Astronomía; es que la Gravitación Newtoniana se presentó como una de las cuestiones centrales a trabajar en armonía con las ideas esgrimidas.

Es conveniente que la tarea docente ayude a los estudiantes (aunque antes se deben apropiarse los profesores y maestros) a construir una visión propia del mundo, en este caso de la Naturaleza. Las visiones (imágenes, procesos, etc.) que cada uno de los docentes tienen de ese mundo natural, en muchos casos expuestas con gran entusiasmo y seguridad para describir y explicar los fenómenos naturales, son determinantes para la toma de decisiones en cuanto a las situaciones didácticas elegidas.

Debido que la tesis tiene su génesis en un objeto de conocimiento de las Ciencias Naturales, es pertinente acordar algunas ideas movilizadoras de qué se entiende por Ciencia y, de esa manera ser consecuente con su enseñanza:

“La ciencia es, sin dudas, uno de los modos más sofisticados y potentes que la humanidad ha desarrollado para comprender y modificar el mundo. La ciencia es parte de la compleja trama de nuestra sociedad y, como tal, influye sobre y es influida por los demás componentes de esa trama. Es una actividad hecha por hombres y mujeres que persiguen ciertos fines, algunos personales y otros institucionales o sociales; fines que corresponden a ciertos valores y que condicionan, en alguna medida, los modos y los resultados de la investigación científica.” (González Galli, en Meinardi et al., 2010).

En resumen, la ciencia se reconoce como una actividad humana, contextualizada en una cultura, en un espacio y en un tiempo.

El proceso de adquisición de saberes de las ciencias naturales, en las instituciones educativas, está dirigido a la apropiación de los contenidos curriculares por parte de los alumnos. *“Al respecto Margarita Poggi (1996), plantea: caracterizamos al aprendizaje escolar como un aprendizaje específico (1) que implica descontextualizaciones (2) y recontextualizaciones (3), que aparece como despersonalizado (4), ahistórico (5) y fragmentado (6), que supone una asincronía entre el tiempo didáctico (7) y su tiempo propio, que pone en juego la dialéctica: viejo-nuevo (8), que implica rupturas y conflictos cognitivos (9) (...).” (Ministerio de Cultura y Educación de la República Argentina, 1998).*

El desarrollo de los espacios curriculares de las ciencias naturales intenta generar en los docentes y estudiantes; a través de la observación de los fenómenos, de la descripción de los mismos y del intento de explicación; la construcción de una visión (fundamentada y adaptada) del mundo que nos rodea. A través de estos espacios, los jóvenes que transitan por la escolaridad formal pueden adquirir competencias intelectuales como: abstracción, argumentación, descripción, explicación, etc., que les pueda permitir acrecentar sus posibilidades de enfrentar un mundo exterior a la escuela cada vez de mayor complejidad.

Otra de las motivaciones que ha guiado la elección del tema en particular, y de la tesis en general; fue que los estudiantes, sin distinción de los niveles del sistema educativo al que pertenecen, parecen aceptar (sin poner en duda) lo expuesto por el docente o; lo explicitado en los libros de texto. Lo adoptan como verdad revelada y, como referenciado al comportamiento real de la naturaleza. No reconocen que lo que se presenta en los libros y en el discurso académico del profesor, es un modelo inventado para dar respuesta a las preguntas que alguien se hizo sobre el funcionamiento de un fenómeno y cómo éste interactúa con el mundo real. Por lo tanto, no logran visualizar que los modelos usados (y transformados por el docente) para la enseñanza de las disciplinas científicas no son la realidad y que los mismos son provisorios y están contextualizados. Los alumnos construyen esta visión de ciencia por la acción didáctica de los docentes, que a su vez fueron formados en esa corriente de pensamiento.

En el último tiempo (Driver, 1986; Watts, 1985; Nussnovitz, 1981; y otros; mencionados por Massa, 2015) la investigación en Didáctica de las Ciencias ha producido mucho material acerca de las ideas previas, pre-concepciones, conocimiento ingenuo, etc., de niños, adolescentes, jóvenes y adultos acerca de cómo funciona la naturaleza. Así como los estudiantes van construyendo y estructurando conocimientos sobre los fenómenos naturales (ya sea a través de la experiencia por el contacto con el mundo físico o de lo aprendido en su paso por la educación formal); también ocurre con los docentes, fuertemente influenciados por su formación de grado y por los libros de texto que seleccionan para elaborar sus clases. Seguramente, a través de la lectura de este trabajo de tesis, se podrán encontrar vivencias de experiencias docentes que permitan dar luz de las concepciones sobre Gravitación Newtoniana, íntimamente ligadas a las formas de enseñanza de las Ciencias Naturales.

*“Lo que sabemos es una gota
de agua; lo que ignoramos es
el océano...”*

Isaac Newton (1642-1727)

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

Resultó de importancia el encuadre epistemológico y didáctico, a efectos de dar cuenta sobre el qué y el porqué de las ideas y conceptos que, en torno a la Gravitación Newtoniana, han construido y por lo tanto expusieron los docentes de ciencias de las escuelas secundarias de Casilda.

Se entiende por **docentes de ciencias** a los profesores que ejercían (al tiempo de la investigación) los espacios curriculares de la educación secundaria: Biología, Físico-Química, Química, Física y Geografía.

Así mismo, al decir conocimiento científico en lo que sigue, es en referencia al producido por las Ciencias Naturales (Biología, Física, Química, etc.). Se consideró la inclusión de la Geografía en este grupo de ciencias ya que la interacción gravitatoria; que puede describirse, explicarse y formularse bajo el paradigma de la Gravitación Newtoniana; debiera hacerse visible en el desarrollo de muchos temas de esa disciplina escolar, especialmente los relacionados con Geología y Astronomía.

II.1. Fundamentación Epistemológica.

Se entiende la Epistemología como el *“estudio de las condiciones de producción y validación del conocimiento científico.”* (Klimovsky, 1994).

Según Diez y Moulines (1999), presenta una reflexión de segundo orden o metaciencia. Se puede decir que la ciencia se construye desde los contextos de descubrimiento, justificación y aplicación. Esta imagen de cómo se hace ciencia puede ser enriquecida incluyendo otros contextos que permitan analizar (según Echeverría, 1998) la relación entre la ciencia y los valores. En la actualidad, no se puede fijar una demarcación clara entre ciencia y tecnología; por lo que se puede reconocer en términos de interdisciplina, como tecnociencia.

“Podemos distinguir así cuatro contextos de la actividad tecnocientífica: el contexto de educación (enseñanza y difusión de la ciencia), el contexto de innovación, el contexto de valoración y el contexto de aplicación.” (González Galli, en Meinardi et al., 2010).

La producción de conocimiento científico está estrechamente ligada, no solo a las maneras de producción de ese conocimiento sino también al contexto geográfico, histórico y sociopolítico correspondiente a los lugares, tiempos y sociedades en los que se produce. No es menor entonces, la mención y reconocimiento al contexto de educación que lleva el quehacer de la ciencia a las aulas dentro de un sistema formal de educación promoviendo una construcción social del conocimiento científico.

“La preocupación que se ha manifestado en la enseñanza de las Ciencias Naturales, ha provocado numerosas investigaciones orientadas a detectar problemas y proponer estrategias educativas que los puedan resolver. Numerosos trabajos han señalado que los resultados de esas investigaciones no han llegado al aula.” (Moreira, 2004; mencionado por de la Fuente et al).

En general, los docentes de ciencias que se desempeñan en las escuelas secundarias han tenido, en su formación de grado, una escasa mirada epistemológica y, en consecuencia, han construido una visión clásica de la ciencia sustentada en el Positivismo Lógico, suponiendo que esta: (según Adúriz-Bravo, 1999-2000)

- ✓ señala cómo son los hechos (dice lo real);
- ✓ la observación es neutral y objetiva;
- ✓ existe **un** método científico;
- ✓ las teorías científicas pueden ser comprobadas;
- ✓ la ciencia progresa linealmente porque un nuevo conocimiento es superior a uno anterior;
- ✓ los científicos son grandes racionalistas que descubren nuevos conocimientos solo por curiosidad; etc.

La temática de este trabajo ha sido referida, como ya fue dicho, a un tema abordado en las Ciencias Naturales, la que es entendida como un área del conocimiento constituida por un grupo de disciplinas que buscan describir, modelizar, comprender y predecir los fenómenos y procesos relacionados con el mundo natural; tarea que se desarrolla en forma satisfactoria sólo desde una integración de las distintas visiones aportadas por cada disciplina (Física, Química, Biología, etc.), incluyendo la Geografía desde un tratamiento físico.

Durante el cursado de la Maestría en Didáctica de las Ciencias Experimentales (FCEIA-UNR); se han tratado diferentes autores y referentes del área (Adúriz-Bravo, Moreira, Peme-Aranega, Massa, etc.). Las ciencias naturales se clasifican como **fácticas** porque comparten un objeto de estudio general constituido por procesos y fenómenos del mundo natural. La construcción de conocimiento se realiza con el desarrollo de modelos, que son versiones simplificadas de los objetos o procesos bajo estudio; los que pueden ser descriptivos o explicativos. Cuando se crea un modelo se decide qué aspectos del objeto o procesos se dejan de lado por irrelevantes y, además deben tener poder predictivo reconociendo que tienen ciertas limitaciones.

La actividad científica es un continuo proceso de construcción y puesta a prueba de estos modelos, inventados para dar respuesta a las múltiples preguntas que la humanidad se hizo (se hace) sobre su funcionamiento y sobre la interacción con el mundo real. Por esto, los modelos científicos son provisorios y contextualizados histórica y culturalmente; no hay modelos de validez única, a-histórica, a-cultural y para siempre. Esto evidencia que, al contrario de lo sostenido por el Positivismo Lógico, no existe un único método científico. Actualmente, la concepción sobre cómo se construye el conocimiento es más rica y diversa, aunque mucho más compleja. La búsqueda de la adecuación de los modelos construidos con aquello que se experimenta del mundo natural se da a través de la contrastación experimental.

Justamente, la Teoría de la Gravitación Universal y, en definitiva, toda la Mecánica Newtoniana fue construida en el siglo XVII y fue validada por una serie innumerable de evidencias observacionales que pudieron describirse y explicarse con ese modelo. Sin embargo, existieron otras observaciones (como por ejemplo el corrimiento del perihelio de Mercurio) cuyos resultados no pudieron ser explicados utilizando el modelo newtoniano y hubo necesidad de construir nuevas teorías científicas (Teoría de la Relatividad General); o bien, para colocar en órbita satélites artificiales que permiten utilizar el sistema de posicionamiento global (GPS) pudo usarse la mecánica newtoniana, teniendo que realizar correcciones para su correcto funcionamiento propuestas por otra teoría: la Teoría de la Relatividad Especial y General de Einstein. Esto no conduce a que la Mecánica Newtoniana sea incorrecta, sino que obedece a que ese modelo tiene un límite de validez para su aplicación.

Es interesante analizar esta cuestión a través de la corriente epistemológica creada por Thomas Kuhn (1922-1996) a partir de la aparición de su libro, en 1962, La Estructura de las Revoluciones Científicas. No fue pretensión realizar un tratado sobre esta teoría epistemológica, pero resulta oportuno hacer un breve comentario, ya que el concepto de **paradigma** creado en ella es apropiado para poder analizar las concepciones relevadas en los docentes de ciencias sobre Gravitación Newtoniana. A través de su libro, Kuhn pasó de una epistemología tradicional a otra más relacionada con la historia de la ciencia y a una visión más sociológica. Uno de los rasgos que caracterizan la teoría kuhniana es la importancia atribuida al carácter revolucionario del progreso científico, en el que una revolución supone el abandono de una estructura teórica y el reemplazo por otra, inconmensurable con la anterior.

Estas estructuras teóricas se denominan **paradigmas**. Una forma abreviada de la idea de Thomas Kuhn sobre el progreso científico es la siguiente:

Pre-Ciencia → Ciencia Normal → Anomalías → Crisis → Revolución → Ciencia Normal (nueva).

La pre-ciencia se caracteriza por el total desacuerdo y el constante debate acerca de lo fundamental; de forma que si bien se trabaja científicamente, no se lo hace con un paradigma en común, ni con un acuerdo explícito común. La actividad científica normal es percibida por Kuhn como una acumulación de enigmas y soluciones. El desarrollo de una ciencia consiste en una sucesión de períodos de tradiciones conectados a través de rupturas (revoluciones científicas). El progreso solo se da si, a través de las revoluciones, ante la competencia de (por lo menos) dos paradigmas, uno de ellos obtiene la aceptación de la comunidad científica.

Durante el período de ciencia normal la comunidad científica reconoce, por un cierto tiempo el paradigma vigente como fundamento para los conocimientos científicos desarrollados. La mera existencia de problemas sin resolver (anomalías) dentro de un paradigma, no constituye una crisis. Una anomalía es grave cuando afecta a los fundamentos básicos del paradigma y es difícil de eliminar por la comunidad científica durante el período de ciencia normal. El número creciente de anomalías importantes indica el comienzo de una crisis, comenzando un período de inseguridad profesional.

Las revoluciones científicas se consideran como aquellos episodios de desarrollo (no acumulativo) en que un antiguo paradigma es reemplazado completamente o en parte, por otro nuevo e incompatible (inconmensurabilidad de paradigmas). Este momento de cambio, previo a toda revolución, va siempre acompañado de dudas y; desde esos paradigmas enfrentados, sus referentes tratan de defenderlos. Las diferencias entre paradigmas sucesivos no sólo son necesarias, sino también irreconciliables. La función del paradigma es la de decir a los científicos qué entidades (conceptos, leyes, teorías, modelos) contiene y no contiene la naturaleza de la ciencia y cómo se comportan esas entidades. Al estar en un paradigma, el científico adquiere al mismo tiempo teorías, métodos, normas, modelos; casi siempre en una mezcla inseparable.

La teoría epistemológica de Kuhn no es concebida para la producción de conocimiento sobre los procesos de enseñanza y de aprendizaje, sin embargo, muchos referentes de la Didáctica de las Ciencias han hecho mención a las ideas kuhnianas.

En este sentido se ha asumido a la Mecánica Newtoniana en general, y a la Gravitación Newtoniana en particular, como **teorías cuyos modelos están sostenidos (por y en) ese paradigma**. Por lo tanto, el análisis de las respuestas que dieron los docentes al cuestionario y, lo que dijeron en las entrevistas fue analizado desde esa visión.

II.2. Fundamentación didáctica.

Desde los inicios de la investigación se pensó tener impacto sobre los procesos de enseñanza y de aprendizaje en las disciplinas escolares de las Ciencias Naturales en general y, en el conocimiento de las concepciones sobre Gravitación Newtoniana en particular; siendo necesario establecer algunas posturas en torno a lo considerado desde la Didáctica de las Ciencias.

Aprendizaje Significativo.

Las ideas que los docentes explicitaron, en particular sobre Gravitación Newtoniana (tema que ha sido objeto de amplias y variadas investigaciones), tienen relación directa (y en muchos casos son coincidentes) con las ideas previas que también explicitan los estudiantes. Estas ideas (a pesar de la formación académica transcurrida) son muy difíciles de modificar, son resistentes al cambio conceptual, y perturban la forma en que se plantea el desarrollo de la disciplina; influyendo fuertemente en la forma de observar, describir y explicar los fenómenos que se pretenden enseñar.

Las estrategias y secuencias didácticas utilizadas por los docentes deberían tender al **aprendizaje significativo**, concepto acuñado por David Ausubel (1918-2008) para distinguirlo del repetitivo o memorístico. Afirma que tanto si se dé por recepción o por descubrimiento, el aprendizaje puede llegar a ser significativo cuando los nuevos conocimientos se van incorporando a la estructura cognitiva del estudiante, de manera sustantiva y no arbitraria.

Quiere decir que el nuevo conocimiento deberá reunir determinadas condiciones entre las cuales es importante señalar la existencia de algún tipo de relación con lo que ya conoce el estudiante, o sea, sus conocimientos previos. Sin embargo, esto no basta; la significatividad de un aprendizaje también viene ligada a la disposición del alumno para realizar un esfuerzo en el proceso de aprender.

“Aprender significativamente supone la posibilidad de atribuir significado a lo que se debe aprender a partir de lo que ya se conoce. Este proceso desemboca en la realización de aprendizajes que pueden ser efectivamente integrados en la estructura cognitiva de la persona que aprende, con lo que se asegura su memorización comprensiva y su funcionalidad.” (Coll, 1991).

En términos de enseñanza, es importante que la propuesta que realiza el docente tome en cuenta ciertos recaudos tales como respetar la significatividad del contenido tanto lógicamente como psicológicamente.

Al hablar de **significatividad lógica** se hace referencia a la estructura interna del contenido. El mismo deberá ser coherente, visualizado como interesante y con posibilidades de aplicación. Además, quien presenta el contenido (el docente) deberá hacerlo (para sus estudiantes) de manera clara y organizada, destacando los aspectos claves y su relación ordenada con otros contenidos que son complementarios. Asimilar una información nueva puede ser muy difícil si es ambigua, si no se sigue un orden, o si se dan detalles o datos descontextualizados. Siguiendo este razonamiento es importante destacar que el interés (del estudiante) es una condición que se debe crear.

La **significatividad psicológica** del contenido debe estar vinculada a la necesaria adecuación del mismo al nivel de desarrollo del alumno como así también a sus conocimientos previos e intereses. Es importante indicar que, sólo el interés no determina el aprendizaje de contenidos demasiados complejos. Aunque la significatividad psicológica se basa en el alumno también está necesariamente relacionada con el profesor.

“Los docentes deben poder generar situaciones donde se pongan en acto los conocimientos previos de manera tal que éstos piensen en sus ideas y sean conscientes de ellas.” (Ministerio de Educación, 1998).

Las ideas inclusoras (de carácter general) permiten tender un puente cognitivo entre los nuevos conceptos y los ya existentes. Ese puente es lo que en la propuesta didáctica se puede representar como organizador previo, recurso utilizado en la enseñanza para presentar un nuevo tema. El aprendizaje significativo puede ser guardado en la memoria a largo plazo y puede ser activado y aplicado a nuevas situaciones. A esta particularidad se la denomina funcionalidad de los aprendizajes. La memorización comprensiva además del recuerdo de lo aprendido supone, sobre todo, disponer del conocimiento para seguir aprendiendo. La significatividad sólo es posible si se relacionan los nuevos conocimientos con los que ya posee el sujeto. En este sentido, David Ausubel (en 1968) enunció lo que se puede considerar un postulado: *“Si tuviese que reducir toda la Psicología Educativa en un solo principio, enunciaría éste: el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe... averígüese esto y enséñese en consecuencia.”*

El propósito de la enseñanza de las ciencias en la educación secundaria es lograr que los estudiantes observen, analicen e interpreten lo que sucede a su alrededor, tendiendo a la construcción de aprendizajes significativos respecto de los objetos, los fenómenos y los métodos propios de estas ciencias.

“Nos referimos a la construcción social del conocimiento científico, es decir, a la manera en que la humanidad, a través de la actividad científica, construye un cuerpo de conocimientos. Por otro lado, nos referimos a la tarea individual que cada alumno realiza para incorporar los nuevos conocimientos a su esquema de saberes previos. Estas dos actividades comprenden procesos cognitivos y sociales muy distintos. La diferencia más significativa es que la comunidad científica genera nuevo conocimiento en las fronteras de lo que se conoce, mientras que en el aula los alumnos construyen conceptos que, si bien son nuevos para ellos, han sido previamente validados por la ciencia.” (Gellon, 2011).

Esa construcción social del conocimiento científico en el aula (ciencia escolar) es responsabilidad del docente de ciencia y, su planteo y desarrollo dependerá de las propias ideas del conocimiento científico que éste ha podido construir en su formación. El diseño curricular vigente prescribe una visión de ciencia a través de la propuesta de ejes temáticos, secuenciados lógicamente y psicológicamente, elegidos con la intención de promover el pensamiento crítico y la formación de ciudadanos libres que puedan tomar decisiones acerca de problemas en temáticas socio-científicas.

Los docentes de ciencias utilizan libros de textos que exponen (con diferentes visiones) modelos consensuados por la comunidad científica y, que creen conveniente deben formar parte del acervo cultural de una comunidad social. El docente debe ser crítico al momento de la elección de la bibliografía a utilizar porque en ella se visibiliza una idea de ciencia que luego se traduce implícita o explícitamente a través de las situaciones didácticas que él crea y lleva a la práctica. Se puede afirmar, en acuerdo con Marta Massa (2011), que el libro de texto *“actúa como estímulo para provocar situaciones de aprendizaje mediante la información que suministra, la organización de la misma, las cuestiones que plantea, los modelos sugeridos, las propuestas de actividades.”*

Es de destacar, además, la autoridad que representan estos textos en la escuela secundaria, de modo que en general se adoptan como fuentes de saber y se aceptan sin discusión los conceptos allí definidos y desarrollados.

Las ideas de ciencia que tiene el docente en general y, en particular las ideas sobre Gravitación Newtoniana; impactan en la elección de las situaciones didácticas que va a diseñar con la intencionalidad de provocar (en los estudiantes) un conflicto conceptual. De esta manera, el profesor supone el reemplazo, en la estructura mental de los estudiantes, de las ideas previas pre-científicas por las nuevas ideas consensuadas en un modelo de ciencia escolar que construya una visión más apropiada acerca de cómo ocurren los fenómenos naturales.

La enseñanza de las ciencias en la escuela secundaria obedece, actualmente, a la formación de un ciudadano libre, crítico, que sea capaz de tomar decisiones que mejoren su calidad de vida y la de su entorno. Agustín Adúriz-Bravo sostiene que enseñar ciencias en el siglo XXI es necesario:

- para que los estudiantes den sentido a algunos fenómenos del mundo (visión modelizadora);
- para que los estudiantes tomen contacto con productos intelectuales valiosos (visión cultural);
- para que los estudiantes valoren la actividad científica, sus alcances y sus límites (visión evaluativa, crítica);
- para que los estudiantes sean profesionales competentes (visión profesionalizadora);
- para que los estudiantes tomen decisiones en materia sociocientífica (visión ciudadana).

Transposición Didáctica.

Yves Chevallard (1946) presentó la Teoría de la Transposición Didáctica que, si bien se da en el ámbito de la Didáctica de la Matemática, en la llamada Escuela Francesa, tiene amplia aplicación a otras didácticas específicas. Se puede pensar que el docente es un *gestor-creador* de la ciencia escolar, haciendo uso de la transposición didáctica (tal como es propuesta por Chevallard) en su relación entre el saber experto y el saber enseñado. Esta investigación pretende interrogar sobre esta transposición, en virtud que indaga (a través de lo planteado en la metodología de investigación) la actividad del docente en el aula, donde el profesor lleva a cabo las secuencias didácticas que construye.

“El docente en su clase, el que elabora los programas, el que hace los manuales, cada uno en su ámbito, instituyen una norma didáctica que tiende a construir un objeto de enseñanza como distinto del objeto al que da lugar.” (Chevallard, 1998).

Una primera transposición didáctica se produce cuando se deciden los contenidos a enseñar. Esa decisión, por lo general, es tomada en el momento de construcción de los diseños curriculares; donde un grupo de docentes con experiencia, asesores que pueden provenir de la comunidad científica, autoridades políticas, etc; se reúnen y eligen qué contenidos disciplinares (saber experto) deben ser seleccionados para ser enseñados (saber a enseñar) en las aulas de ciencia. También, las editoriales bibliográficas se hacen eco de esas decisiones y promueven material con el desarrollo de esos contenidos seleccionados.

Una segunda transposición didáctica se produce cuando el docente planifica su actividad, tomando como guía el diseño curricular y la bibliografía seleccionada, y construye los contenidos que va a enseñar (saber enseñado). Con esto, el profesor puede generar las situaciones didácticas que considere convenientes de acuerdo a un análisis de ese contenido desde los aspectos lógicos (qué visión epistemológica tiene el docente sobre ciencia escolar) y aspectos psicológicos (qué visión tiene el docente sobre las teorías de aprendizaje).

*“Si consigo ver más lejos es porque he
conseguido auparme a hombros de
gigantes...”*

Isaac Newton (1642-1727)

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

III.1. Los Conceptos y el Aprendizaje.

Durante el desarrollo de esta tesis, se abordaron una serie de conceptos en el marco de la Gravitación Newtoniana y se hizo necesario explicitar qué se entiende como tales. En la enseñanza de las ciencias son muchos los autores que dan definiciones sobre **concepto**. Por los contenidos desarrollados en el cursado de la Maestría en Didáctica de las Ciencias Experimentales, y otras lecturas realizadas pareció oportuno tomar las ideas de Piaget, Vygotsky y Ausubel, por muchos adoptadas.

Si bien, para Piaget, los conceptos en sí mismos no forman parte de sus principales estudios, se destaca este párrafo:

“Para él, los conceptos son productos de estas estructuras operatorias, que describen formas de pensamiento y, más precisamente, formas de razonamiento lógico. En otras palabras, el foco está en las estructuras operatorias que, cuando “puestas en acción” y ejercidas en cuanto al pensamiento, generan una interpretación del mundo que resulta, en último análisis, en sistemas de naturaleza conceptual.” (Colinvaux, 2004).

Para Vygotsky, el estudio de los conceptos tiene mucha importancia. Marca una diferenciación entre los conceptos espontáneos, que se adquieren por las experiencias cotidianas y que son muy fuertes en la construcción de las ideas previas que los estudiantes manifiestan y los conceptos científicos, que son los que se encuentran en el entorno científico y que sólo pueden aprenderse en la vida escolar:

“... la formación y desarrollo de conceptos involucra, por un lado, una progresiva abstracción y generalización de lo real que es, por otro lado, operada a partir de la apropiación, también progresiva, por parte de los individuos, de los sistemas simbólicos disponibles en su medio cultural e histórico.” (Colinvaux, 2004).

Ausubel, quién como ya fue mencionado, acuña la idea de aprendizaje significativo, diferencia tres tipos de ese aprendizaje: representacional, conceptual y proposicional:

“... la esencia del proceso de aprendizaje significativo es que ideas expresadas simbólicamente se relacionen, de manera sustantiva (no literal) y no arbitraria, con lo que el aprendiz ya sabe, o sea, con algún aspecto de su estructura cognitiva específicamente relevante (i. e., un subsumidor) que puede ser, por ejemplo, una imagen, un símbolo, un concepto o una proposición ya significativa.” (Moreira, 2011).

El concepto de gravedad (en el marco de la Mecánica Newtoniana) es central en el desarrollo de las Ciencias Naturales en la escuela secundaria. Pero este es muy amplio, pues hace referencia a toda una teoría con la que pueden describirse y explicarse muchos fenómenos naturales, que se presentan en el desarrollo de los espacios curriculares. Por lo general, en las disciplinas escolares, esa teoría se ve reducida a definiciones de conceptos que se tratan como independientes: aceleración de la gravedad, fuerza de gravedad, acción a distancia, peso, masa, campo gravitatorio, etc. Resultaría más relevante que, desde un aspecto didáctico, con el objetivo de dar significado a estos conceptos, se trate a la gravedad newtoniana como un campo conceptual.

Gérard Vergnaud (1933 – 2021), matemático y psicólogo francés, es el creador de la Teoría de los Campos Conceptuales, cuya última versión es de 1991. Si bien, Vergnaud trabaja en el campo de la Didáctica de la Matemática, esta teoría resulta útil y aplicada en la Didáctica de las Ciencias.

“Un campo conceptual es un espacio de problemas o de situaciones-problemas cuyo tratamiento implica conceptos y procedimientos de varios tipos de estrecha conexión.” (Vergnaud, 1981).

Siguiendo esta idea, se ha adoptado una posición crítica respecto de la habitual fragmentación o atomización de los contenidos escolares en la escuela secundaria con fines de organizar la enseñanza. En oposición a esta manera de organizar el currículum, se debiera considerar que un mismo concepto puede aparecer en una gran variedad de situaciones y; de la misma manera en una misma situación pueden coexistir varios conceptos. La teoría propuesta por Vergnaud propicia un estudio conjunto de los procesos que integran un mismo campo conceptual.

Tiene sentido entonces que, los conceptos: aceleración de la gravedad, fuerza de gravedad, etc.; se los trate en conjunto, estableciendo relaciones entre ellos, dentro del marco general de la Teoría de la Gravitación Newtoniana y de la Mecánica Newtoniana. Estos conceptos, si bien en el currículum actual de la educación secundaria aparecen explícitos en el espacio curricular Física; es evidente que también (con menos frecuencia y de forma menos explícita) se pueden tratar en otros espacios curriculares, como Biología, Química, incluso Geografía. Por esto, resulta pertinente que los mismos se traten con la idea de campo conceptual.

“La noción de campo conceptual permite estudiar de manera más integrada el desarrollo simultáneo y coordinado de los diferentes conceptos necesarios para la comprensión de un conjunto organizado de clases de problemas, de los procedimientos que permiten tratarlos y de los sistemas simbólicos que permiten representarlos.” (Vergnaud, 1981).

“Frente a la concepción tradicional de que el aprendizaje del alumno depende casi exclusivamente del comportamiento del profesor y de la metodología de enseñanza utilizada (paradigma proceso-producto), se pone de relieve la importancia de lo que aporta el propio alumno al proceso de aprendizaje (conocimientos, capacidades, destrezas, creencias, expectativas, actitudes, etc.). La actividad constructiva del alumno aparece, de este modo, como un elemento mediador de gran importancia entre la conducta del profesor y los resultados del aprendizaje.” (Coll et al., 1990).

“La adopción de esta nueva perspectiva, cuyo origen cabe buscar en el creciente auge de los enfoques cognitivos, supone un cambio radical en la forma de entender el proceso de enseñanza aprendizaje.” (Ashman y Conway, en Betoret, 1999).

El principio fundamental del enfoque constructivista es que las personas aprenden significativamente cuando construyen sus propios saberes, partiendo de los conocimientos previos que tienen. Puede decirse:

“lo que hay en la mente de las personas que aprenden tiene importancia; encontrar sentido a lo que se aprende supone establecer relaciones; el razonamiento está asociado a cuerpos particulares de conocimientos en relación con contextos determinados; quienes aprenden construyen activamente significados”. (Driver et al., 1989).

Por consiguiente, la adopción de un enfoque constructivista tiene como consecuencia inmediata la necesidad de tener en cuenta los conocimientos previos de los alumnos antes de iniciar el aprendizaje de cualquier contenido. La perspectiva constructivista sugiere que más que extraer el conocimiento de la realidad, ésta sólo adquiere significado en la medida que se lo construye. Esta construcción de significado implica un proceso activo de formulación interna de hipótesis y de la realización de ensayos para contrastarlas. Si se establecen relaciones entre las ideas previas y la nueva información, se facilita la comprensión y por tanto el aprendizaje.

Algunas características de esas ideas previas: (Pozo, en Novak et al., 1988).

- *“los estudiantes llegan a las clases de ciencia con un conjunto diverso de ideas propias relacionadas con fenómenos y conceptos científicos;*
- *esas ideas se encuentran presentes de manera semejante en diversas edades, género y culturas;*
- *son, en general, de carácter implícito, es decir, en la mayoría de los casos los estudiantes no llevan a cabo una "toma de conciencia" de sus ideas y explicaciones;*
- *no se modifican fácilmente con la enseñanza tradicional de la ciencia;*
- *guardan ciertas semejanzas con ideas que se han presentado en la historia de la ciencia;*
- *los profesores, frecuentemente, comparten las ideas previas de los alumnos”.*

Se hace necesario, dejar sentado de forma explícita, qué se entenderá por **concepciones** en esta tesis; ya que se indagará las mismas para el concepto de Gravitación Newtoniana, pero, en los docentes de ciencias. La bibliografía especializada, en general, las vincula con aquellas que construye el estudiante a través de su paso por el sistema educativo o por su experiencia diaria. Las ideas previas o *“el nombre de concepciones alternativas no adscribe a una posición descalificante sino que connota el sentido de ser otra mirada interpretativa de los fenómenos naturales”.* (Massa, 2015).

En este sentido, los docentes de ciencias han incorporado conceptos (en este caso sobre la Gravitación Newtoniana) a través de su historia académica y, también, de su experiencia acerca de la observación de la naturaleza. Estas no tienen características diferentes con las de los alumnos (tal como se indicó anteriormente), solo que (quizás) pueden fundamentarse con un marco teórico de mayor formalización. Esta tesis indagará, justamente, esas concepciones de los docentes que puedan influir en las acciones (situaciones) didácticas que presentan en sus clases.

A su vez, el docente debe indagar las concepciones previas de sus estudiantes, acerca de la gravedad; que permitirá generar situaciones didácticas que, eventualmente, propongan el alcance de un aprendizaje significativo desde un enfoque ausubeliano.

La interacción entre conocimientos nuevos y conocimientos previos es la característica clave del aprendizaje significativo. El nuevo conocimiento debe relacionarse de manera sustantiva con aquello que el estudiante ya sabe, o conoce.

“La mejor manera de evitar la simulación del aprendizaje significativo es formular cuestiones y problemas de una manera nueva y no familiar que requiera máxima transformación del conocimiento adquirido.” (Ausubel, en Moreira, 2011).

Para el logro del aprendizaje significativo se requiere de disposición para el aprendizaje, por parte de quien aprende; y que sea relevante para asignarle significado, por parte de quien enseña y de quien aprende.

Siempre la relación didáctica se da en un contexto (que puede ser un aula dentro de una institución escolar) como una interacción entre quien enseña (el docente); quien aprende (el alumno); y el saber disciplinar (el conocimiento).

En estas relaciones se establecen propuestas didácticas, situaciones que tienen la intencionalidad de enseñar y de aprender un concepto o un procedimiento.

“Una situación didáctica es el conjunto de relaciones establecidas explícita y/o implícitamente entre un alumno o un grupo de alumnos, un cierto medio (que puede comprender objetos o instrumentos) y un sistema educativo (representado por el profesor) con la finalidad de lograr que estos alumnos se apropien de un saber constituido o vías de constitución”. (Brousseau, en Fregona et al., 2011).

Por lo general, se aprende cuando se adapta a un medio que, en principio resulta resistente, contradictorio, etc. El resultado del aprendizaje significativo es la posibilidad que, quién aprende, pueda generar nuevas respuestas a otras situaciones y construir nuevas preguntas.

Desde este enfoque, no se deben tomar las ideas previas o concepciones ingenuas (de quien está aprendiendo) como errores. La incorporación de un nuevo concepto es posible luego de una adaptación en el esquema mental pre-existente. Este nuevo conocimiento debe ser contrastado con lo que ya se conoce y no resulta conveniente que se considere como fallo. Resulta más apropiado, entenderlo como un obstáculo que se manifiesta mediante errores reproducibles persistentes y resistentes. Un obstáculo es un conocimiento (saber) que tiene su propio dominio de validez y que fuera de ese dominio es ineficaz y puede ser fuente de dificultades para el aprendizaje de lo nuevo.

“Se conoce, en contra de un conocimiento anterior, destruyendo conocimientos mal adquiridos o superando aquello que, en el espíritu mismo obstaculiza.”
(Bachelard, 1938).

Se puede observar, entonces, que el obstáculo es lo que se conoce, y que genera una inercia que dificulta el proceso de construcción de un saber nuevo que resulta del mismo acto de conocer.

III.2.1. Gravedad.

Resultó pertinente brindar una breve descripción de la evolución del concepto de gravedad y las teorías que lo han sostenido a través de la Historia de la Ciencia. En particular, se hizo hincapié en la visión newtoniana, que se utiliza en todo lo que se relaciona a lo cotidiano, y la que debiera ponerse de manifiesto (didácticamente) en la enseñanza de las asignaturas consideradas ciencias escolares, en este trabajo, y en muchas cuestiones de la Física y la Astronomía.

La comprensión de la gravedad permite explicar y entender muchos fenómenos del mundo natural. Si la misma no se comportara de la manera que lo hace, las cosas funcionarían de forma diferente. Si bien todos vivimos con los efectos de la gravedad; si nos preguntamos qué es, se hace muy difícil dar una respuesta. Pasa al igual que el andar en bicicletas o el caminar, se hace con naturalidad, pero, ¡qué problema! si se debe explicar cómo y por qué funciona así.

Muchos han sido los pensadores que, en distintos momentos de la Historia de la Ciencia, han tratado de describir, explicar y entender la gravedad. En ese transcurso se han ido construyendo otros conceptos (como los de espacio, tiempo, materia, etc.) que ayudaron a encontrar una teoría consistente sobre la gravedad.

Se pueden establecer, en cuanto a la idea de gravedad, tres etapas bien diferenciadas, hasta entrado el siglo XX, y que muestran una evolución del concepto. Solo por relacionarlas con los personajes más destacados pueden agruparse en: **aristotélica, galileana y newtoniana**. Por supuesto que cada una se ha construido con las ideas de otros hombres (y también mujeres, aunque poco reconocidas en la evolución histórica) de la ciencia.

Posterior a la concepción newtoniana aparece la idea de campo, que puede considerarse una cuarta etapa. Por supuesto y, si bien no es objeto de tratamiento en esta tesis, cabe mencionar una quinta etapa: la gravedad einsteniana explicitada en la Teoría General de la Relatividad de Einstein (1916).

III.2.2. Gravitación Newtoniana.

Se sabe que la noción de **campo gravitatorio** es superadora de la de **acción a distancia**. Pero, a los efectos didácticos para su enseñanza, es muy adecuado y pertinente establecer las principales características del paradigma newtoniano incorporando el concepto de campo gravitatorio (posterior al de acción a distancia). Además, es sabido que los estudiantes que realizan su trayectoria educativa por el nivel secundario reconocen que la velocidad de la luz en el vacío es una Constante Universal, por lo que ese conocimiento previo debiera tenerse presente para lograr incorporar que otras interacciones también pueden propagarse de la misma manera.

Algunas de las características de la Gravitación Newtoniana, incorporando el campo gravitatorio, son:

- a) *“El Espacio se describe como un espacio R^3 , euclídeo, homogéneo e isótropo. El Tiempo se describe como un espacio R^1 .”*
- b) *“Espacio y Tiempo son independientes; sin embargo, son inseparables. Es decir, no hay ningún fenómeno natural que pueda darse en el Espacio y no en el Tiempo, o viceversa, aunque Espacio y Tiempo puedan ser separados conceptualmente.”*
- c) *“La Masa (propiedad de la materia) perturba las propiedades esenciales del Espacio y el Tiempo produciendo lo que se denomina el Campo Gravitatorio.”*
- d) *“La Masa tiene un único signo, por lo que el Campo Gravitatorio no puede ser apantallado.”*
- e) *“La Interacción Gravitatoria está supeditada a la existencia del Campo Gravitatorio y no su viceversa. Es posible imaginar un campo gravitatorio en un Universo sin interacciones, vacío a los fines materiales excepto por la Masa que generó el campo.”*
- f) *“La interacción de una Masa con un Campo Gravitatorio produce la Fuerza Gravitatoria.” (Camino, 2005).*

Estas son las características asignadas a la Gravitación Newtoniana, para el paradigma newtoniano que fueron adoptadas para el trabajo de investigación; indagando en los docentes de ciencias aquellos conceptos que le pertenecen: Leyes de Newton, Ley de Gravitación Universal, Acción a Distancia y Campo Gravitatorio.

Consideraciones sobre la Teoría de la Gravitación Universal.

En 1686, Isaac Newton, desde su célebre cátedra en la Universidad de Cambridge, enseñó:

- ✓ El Tiempo Absoluto, Verdadero y Matemático, por su propia naturaleza, fluye de la misma manera sin importar ninguna condición externa....
- ✓ El Espacio Absoluto, por su propia naturaleza, y sin importar nada externo, permanece siempre igual e inmóvil....

Isaac Newton desarrolló una poderosa y precisa teoría, de acuerdo con la cual los cambios en el movimiento de los cuerpos se dan por la acción de **fuerzas** (interacción entre cuerpos). Newton desplazó un estado meramente **descriptivo** de los fenómenos por un esquema **explicativo** entre **causa y efecto**. Además, unificó las leyes deducidas por Galileo y por Johannes Kepler enunciando la Ley de Gravitación Universal.

Aunque las Leyes de Kepler permiten comprender el movimiento planetario, son leyes empíricas que se obtuvieron a partir de datos observacionales logrados por Tycho Brahe (1546-1601). En concordancia con las Leyes de Newton de la Mecánica Clásica, este atribuyó la aceleración de un planeta en su órbita, a una fuerza ejercida sobre él por el Sol. Demostró que si el módulo de una fuerza varía en proporción inversa al cuadrado de la distancia entre el Sol y el planeta, es causa que éste se mueva en una trayectoria elíptica, como la presentada por Kepler. Además, Newton construyó la hipótesis que esta fuerza existía entre dos cuerpos cualesquiera del Universo.

Entonces, el universo newtoniano está constituido por materia, vacío y fuerzas que se ejercen entre dos partículas cualesquiera de materia separadas una distancia r , tal que $0 < r < \infty$. Antes de Newton no se aceptaba que las leyes de la Física aplicables a los fenómenos que ocurren en la Tierra, fueran aplicables a los cuerpos celestes.

La Teoría de la Gravitación de Newton unifica la Ley de Caída de los Cuerpos de Galileo y la Ley del Movimiento Planetario de Kepler. La causa de estos movimientos es la misma, la gravedad.

La **Ley de la Gravitación Universal de Newton** establece que **existe una fuerza (siempre atractiva) entre cada par de cuerpos que es proporcional al producto de las masas de los cuerpos e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.**

“Sean m_1 y m_2 las masas de los cuerpos 1 y 2 y sea \vec{u} el vector que apunta desde la partícula 1 a la partícula 2, como se muestra en la Fig. III.1.

La fuerza que el cuerpo 1 ejerce sobre el cuerpo 2 es:

$$\vec{F}_{1,2} = -G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r_{1,2}^2} \cdot \vec{u}_{1,2}$$

El versor $\vec{u}_{1,2} = \frac{\vec{r}_{12}}{r_{1,2}}$ apunta de 1 a 2 y

G es la **Constante de Gravitación Universal**

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \text{ (Tipler-Mosca, 2010).}$$

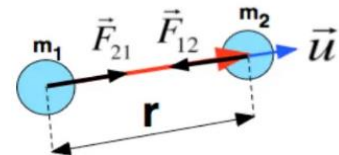


Fig. III.1. Los cuerpos de masas m_1 y m_2 separados una distancia r .

De acuerdo con la Tercera Ley de Newton: en todo par de interacción, las fuerzas tienen el mismo módulo, la misma dirección, sentido opuesto y actúan en cuerpos distintos. Está presente la acción a distancia.

Esto es: $\vec{F}_{2,1} = -\vec{F}_{1,2}$

A esta fuerza, producida entre dos cuerpos de masas m_1 y m_2 , separados una distancia r , se la llama **Fuerza Gravitatoria**.

El módulo de esta fuerza gravitatoria es: $F_{grav} = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$

Newton publicó su Teoría de la Gravitación Universal en 1686, y unos 100 años después Henry Cavendish (1731 –1810) determinó experimentalmente el valor de la constante G . Este valor puede utilizarse para calcular la fuerza de atracción gravitatoria entre dos cuerpos cualesquiera.

III.2.3. La Teoría de la Gravitación Universal y el Campo Gravitatorio.

La idea de campo gravitatorio surgió de desarrollos posteriores a la Ley de Gravitación Universal de Newton. La noción de campo es la visión moderna de los fenómenos gravitatorios y electromagnéticos, superadora (en muchos sentidos) a la visión de fuerzas a distancia. Con la visión de campo, la Ley de Gravedad (Newton) se potencia aún más; por esto conviene considerarla muy útil para la comprensión de la gravitación.

Simbólicamente g ; nominada como:

- (1) la **gravedad** (expresión que utilizan la mayoría de los estudiantes de escuelas secundarias); o
- (2) **aceleración debida a la gravedad** (expresión que utilizan la mayoría de los profesores de ciencia) o
- (3) **intensidad del campo gravitatorio** (expresión que no es utilizada en los ámbitos de la escuela secundaria); de un punto del espacio es: $\vec{g} = -G \cdot \frac{M}{r^2} \vec{u}_r$

La dirección y sentido del vector intensidad de campo gravitatorio siempre es radial y dirigida hacia la masa (M) que origina el campo.

En referencia a las formas de nombrar g :

- (1) refiere al concepto en general;
- (2) al efecto en el cambio de la velocidad de un cuerpo y
- (3) al campo.

El análisis de la expresión permite conocer las características del campo gravitatorio en un punto del espacio:

- a) La intensidad del campo gravitatorio en un punto del espacio (habitualmente llamada simplemente gravedad) depende directamente de la masa (M) del cuerpo que la genera.
- b) La intensidad del campo gravitatorio en un punto del espacio (habitualmente llamada simplemente gravedad) depende de la inversa del cuadrado de la distancia al cuerpo que la genera. No existe lugar del espacio al cual no se le pueda asignar gravedad, ya que r varía de cero a infinito.
- c) La fuerza gravitatoria que el campo gravitatorio produce sobre un cuerpo de masa (m) que se encuentra en ese punto del espacio es, Fig. III.2.:

$$\vec{F} = -G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} \vec{u}_r = m \cdot \vec{g}$$

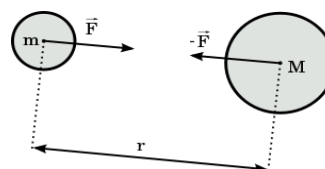


Fig. III.2. El cuerpo de masa m se encuentra en un punto del campo gravitatorio producido por M .

La dirección y sentido de la fuerza gravitatoria es radial y siempre atractiva (hacia el cuerpo de masa M que origina el campo).

En este caso **es el campo gravitatorio** el que **interactúa con la masa m** , que se coloca en algún punto del campo gravitatorio provocado por la masa M . No es necesario hablar de acción a distancia.

El vector intensidad de campo gravitatorio \vec{g} es independiente de la masa m que se coloca en un punto del campo gravitatorio.

Esto es:

- ✓ **puede existir campo gravitatorio, sin que exista fuerza gravitatoria;** pero
- ✓ **no puede existir fuerza gravitatoria sin la existencia del campo gravitatorio.**

¿Qué pasa con el tratamiento de la gravedad en la escuela secundaria?

El tratamiento de la gravedad en la escuela secundaria no es sencillo; diversos estudios (Driver, 1973; Viennot, 1979) han encontrado ideas ingenuas (contrarias a las aceptadas por la comunidad científica) sobre la gravedad en personas que han finalizado los estudios secundarios. La gravedad se aborda, como muchos otros conceptos de las ciencias, desde la propia posición en el planeta Tierra. Así, los estudiantes (y muchos docentes) suelen decir g vale $9,8 \text{ m/s}^2$.

Es común definir la fuerza peso como la fuerza con que la Tierra atrae a los cuerpos. Y entonces, si de acuerdo a la figura III.2., M es la masa del planeta Tierra y m es la masa de un cuerpo cualquiera (con $m \ll M$), cerca de la superficie terrestre; la fuerza gravitatoria así definida es la fuerza peso. El módulo del vector intensidad del campo gravitatorio vale, aproximadamente $9,8 \text{ m/s}^2$.

Y se dice, esa fuerza peso es con dirección vertical y sentido hacia abajo. Cuando los estudiantes realizan, en algunos problemas típicos, el diagrama de cuerpo libre para el sistema que se analiza, por lo general indican un vector vertical y hacia abajo que lo mencionan con la letra \vec{P} . Podría ser más adecuado nominarlo como $m \cdot \vec{g}$ resaltando que el análisis se hace desde un sistema de referencia que es local topocéntrico.

Es común encontrar en estudiantes, docentes y en libros de textos la expresión **el peso de un cuerpo**.... En este caso el peso parece describir una característica, una propiedad, del cuerpo (a lo aristotélico): la pesadez (los graves) se percibe NO como una interacción, sino como una tendencia natural de los objetos al ir hacia cierto lugar, denominado abajo.

Cuando se trabaja la Tabla Periódica de los Elementos, se los suele clasificar en pesados y livianos, pero esto está relacionado a la cantidad de nucleones que tiene el núcleo de los átomos de un elemento químico.

Se podría preguntar: *¿la fuerza de gravedad es lo mismo que el peso?*

III.2.4. Algunas consideraciones sobre el tratamiento de la Gravitación Newtoniana y el Campo Gravitatorio.

Ante las dificultades planteadas, resulta interesante detenerse a mirar la problemática de la gravedad al estilo de Isaac Newton. Cierta vez, cuando Newton era un personaje famoso, alguien le preguntó de qué forma había descubierto la Ley de Gravitación Universal: *“Pensando en ello constantemente”* (Westfall, 1996), fue su respuesta.

Tomando distancia de la percepción directa e ingenua del fenómeno de caída de los cuerpos; Isaac Newton logró crear un instrumento matemático y conceptual físico para dar una explicación satisfactoria del movimiento de la Luna alrededor de la Tierra, que **no cae** y de la manzana, que **si cae**; unificando los fenómenos terrestres con los celestes a través de una misma causa: la acción de la fuerza gravitatoria.

Según la versión de Conduitt: *“En el año 1666, volvió abandonar Cambridge... a casa de su madre, en Lincolnshire, y mientras meditaba en un jardín, le vino al pensamiento la idea (suscitada por la caída al suelo de una manzana) de que el poder de la gravedad no se limitaba a una cierta distancia de la tierra, sino que este poder debía extenderse mucho más allá de lo que normalmente se creía.”* (Westfall, R.; 1996).

En forma aproximada y resumida el razonamiento de Newton fue el siguiente:

- a) La Luna describe un movimiento aproximadamente circular, de radio r_L , en torno a la Tierra. Por lo tanto, el vector velocidad (tangente a la trayectoria) cambia de dirección en cada instante de tiempo y entonces debe existir una aceleración (de lo contrario, la Luna seguiría por inercia un movimiento rectilíneo uniforme). Esta aceleración tiene una dirección perpendicular a la dirección de la velocidad (caso contrario la velocidad variaría su módulo), por lo que coincide con el radio de la trayectoria y se llama aceleración radial o centrípeta. El módulo de esta aceleración es:

$$|\vec{a}_L| = \omega^2 \cdot r_L$$

donde ω es el módulo de la velocidad angular del movimiento lunar.

La segunda Ley de Newton de la Mecánica establece que la aceleración es provocada por una fuerza externa neta cuyo módulo es directamente proporcional al módulo de la aceleración y, está aplicada en la misma dirección y sentido:

$$\vec{F}_L = m_L \cdot \vec{a}_L$$

El problema sugiere que la interacción se da (de manera relevante) entre el planeta Tierra y la Luna por lo que, esa fuerza resulta de la interacción entre ambas masas:

$$\vec{F}_{TL} = m_L \cdot \vec{a}_L$$

Esta fuerza actúa sobre la Luna y es provocada por la Tierra. La Tercera Ley de Newton dice que: en todo par de interacción las fuerzas tienen el mismo módulo, la misma dirección, sentidos opuestos y, actúan en cuerpos distintos. Entonces, el resultado de esa interacción obliga a reconocer dos fuerzas (una, mostrada en el desarrollo, que actúa sobre la Luna) y otra que actúa sobre la Tierra. Lo mismo ocurre entre la manzana y la Tierra.

Esto se justifica en la acción a distancia, pues esta interacción es instantánea.

“El papel sólo hablaba de una tendencia a separarse, y para Newton, el filósofo mecánico, una atracción a distancia era en todo caso inadmisibile.” (Westfall, 1996). Pero funcionaba...

- b) Newton centró su atención en las aceleraciones de la Luna y de un cuerpo cualquiera que cae a la Tierra (la manzana), Fig. III.3:

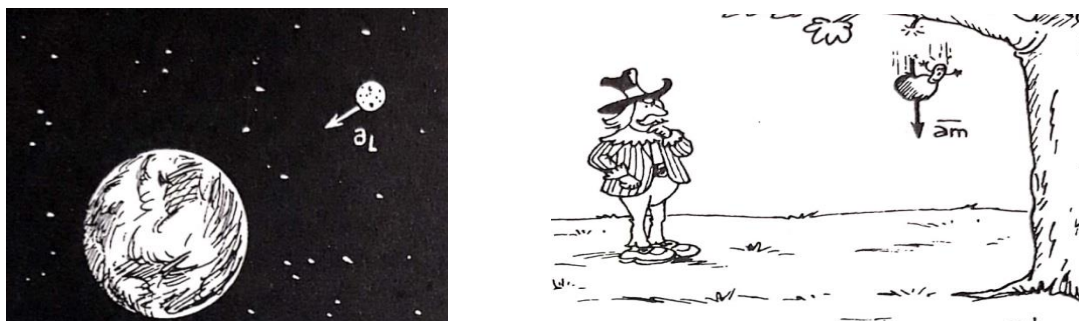


Fig. III.3; extraída de PRO CIENCIA Conicet; Física – Interacciones a Distancia; pp. 25; 1994

El cálculo de ambas aceleraciones da: $a_m = 9,8 \text{ m/s}^2$ y $a_L = 2,72 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$. Newton razonó que, si cerca de la superficie terrestre todos los cuerpos (como la manzana) caen con la misma aceleración; a gran distancia (como a la que se encuentra la Luna) podía pasar lo mismo. O sea que, si se coloca un cuerpo cualquiera (una piedra, una pluma, etc.) a la misma distancia que se encuentra la Luna de la Tierra, y se lo suelta, se acelera **cayendo** hacia la Tierra con una aceleración de $2,72 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$.

- c) Newton imaginó que ambas aceleraciones, eran producidas por una fuerza que ejercía la Tierra sobre ambos cuerpos. Si los cuerpos que interactúan con la Tierra tienen distinta masa, la fuerza actuante será distinta (en la misma proporción); para que la aceleración sea la misma (a la misma distancia de la Tierra). De esto, supuso que **todos los cuerpos se atraen entre sí**.
- d) Comparó la fuerza necesaria para mantener la Luna en su órbita, con la fuerza de gravedad en un cuerpo cerca de la superficie terrestre. Como no podía acercar la Luna a la Tierra, ni podía (en esa época) llevar la manzana a la Luna; comparó las aceleraciones:

$$\frac{g}{a_L} = \frac{9,8}{2,72 \cdot 10^{-3}} \approx 3603$$

Luego debía hallar la relación de distancias de ambos objetos, respecto de la Tierra. Newton conjeturó que la distancia a la Tierra para un cuerpo cerca de la superficie terrestre (a nivel del mar) debía ser coincidente (en una muy buena aproximación) con el radio del planeta Tierra. Tomando el radio terrestre de $R = 6360 \text{ km}$; la relación de distancias entre la Luna y la manzana respecto de la Tierra y, admitiendo que la distancia de la Tierra a la manzana es el radio terrestre y que la distancia Tierra-Luna es aproximadamente de $r_L = 384000 \text{ km}$, se tiene:

$$\frac{R}{r_L} = \frac{6360}{384000} \approx 0,0166$$

Si se comparan las relaciones de aceleraciones y de distancias, no coinciden; y tampoco la inversa de las distancias puede igualarse con la relación de aceleraciones:

$$0,0166 \neq 3603$$

También: $(0,0166)^{-1} \approx 60,24 \neq 3603$

Pero si se hace el cuadrado de la inversa de la relación de distancias, es muy similar a la relación de aceleraciones: $(0,0166)^{-2} \approx 3629 \approx 3603$

De modo que puede concluirse que:

$$\frac{g}{a_L} = \frac{r_L^2}{R^2}$$

Esto indica que el cociente de aceleraciones está en relación inversa al cociente de los cuadrados de las distancias.

(Datos extraídos de PRO CIENCIA CONICET, 1994).

Newton realizó sus cálculos a partir de la información disponible en su época.

Isaac Newton demostró que todos los cuerpos en órbita alrededor de otro, cuyos movimientos sigan las Leyes de Kepler, están **sometidos a una fuerza central de atracción cuyo módulo es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia**. Y vale su recíproca: fuerzas de estas características dan lugar a movimientos que cumplen con las Leyes de Kepler.

III.2.5. Masa gravitatoria y masa inercial. (*Desarrollo basado en PRO CIENCIA Conicet, 1994*).

En las proximidades de la Tierra es posible medir la fuerza de interacción gravitatoria. Considerando distintos cuerpos (modelo de partícula de la Mecánica Clásica), colocados en un cierto lugar respecto de la Tierra, la experiencia muestra que:

- a) experimentan fuerzas que tienen siempre una determinada dirección y sentido. Para un observador en la superficie terrestre (posición topocéntrica) esa dirección es vertical y dirigida hacia el centro de la Tierra (hacia abajo);
- b) el módulo de la fuerza de interacción depende de alguna propiedad del cuerpo sometido a la experiencia.

En virtud de lo expresado, existe una propiedad escalar intrínseca de cada cuerpo, que define el módulo de la fuerza observada. Esta propiedad se llama **masa gravitatoria φ** .

Según a) se puede decir que, en el punto del espacio donde se coloca el cuerpo de masa gravitatoria φ , existe un campo gravitatorio (provocado por la masa de la Tierra M), de modo que la fuerza que experimenta ese cuerpo, es:

$$\vec{F} = \varphi \cdot \vec{\Phi} \quad (\text{A})$$

$\vec{\Phi}$ es el vector intensidad del campo gravitatorio, cuya dirección y sentido coincide con la de la fuerza gravitatoria \vec{F} y es independiente de φ . La unidad de $\vec{\Phi}$ es unidad de fuerza (newton, N) sobre unidad de φ (suponiendo $gdad$); quedaría ($N/gdad$).

Según b), prescindiendo de la resistencia del aire, la fuerza gravitatoria que actúa sobre los cuerpos, provoca una aceleración que es siempre la misma (según los hechos observados): todos los cuerpos, caen con la misma aceleración.

La Segunda Ley de Newton establece que la aceleración provocada es directamente proporcional a la fuerza actuante (fuerza gravitatoria) y actúa en la misma dirección y sentido.

Tal que: $\vec{F} = m \cdot \vec{g}$ (B) en la que \vec{g} es la aceleración (en m/s^2) y \vec{F} es la fuerza gravitatoria (en N).

La masa m (constante) se denomina masa inercial, o sea la medida de la inercia del cuerpo a la que está aplicada la fuerza gravitatoria. La inercia es la propiedad de la materia de oponerse al cambio de movimiento, por lo tanto para que dos cuerpos de diferente masa inercial ($m_1 > m_2$) tengan la misma aceleración, la fuerza aplicada (gravitatoria) debe ser distinta ($F_1 > F_2$). La unidad de masa inercial es el kilogramo, kg (Las unidades de las magnitudes están definidas por el Sistema Internacional, SI.)

Igualando las expresiones (A) y (B), para un mismo punto del campo gravitatorio (generado por la Tierra de masa M): $\varphi \cdot \vec{\Phi} = m \cdot \vec{g}$

De donde puede deducirse la proporcionalidad entre la propiedad **masa gravitatoria** (responsable de la interacción gravitatoria) y la propiedad **masa inercial** (medida de la oposición del cuerpo a ser acelerado): $\frac{\varphi}{m} = \frac{\Phi}{g} = cte$ (C)

Los resultados experimentales obtenidos permiten estimar (con una muy alta precisión) que esta constante es 1; $cte = 1$.

No hay evidencia que, en un mismo lugar, la masa inercial de un cuerpo sea diferente de la masa gravitatoria del cuerpo.

En la Ley de Gravitación Universal de Newton y en la consideración del campo gravitatorio se **asume que, conceptualmente, la masa inercial y la masa gravitatoria son diferentes; pero operacionalmente se pueden considerar iguales. La unidad para ambas masas es el kilogramo, kg .**

Generalmente, este desarrollo no se encuentra en la bibliografía utilizada en la enseñanza de las ciencias en la educación secundaria, pero se utiliza el término **masa** simplemente como equivalente a **masa inercial** y **masa gravitatoria**.

De la expresión (C) y teniendo en cuenta que $cte = 1$, se tiene: $\frac{\Phi}{g} = 1$.

De lo argumentado para masa inercial y masa gravitatoria, tampoco hay distinción entre intensidad de campo gravitatorio $\vec{\Phi}$ y aceleración (debida a la gravedad) \vec{g} . La unidad para la intensidad del campo gravitatorio es $\frac{m}{s^2} = \frac{N}{kg}$.

Entonces, para el caso del campo gravitatorio terrestre, el módulo de la intensidad del campo gravitatorio en un punto cerca de la superficie terrestre es $9,8 m/s^2$; que coincide con lo nominado como aceleración debida a la gravedad.

III.2.6. Fuerza Gravitatoria no es lo mismo que peso. (Camino, 2005).

En el título III.2.3., se ha planteado que resulta muy común encontrar en el discurso de estudiantes de escuela secundaria, en docentes de ciencias y en libros de textos, diferentes maneras de definir el peso de un cuerpo. En algunos casos:

- ✓ como una propiedad de los cuerpos (la materia tiene peso);
- ✓ en otros como equivalente a la fuerza gravitatoria.

Existe una fuerte asociación entre el peso y la fuerza con que la Tierra atrae a los cuerpos.

Para la Gravitación Newtoniana se ha usado el concepto de campo gravitatorio, sin la necesidad de hacer mención al de peso. Entonces, ¿qué se puede decir del peso?

Es pertinente describir una situación que puede ser experimentada llevando una balanza para apoyar en el piso de un ascensor. Suponiendo una persona subida a la balanza, se pueden observar las siguientes situaciones: (Ver Fig. III. 4)

- a) En el caso que el ascensor se encuentre en reposo o moviéndose con velocidad constante (ascendiendo o descendiendo) respecto de la superficie terrestre, la balanza marcará un valor al que se llama peso. Dos fuerzas están actuando sobre la persona, la fuerza gravitatoria (de módulo $m \cdot g$, vertical y hacia abajo) y una fuerza de contacto (normal) ejercida por la base (de dirección vertical y hacia arriba). Esta fuerza normal es la que lee la balanza. Como la aceleración del ascensor es nula, esta fuerza tiene el mismo módulo $m \cdot g$.
- b) En el caso que el ascensor se acelere (aumente su velocidad) hacia arriba o hacia abajo; la balanza marcará un valor mayor o menor que $m \cdot g$. Por lo tanto, la fuerza de apoyo ejercida por la base es mayor en un caso, y menor en otro. Ahora bien, como el ascensor se mueve en el campo gravitatorio terrestre, el módulo de la fuerza gravitatoria $m \cdot g$ sigue siendo el mismo que en el caso a). Esto es, el peso cambia.
- c) Si el ascensor estaría cayendo (libremente) hacia la Tierra, la aceleración tiene el módulo g , y la fuerza resultante es la fuerza gravitatoria de módulo $m \cdot g$. Por lo que la lectura de la balanza sería nula, o sea el apoyo (la base) no ejercería ninguna fuerza.

Este último resultado indica que el peso de la persona es nulo. **Sin embargo, está acelerando y la fuerza resultante que actúa es $m \cdot g$.**



Fig. III.4: Representación de las situaciones descritas en a), b) y c). En el dibujo **normal** refiere al peso sobre la superficie terrestre. Extraído de Hewitt, P.; 2004; pp. 160.

Esta es la misma situación a la que se enfrentan los astronautas en la ISS (Estación Espacial Internacional). La ISS está acelerada radialmente hacia la Tierra, describiendo una órbita casi circular (la velocidad, en cada instante, de la ISS tiene dirección perpendicular a la aceleración). Pero esta aceleración es la intensidad del campo gravitatorio en el lugar donde se encuentra la estación espacial. Por lo tanto la fuerza gravitatoria que actúa sobre la ISS (y sobre los astronautas) es:

$$\vec{F} = m_{ISS} \cdot \vec{g}_{lugar\ del\ campo\ grav}$$

Los astronautas están cayendo en el campo gravitatorio, **no pesan** porque no están apoyados en ninguna superficie. A esta situación se la llama microgravedad.

No es apropiada la expresión ingravidez porque induce la idea de falta de gravedad y la situación es que, **existe gravedad, pero no peso**.

No es lo mismo peso y fuerza gravitatoria. Que un cuerpo se mueva en caída libre (por la interacción entre un campo gravitatorio y el cuerpo) es porque actúa la fuerza gravitatoria, el cuerpo flota, **no pesa** porque no está apoyado.

Entonces, “*el peso no es una manifestación directa de la gravedad.*” (Hewitt, 2004).

La fuerza gravitatoria o fuerza de gravedad es el resultado de la interacción entre el campo gravitatorio generado por una masa M (por ejemplo, el planeta Tierra) y otra masa m que se encuentra en algún lugar del campo (por ejemplo una persona).

III.3.1. El Diseño Curricular para la Educación Secundaria en Santa Fe y la gravedad.

Debido que, en esta tesis, el trabajo de campo del proceso de investigación se realizó en las escuelas de educación secundaria de la localidad de Casilda, es importante desarrollar un breve comentario del diseño curricular vigente para la educación secundaria y cómo se visibiliza la gravedad en dicho diseño.

Desde el año 2013, se encuentra vigente en la provincia de Santa Fe el nuevo diseño curricular para la Educación Secundaria Obligatoria. Surge de un proyecto curricular jurisdiccional enmarcado en la Ley Nacional de Educación N° 26206 y las resoluciones del Consejo Federal de Educación.

El diseño constituye un documento que tiene por objeto *“proveer herramientas que posibiliten garantizar el acceso, la permanencia y el egreso a una educación que promueva la creación y la recreación de la cultura, la continuidad de los estudios desde la centralidad del mejoramiento de las trayectorias escolares, la iniciación en la formación para el trabajo y la participación ciudadana con criterio de equidad.”* (Gobierno de Santa Fe, 2013).

El diseño curricular fija la estructura de los espacios curriculares divididos en:

- a) Espacios curriculares de la formación general.
- b) Espacios curriculares de la formación específica.

Los espacios curriculares que fueron considerados como disciplinas de ciencias (escolar) son: Física, Química, Biología, Físico-Química y Geografía. Todas estas asignaturas aparecen en el campo de la formación general. La mayor carga horaria corresponde a Biología y a Geografía puesto que se presenta en 1er año y en 3er año para todas las orientaciones de la educación secundaria. De todas maneras, estos espacios tienen inferior carga horaria que Matemática, Lengua y Literatura, y Lengua Extranjera.

La carga horaria asignada a Física, Físico-Química y Química es inferior, pues solamente aparecen en un año de cursado de todas las modalidades (Físico-Química en 2do año y Física y Biología en 3er año). Solo, en el caso de la modalidad de Ciencias Naturales (para la formación específica), los espacios curriculares, Física y Química, tienen asignación horaria en 4to año y/o 5to año. De igual manera, para las disciplinas escolares de Ciencias Naturales, la asignatura Biología posee mayor carga horaria frente a los demás, estando en 3ero, 4to y 5to años.

Una búsqueda de la presencia de los conceptos centrales (relacionados con Gravitación Newtoniana) permite mostrar algunos resultados interesantes:

- a) Los términos gravedad, campo gravitatorio, fuerza gravitatoria; aparecen solamente en los espacios curriculares de Física y de Físico-Química.
- b) Los términos de masa y peso aparecen en los espacios curriculares de Física, Físico-Química, Biología y Química.

- c) La estructura del diseño curricular no incentiva el trabajo interdisciplinario y el abordaje de situaciones problemáticas que requieran una mirada de área disciplinar.

En las disciplinas escolares tratadas se encuentran conceptos y situaciones o problemas que exigen reconocer a la gravedad como una interacción de la naturaleza, necesaria para poder describir diferentes fenómenos e intentar una explicación de su ocurrencia. La producción de las mareas, el geotropismo de las plantas, la producción de cristales en situaciones de microgravedad, la mezcla de sustancias, la estructura osteomuscular de los vertebrados, la erupción de volcanes, la tendencia a la esfericidad en los planetas, y muchos otros fenómenos; requieren de una clara transposición didáctica acerca de la Gravitación Newtoniana.

III.3.2. Comentarios sobre el espacio curricular Geografía.

En el Diseño Curricular, se expresa para el espacio curricular Geografía:

“La perspectiva actual de la geografía favorece la introducción de las problemáticas contemporáneas en las escuelas, dialogando con múltiples sujetos y subjetividades, con sus deseos e intenciones y con los procesos que a diferentes escalas espacio-temporales construyen el espacio y lo llena de vida, de identidad. En este sentido, es la geografía social la que puede favorecer una puerta de entrada válida y sustentada desde el plano teórico.” (Gobierno de Santa Fe, 2013).

La asignatura Geografía se desarrolla en 2do año del ciclo básico y en 3ero (o 4to) año del ciclo orientado para todas las modalidades. Es de destacar que, a diferencia de diseños curriculares anteriores, se ha suprimido el aspecto físico de la Geografía. Entonces queda marcado el abandono del tratamiento de la geografía física y la decisión (política educativa) del desarrollo de una geografía social que hace fuerte énfasis en lo económico y en lo territorial.

En su mayoría, los contenidos propuestos en el Diseño Curricular vigente, están relacionados con la territorialidad y las culturas que se desarrollan en cada territorio, en relación al contexto histórico que se presenta.

“Esta postura habilita a la Geografía como una disciplina favorecida a la hora de enseñar las nuevas configuraciones del espacio, la sociedad y la culturas actuales, en su dinámica local-global, ...” (Gobierno de Santa Fe, 2013).

III.3.3. Comentarios sobre el espacio curricular Físico-Química.

“En este espacio curricular se deben propiciar las oportunidades para construir desde los saberes propios, las interpretaciones que dan cuenta de los fenómenos naturales y tecnológicos acorde con los modelos científicos actuales y, a la vez, accesibles a su comprensión. Sin embargo, es preciso elucidar que la ciencia escolar no es la ciencia de los científicos, sino un puente entre el conocimiento cotidiano con el que el adolescente se enfrenta habitualmente al mundo y los modelos y teorías científicas.” (Gobierno de Santa Fe, 2013).

Esta asignatura se desarrolla en 2do año del ciclo básico; por lo que es común para todas las modalidades de la educación secundaria. Los contenidos propuestos se distribuyen en 4 (cuatro) ejes:

- la materia, sus estados y las mezclas;
- los materiales, su composición y los cambios;
- los fenómenos del mundo físico;
- la Tierra, el Universo y sus cambios.

Desde lo prescripto en el Diseño Curricular no se percibe a esta disciplina escolar bajo un tratamiento interdisciplinario. Más bien, los contenidos sugieren que los dos primeros ejes se tratan desde Química y los dos últimos ejes se trabajan desde Física.

Una problemática para la enseñanza de esta asignatura es que la competencia de títulos vigente determina que pueden desempeñarse con título docente los profesores de Ciencias Naturales, Biología, Física y Química. Como se podrá ver en el relevamiento de datos, la mayoría de los docentes que se desempeñan en esta disciplina escolar son profesores de Ciencias Naturales y/o profesores de Biología. Por lo general ocurre que los últimos dos ejes son tratados (cuando se puede) al finalizar el año de cursado, según el Calendario Académico.

Justamente, el tratamiento de Gravitación Newtoniana y los fenómenos en los que la gravedad se presenta como una interacción fundamental para la ocurrencia de estos; no tiene un tiempo de desarrollo didáctico apropiado para un aprendizaje que resulte significativo.

Esto mismo ocurre en el área de Ciencias Naturales en la educación primaria, en la que (además de tener asignada una carga horaria inferior a Matemática y Lengua) se priorizan los contenidos de la Biología por sobre los de Física y Química.

La mención al último eje para Físico-Química, establece la enseñanza de los fenómenos físicos en el entorno terrestre y el Universo. En este, las concepciones sobre gravedad de los docentes a cargo del espacio curricular son relevantes para el desarrollo de actividades de aula y situaciones didácticas que permitan a los estudiantes incorporar descripciones (y algunas explicaciones) de los fenómenos gravitatorios tanto en el planeta Tierra como en el resto del Universo.

La decisión del tratamiento de este eje permitiría que no se genere un modelo mental en el que la gravedad sólo es una interacción asociada al planeta Tierra.

Evidentemente, la cantidad de horas asignadas a esta asignatura y el impacto que tiene la competencia de títulos para la asignación del docente a cargo; hace que la forma que se tratan los fenómenos gravitatorios se vea fuertemente influenciada por esas determinaciones del currículum vigente.

III.3.4. Comentarios sobre los espacios curriculares de Biología, Física y Química.

El diseño prescribe que el espacio curricular Biología sea dictado en 1er año del ciclo básico y en 3er (o 4to) año del ciclo orientado para todas las modalidades.

Los contenidos propuestos para la Biología en la educación secundaria obligatoria se pueden agrupar de la siguiente manera:

- diversidad y características comunes de los seres vivos;
- origen de la vida y evolución; el estudio del organismo humano;
- información genética.

Se puede observar que la enseñanza de la Biología está orientada a la biología humana. Cabe destacar que este espacio curricular es enriquecido con otros espacios curriculares que se presentan en la modalidad Ciencias Naturales del ciclo orientado. En esta modalidad, además de ampliar la carga horaria para la asignatura, se agregan otras asignaturas relacionadas como, por ejemplo: educación para la salud y, procesos productivos y problemáticas ambientales.

Los conceptos que se relacionan con el campo conceptual de la gravedad no aparecen de manera explícita en los contenidos sugeridos para el desarrollo de la disciplina escolar Biología.

Los espacios curriculares de Física y de Química son los que tienen asignada menor carga horaria en este diseño y están presentes en 3er año y/o 4to año del ciclo orientado (en el caso de la modalidad Ciencias Naturales se agrega un año más de Química y de Física).

Los docentes que se desempeñan en estas asignaturas tienen título docente en Física o en Química (según corresponda) y, en el caso de Química suelen estar a cargo profesores de Ciencias Naturales. En Física, es común encontrar ejerciendo (debido a procesos de titularizaciones en la década de 1990) a algunos profesores de Matemática y Física; que llevan adelante la enseñanza de la Física como una aplicación de la modelización matemática, pero con ausencia de la observación y descripción del fenómeno físico que se analiza.

En cuanto a los contenidos propuestos que prescribe el diseño:

- para **Física**: el estudio de la Mecánica Clásica y las leyes de conservación; la termodinámica y los movimientos ondulatorios. También se hace explícito el estudio del **campo gravitatorio** desde la concepción newtoniana y el campo electromagnético. Se propone la mención a otras concepciones para el análisis de los fenómenos físicos, como la Teoría de la Relatividad (Especial y General) de Einstein.
- para **Química**: el estudio de propiedades, estructuras y usos de materiales; transformaciones químicas de materiales; impacto ambiental de las transformaciones. En esta asignatura no se menciona la interacción gravitatoria, sin embargo es fundamental que los profesores reconozcan la influencia de los fenómenos gravitatorios en los temas propuestos.

De acuerdo a este simple análisis del Diseño Curricular vigente queda evidenciado que la interacción gravitatoria y la Gravitación Newtoniana (y los conceptos que de su desarrollo se generan en un mismo campo conceptual) solo se hacen explícitos en los espacios curriculares de Física y Físico-Química.

“Un hombre puede imaginar cosas que son falsas, pero solo puede entender cosas que son ciertas.”

Isaac Newton (1642-1727)

CAPÍTULO IV

ESTADO DEL ARTE

Y

PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

Resulta oportuna la mención a una serie de trabajos (artículos, tesis, etc.) cuyos desarrollos y resultados han servido como soporte e inspiración para el trabajo de investigación.

Se presenta un compendio, como resultado de la lectura y análisis de algunos artículos, capítulos de libros y tesis acerca de concepciones sobre gravedad.

Así mismo, en este capítulo quedará formalizada y planteada la situación problemática de la cual ha dado inicio al proceso de investigación.

Finalmente, se hallarán los objetivos generales, los objetivos específicos y la hipótesis que han constituido la guía de esta tesis.

IV.1. Estado del Arte.

Se han relevado, a través de lectura analítica, algunos trabajos que tienen directa relación con la temática abordada. Estos trabajos comenzaron a mediados de la década del 1970 y se han considerado como base de referencia para el desarrollo de esta tesis (como también lo han sido para otros desarrollos similares). En lo analizado, aparecen investigaciones y publicaciones sobre el concepto de gravedad, siempre sustentado desde concepciones constructivistas del aprendizaje basadas en las ideas de Piaget, Vygotsky y Ausubel.

Durante todo el proceso de desarrollo y elaboración de la tesis se ha buscado; en revistas de investigación en educación, memorias de congresos y encuentros, etc.; la aparición de trabajos relacionados con las concepciones acerca de la gravedad newtoniana que han construido, en distintos momentos, docentes-investigadores que se desempeñan en diferentes niveles del sistema educativo.

Lo cierto es que, la mayoría de esos trabajos versan sobre las concepciones en niños, jóvenes y adultos y de qué manera, las mismas, han influenciado la forma de cómo dan cuenta de la descripción de algunos fenómenos naturales que tienen relación con el concepto de gravedad.

Resulta oportuno, presentar un resumen de los trabajos que se han considerado más relevantes, por sus resultados en relación al tema de investigación.

IV.1.1. Joseph Nussbaum y Joseph Novak.

El trabajo *An assessment of children's concepts of the Earth utilizing structured interviews*, del año 1976, es pionero de las investigaciones sobre el aprendizaje del concepto de gravedad, con anterioridad a los trabajos de Driver y Viennot sobre concepciones alternativas. En él se estudian las concepciones sobre la forma de la Tierra, la extensión del cielo y la **geometría de la gravedad**; utilizando como método de indagación, entrevistas de tipo piagetianas.

Se muestra cómo evolucionan las concepciones alternativas con la edad de quienes fueron elegidos como objeto de investigación. Nussbaum realiza una clasificación en cinco estadios evolutivos para las diferentes concepciones: desde el más elemental (Tierra plana, cielo plano, gravedad absoluta sin relación con la Tierra) hasta el aceptado científicamente (Tierra esférica, cielo esférico infinito, gravedad dirigida al centro de la Tierra).

En lo que respecta a la concepción de gravedad, en los tres 3 primeros estadios (aproximadamente entre los 8/11 años de edad) se visualizan cambios, pero no en la geometría de la gravedad, aunque sí lo hace su relación con la tierra y el cielo; la gravedad es absoluta, con dirección hacia abajo; esto es, existe un arriba – abajo en el espacio, e independiente de la Tierra.

Nussbaum considera que el concepto de gravedad comienza a formalizarse en los dos últimos estadios (a partir de las edades entre 12 y 13 años). La gravedad deja de ser independiente de la Tierra.

En el estadio 4 reconoce que las cosas caen hacia el suelo (superficie terrestre), no estando la gravedad relacionada al centro del planeta.

Es en el estadio 5 (aproximadamente a los 13 años de edad), reconoce que la gravedad actúa radialmente dirigida hacia el centro de la Tierra. Aquí se construye la noción satisfactoria acerca de la gravedad, de acuerdo con la aceptación de la comunidad científica.

Cabe destacar que el autor trata solamente la gravedad en el entorno terrestre. Ver figura IV.1, en Anexos pág. 140.

IV.1.2. Ideas Científicas en la Infancia y la Adolescencia (Driver, Guesne, Tiberghien – 1992).

Este libro se desarrolla bajo la base de la tesis doctoral de Driver (1973). Driver manifiesta que la mente del aprendiz (sujeto que aprende) dispone de concepciones e ideas que ha ido construyendo, de manera espontánea y no académica, a través de su contacto con la naturaleza y de buscar y encontrar explicaciones que le permitan interpretar e intervenir sobre los hechos a los que se enfrenta. Muchas de estas ideas, por lo general, no coinciden con las concepciones aceptadas por la ciencia. El libro de Driver y otros, particularmente, trata las construcciones mentales que realizan niños y adolescentes acerca de la luz; la tierra como cuerpo cósmico; el calor; la fuerza y el movimiento; la estructura de la materia y la electricidad.

También analiza cómo la enseñanza (en el marco de la escolaridad) opera para producir el cambio conceptual que, a través de un aprendizaje significativo, permita anclar en el esquema mental del sujeto el concepto o idea en acuerdo con el conocimiento científico.

El capítulo 9 de este libro llamado La tierra como cuerpo cósmico, escrito por Nussbaum (1989); trabaja sobre las ideas que niños y adolescentes tienen acerca de la Tierra como un cuerpo cósmico. El autor menciona una serie de respuestas producidas, al realizar la pregunta: ¿cuáles creen que son las ideas más importantes para describir a la Tierra? Algunas de esas respuestas son:

- ✓ La Tierra es redonda.
- ✓ La Tierra gira alrededor de su eje y esto provoca el día y la noche.
- ✓ La Tierra gira alrededor del Sol.
- ✓ La Tierra forma parte del Sistema Solar.
- ✓ La Tierra es enorme y tiene un diámetro de aproximadamente 13000 km.
- ✓ La mayor parte de la superficie de la Tierra está cubierta por agua.

Todas ellas son correctas, y muchos niños y adolescentes pueden reproducirlas sin inconvenientes, aunque esto no significa que las comprendan o que hayan adquirido un aprendizaje significativo sobre esos conceptos. La dificultad en la comprensión de estas ideas puede radicar en lo que Piaget llama egocentrismo infantil, que consiste en que los niños y adolescentes formulan ideas para interpretar la realidad de acuerdo a su propia perspectiva y experiencia del contacto con el medio (marco de referencia egocéntrico).

En acuerdo al trabajo anterior mencionado, Nussbaum afirma que no es sencillo, ni espontáneo, llegar a la idea científica que *“la Tierra es una esfera rodeada por un espacio sin límites visibles, y que la gravedad está asociada a la Tierra y su dirección es radial hacia su centro.”* (Nussbaum, 1989).

IV.1.3. Trabajos de Matilde Vicentini.

A partir de 1981; Vicentini toma los resultados e ideas de Nussbaum, y le interesa examinar el concepto de gravedad en otros contextos distintos del terrestre. A esto se sumaron otros investigadores como; Ruggiero (1985), Mayer (1987), Noce (1988); que dan relevancia al conocimiento de sentido común, analizan la evolución histórica sobre el concepto de gravedad y exploran otros entornos espaciales, por ejemplo el lunar. Su aporte se considera de alto impacto, ya que permite indagar acerca de la construcción de la idea de gravedad en contextos diferentes al terrestre.

Otro trabajo relacionado con el anterior, realizado por Vicentini en 1989, fue sobre esquemas mentales de conocimiento de sentido común y la relación entre las ideas de peso, aire y gravedad con el fenómeno de caída libre. La investigación se realizó con alumnos de escuela secundaria italiana. La investigadora resalta tres esquemas de representación, que surgen como resultado del trabajo que realizó, basado en una serie de preguntas:

- ✓ la fuerza de gravedad que opera sobre el peso de los cuerpos provoca su caída;
- ✓ la fuerza de gravedad y el peso son dos causas independientes para la caída de objetos; y
- ✓ la fuerza de gravedad, el peso y el fenómeno de la caída son entidades no relacionadas.

El aire se invoca explícita o implícitamente como causa de peso o gravedad, o de ambos.

IV.1.4. Trabajos de Stella Vosniadou.

En 1991 inicia trabajos que tienen que ver con la forma de la Tierra y el concepto de gravedad terrestre y también sienta ideas sobre la investigación en Educación en Ciencias Naturales. La investigación se centra sobre una versión de modelos mentales.

En relación al aprendizaje, se destaca un trabajo llamado: *Cómo aprenden los niños*; en el que la autora establece doce principios para aplicar en el aula:

- 1) *“El aprendizaje requiere la participación activa y constructiva del estudiante.*
- 2) *El aprendizaje es primordialmente una actividad social, y para que este ocurra es fundamental que el alumno participe en la vida social de la escuela.*
- 3) *Las personas aprenden mejor cuando participan en actividades que perciben como útiles en la vida cotidiana y que son relevantes culturalmente.*
- 4) *El nuevo conocimiento es construido sobre las bases de lo que ya se entiende y se cree.*
- 5) *El empleo de estrategias efectivas y flexibles ayuda al estudiante a entender, razonar, memorizar y resolver problemas.*
- 6) *Los estudiantes deben saber cómo planear y monitorear su aprendizaje, determinar sus propias metas de aprendizaje y corregir sus errores.*
- 7) *Algunas veces el conocimiento previo puede obstaculizar el aprendizaje nuevo. Los estudiantes deben aprender cómo resolver las inconsistencias internas y, cuando es necesario, reestructurar los conceptos preexistentes.*
- 8) *Se aprende mejor cuando el material está organizado alrededor de explicaciones y principios generales que cuando se basa en la memorización de hechos aislados y procedimientos.*
- 9) *El aprendizaje se torna más significativo cuando las lecciones se aplican a situaciones de la vida cotidiana.*
- 10) *Aprender es una tarea cognitiva compleja que no puede ser apresurada. Requiere un tiempo considerable y períodos de práctica para comenzar a construir experiencia en el área.*
- 11) *Los niños aprenden mejor cuando sus diferencias individuales son tomadas en cuenta.*
- 12) *El aprendizaje está fuertemente influido por la motivación del alumno. La conducta y las afirmaciones de los maestros pueden motivarlos hacia el estudio.” (Vosniadou, 2000).*

IV.1.5. Tesis de doctorado de Silvia Stipcich.

Significados del concepto de interacción gravitatoria en estudiantes de nivel polimodal y puesta en práctica de una propuesta didáctica respecto a dicho concepto; del año 2004.

Describe las ideas que los estudiantes del nivel Polimodal de la Educación (actualmente, este nivel corresponde a la Educación Secundaria Orientada) emplean para otorgar significado al concepto de interacción gravitatoria y diseña y pone en práctica una propuesta didáctica que incorpora al concepto de interacción como principio articulador de los contenidos de la Física que se estudia en la escuela, a nivel polimodal. Reconoce el concepto de interacción gravitatoria como estructurante para la asignatura Física en ese nivel de educación formal.

Para la autora (2007), se requiere producir un cambio ontológico al introducir la noción de campo con respecto al concepto de fuerza a distancia de perspectiva newtoniana. A través de una propuesta didáctica desarrollada desde la perspectiva de la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud, organiza la enseñanza de la interacción gravitatoria en la escuela secundaria.

IV.1.6. Tesis de doctorado de Néstor Camino.

Génesis y evolución del concepto de gravedad, construcción de una visión de universo; del año 2005.

Su trabajo trata de qué manera se ha dado la evolución del concepto de gravedad a través de la historia de la humanidad y de cómo ese concepto ha permitido diferentes visiones de mundo y de universo. En su tesis, resulta muy interesante y de una importancia didáctica trascendente, la discusión del concepto de peso y de fuerza gravitatoria. Puede notarse en su desarrollo que, el uso de la idea de peso, se constituye como obstáculo didáctico (y epistemológico) para la comprensión del concepto de interacción gravitatoria (fuerza gravitatoria).

“La concepción de gravedad existente en la mayoría de las personas, especialmente en los chicos, se remite casi exclusivamente al planeta Tierra, no se la traslada a otros cuerpos a escala astronómica o al espacio libre, y prácticamente no evoluciona más allá de la noción que se haya construido desde la infancia hasta los primeros años, 13, 14 de la adolescencia, condicionando esto por consiguiente las visiones de mundo que estas personas hayan construido a lo largo de sus vidas.” (Camino, 2005).

En “Concepciones sobre la gravedad en estudiantes de magisterio y docentes de EGB”, del mismo autor, la investigación se realiza en un lugar geográfico bien delimitado, mediante entrevistas personales no estructuradas para relevar ideas acerca de la gravedad de un grupo de docentes y de estudiantes para docentes, buscando caracterizar las concepciones que han construido y su funcionamiento en diferentes contextos espaciales (Tierra, Luna, espacio a gran escala). De los resultados de este trabajo se debe destacar que la mayoría de los entrevistados han logrado la construcción del concepto de gravedad con acuerdo al estadio IV o V establecidos por Nussbaum; sin embargo, asocian la gravedad a la presencia de atmósfera y, la mayoría no mencionan la masa como causa para la gravedad.

IV.1.7. Tesis de Maestría de Jennifer Carolina Sotelo Fajardo.

El concepto de gravedad desde las concepciones de Newton y Einstein: Una propuesta didáctica dirigida a estudiantes de Ciclo V. 2012; Bogotá (Colombia).

“Se presenta el desarrollo del concepto gravedad a partir del estudio histórico, epistemológico y disciplinar enmarcado en la ley de gravitación universal y la teoría general de la relatividad. Asimismo, se muestra el diseño e implementación de la unidad didáctica: Gravedad desde las concepciones de Newton y Einstein la cual busca transponer el saber científico al saber escolar en los estudiantes de ciclo V del Colegio Nueva Delhi profundizando en el estudio del concepto gravedad bajo premisas constructivistas.” (Sotelo Fajardo, 2012).

Desde una perspectiva constructivista y ausubeliana, la tesis presenta el diseño de una unidad didáctica con la que busca profundizar en el análisis del concepto de gravedad desde lo propuesto por Newton y Einstein con estudiantes de la escuela mencionada. La unidad didáctica presenta cinco 5 unidades de aprendizaje: y los cuerpos caen...; la gravedad como aceleración; principio de equivalencia; gravedad como curvatura del espacio I; gravedad como curvatura del espacio II.

Una de las conclusiones obtenidas en este trabajo que interesa destacar es: *“La reconstrucción histórico-epistemológica del concepto de gravedad en el aula permite reubicar los sistemas de explicación de los estudiantes como categorías de aprendizaje, donde los conceptos tienen sentido en un contexto más amplio, como son los sistemas explicativos en proceso de reconstrucción constante para la generación de competencias conceptuales, procedimentales y actitudinales de carácter científico.”*

IV.1.8. Algunos artículos en revistas de investigación educativa.

- a) Análisis de las dificultades de los conceptos de peso y gravedad: algunos resultados de investigación desde un marco teórico neuroconstructivista. Este artículo fue publicado en la Revista de Enseñanza de la Física (Vol. 20 del año 2007).

Las autoras, Dibar Ure y Pérez; analizan y discuten datos de investigaciones que permiten plantear la complejidad de las dificultades involucradas en la comprensión de los fenómenos relacionados con la gravedad. Se ponen en cuestión las manifestaciones cotidianas de la gravedad que, por su presencia insoslayable, adquiere una cierta invisibilidad. Desde el marco teórico del neuroconstructivismo y la especificidad de dominio se analizan los distintos aspectos de las representaciones y su contribución o impedimento para la enseñanza de la gravedad en diferentes niveles educativos.

- b) Concepciones de maestros de primaria sobre el planeta Tierra y gravedad. Implicaciones en la enseñanza de la ciencia; del año 2008; de Ma. Teresa Fernández Nistal y Sergio Humberto Peña Boone (Sonora, México). Relevan y estudian concepciones, en maestros, sobre la forma del planeta Tierra y el sistema de referencia geométrico determinado por la gravedad. Utilizan como instrumento la entrevista semiestructurada individual que les permite relevar cuatro concepciones:

- 1) el planeta Tierra tiene una forma indefinida;
- 2) la Tierra es una esfera en cuyo interior viven las personas;
- 3) la Tierra es esférica y las personas viven en su superficie según un sistema de referencia absoluto hacia abajo; y
- 4) la concepción científica.

Los resultados obtenidos arrojaron que un 49 % de los maestros entrevistados (80 en total) presentaron concepciones alternativas correspondientes a 1), 2) y 3). Y existe una mayor frecuencia de estas concepciones alternativas en las maestras (70,82 %).

“Las implicaciones educativas que señalan los resultados de este estudio apuntan al diseño y planificación de programas de formación de calidad y equidad, para maestros en el área de la enseñanza de las ciencias. Las instituciones educativas tienen que tomar las medidas más adecuadas para que todos los maestros de primaria logren una alfabetización científica en ciencias, que les permita ser profesionales de la educación informados, críticos y responsables, capaces de tomar decisiones individuales y colectivas sobre los problemas científicos y tecnológicos.” (Fernández Nistal et al., 2008).

Aclaración:

Hasta el momento de la construcción del marco teórico no se encontraron artículos o trabajos que indaguen las concepciones sobre Gravitación Newtoniana en docentes de ciencias (para los considerados en esta tesis) que se encuentren ejerciendo la docencia secundaria en una localidad en particular. Así mismo, tampoco se estudiaron artículos en los que sean considerados como docentes de ciencias, a los profesores de Biología, Física, Química, Físico-Química y Geografía.

IV.2. Presentación del problema.

IV.2.1. Tema de investigación.

Esta investigación ha indagado acerca de las concepciones sobre Gravitación Newtoniana relevadas en docentes de ciencias que ejercen en las escuelas secundarias de la ciudad de Casilda y ha tratado de dilucidar de qué forma aquellas se relacionan con las propuestas didácticas que los mismos plantean a los estudiantes.

IV.2.2. Enunciado del problema de investigación.

Cómo se relacionan las concepciones sobre Gravitación Newtoniana, relevadas en los docentes de ciencias de las escuelas secundarias de Casilda, con el desarrollo de las propuestas didácticas que proponen a los estudiantes, durante sus prácticas áulicas.

Según el contenido de la situación planteada, fue necesario indagar acerca de las concepciones que los docentes de ciencias de las escuelas secundarias de Casilda han construido sobre Gravitación Newtoniana (como interacción a distancia, aunque teniendo en cuenta el campo gravitatorio) y; tratar de comprender de qué manera, explícita o implícita, esas ideas influyen en las decisiones didácticas que escogen cuando producen actividades áulicas y/o sus planificaciones.

Tal como ya fue indicado, para esta tesis se consideró docentes de ciencias a aquellos profesores que se desempeñan en los espacios curriculares de: Física, Química, Físico-Química, Biología y Geografía.

En el transcurso de la investigación, se intentó dar respuesta a una serie de preguntas que resultan relevantes:

- ¿Qué concepciones sobre Gravitación Newtoniana aparecen en los docentes de ciencias de las escuelas secundarias de Casilda?
- ¿Qué lugar le asigna el docente al tema Gravitación Newtoniana en la planificación construida en base al Diseño Curricular Jurisdiccional?
- ¿Qué relaciones aparecen entre las concepciones de Gravitación Newtoniana de los docentes y las propuestas didácticas elaboradas?
- ¿En qué situaciones de aula desarrollada por los docentes de ciencias, incorporan (explícita o implícitamente) el tema gravitación?

- ¿Qué argumentos esgrimen los docentes para explicitar o no explicitar la Gravitación Newtoniana en el desarrollo de sus clases?
- Cuando hacen mención al **peso de** ¿están haciendo referencia a una propiedad del sistema al que le asignan peso?

IV.2.3. Objetivos de investigación

El proceso de investigación fue guiado por una serie de objetivos; uno de orden general y otros, de orden específicos. Resultó prioritario que estos objetivos estén subordinados lógicamente a los fundamentos planteados en la tesis, como así también a la situación problemática establecida.

Esto permitió que toda la metodología aplicada tienda a lograr un producto final que permita dar respuesta clara acerca de las concepciones de los docentes sobre Gravitación Newtoniana y, permita entender cómo estas influyen en la práctica docente. Finalmente, la lógica de la investigación permitió realizar una serie de recomendaciones y propuestas didácticas que logren visibilizar la interacción gravitatoria en las experiencias de aula.

IV.2.3.1. Objetivo general

Comprender la relación entre las concepciones sobre Gravitación Newtoniana relevadas en los docentes de ciencias de las escuelas secundarias de Casilda y las propuestas didácticas que presentan a los estudiantes.

IV.2.3.2. Objetivos específicos

- Releva las concepciones sobre Gravitación Newtoniana que explicitan los docentes de ciencias de las escuelas secundarias de Casilda.
- Identificar de qué manera los docentes de ciencias hacen aparecer (explícita o implícitamente) la Gravitación Newtoniana en la enseñanza de los fenómenos que intentan explicar y en las actividades que proponen a los estudiantes.
- Releva qué fenómenos de todos los enseñados por los docentes (a juicio de ellos) incluyen el tema gravedad.
- Realizar recomendaciones sobre propuestas didácticas que incorporen la idea de Gravitación Newtoniana para la descripción y explicación de fenómenos naturales.

IV.2.4. Hipótesis de investigación

Debido que esta investigación, de tipo cualitativa tiene un carácter descriptivo y exploratorio, no sería necesario formular una hipótesis, aunque es conveniente explicitar alguna idea sobre qué se podría encontrar al relevar los datos y buscar relaciones con las actividades áulicas que los docentes proponen en su quehacer.

Durante el desarrollo de la asignatura Metodología de la Investigación Educativa (del curriculum de la maestría) y como resultado de la consulta en la bibliografía sugerida, se ha establecido una enriquecedora discusión acerca de la conveniencia (o no) de explicitar una hipótesis para este tipo de investigación. Así mismo, ante la pertinente observación de una Evaluadora a la primera versión de esta Tesis, sobre el planteo de una hipótesis; resulta conveniente dar cuenta del porqué enunciarla.

Se es consciente que *“las hipótesis indican lo que estamos buscando o tratando de probar y se definen como explicaciones tentativas del fenómeno investigado, formuladas a manera de proposiciones... No todas las investigaciones plantean hipótesis. El hecho de que formulemos o no hipótesis depende de dos factores esenciales: el enfoque del estudio y el alcance inicial del mismo.”* (Sanchez Sampieri, 2014).

Para esta tesis, la hipótesis no tiene el sentido que se le otorgaría en una investigación de tipo cuantitativa cuyo método es el deductivo (en el que su alcance puede ser correlacional o explicativo); o en caso de un estudio descriptivo, que refiera un pronóstico sobre algún hecho. No es el enunciado de la hipótesis el que marca el rumbo en esta investigación, en todo caso lo que se intenta buscar es dar respuesta a las preguntas de investigación anteriormente planteadas.

Las hipótesis en un enfoque deductivo y explicativo son propias de la investigación en las Ciencias Naturales (puede leerse tópico II.1. en pág. 15, Fundamentación Epistemológica).

Queda claro, entonces, que para este trabajo la acepción de hipótesis es diferente a la usada tradicionalmente. En este caso, mediante una investigación cualitativa, descriptiva y **exploratoria**, se busca conocer el estado de las concepciones que tienen los docentes de ciencias sobre Gravitación Newtoniana; que, en principio, existe cierta ignorancia.

Pero, tal cómo se describió en Motivaciones (I.2. págs. 10 y 11); la experiencia de muchos años de ejercicio docente en la Educación Secundaria, el amplio conocimiento del territorio escolar de la ciudad de Casilda y el tratamiento del Diseño Curricular Jurisdiccional; hacen posible que el investigador tenga alguna idea sobre lo que se va hallar en los docentes de ciencias; se pueda entrever un horizonte posible de alcanzar y conocer. En este sentido, el enunciado de la hipótesis es posible, sin que (como ya se indicó) tenga el significado tradicional de los planteos de causa-efecto.

Es de esperar que la hipótesis, en general, concuerde con el/los objetivo/s de la investigación y guíe algunas respuestas a las preguntas de investigación propuestas precedentemente.

El enunciado de la hipótesis es:

La concepción sobre Gravitación Newtoniana, relevada en los docentes de ciencias de las escuelas secundarias de la ciudad de Casilda, influencia fuertemente las acciones didácticas llevadas al aula: cuando se la trata explícitamente, está relacionada principalmente con el concepto de peso, referido sólo a un contexto terrestre y, en la mayoría de los casos (en temas de Química, Biología, Geografía, y algunos de Física), no se la trata ni menciona explícitamente, y no se hace mención a la función determinante de la gravedad en los fenómenos estudiados.

*“Si he realizado descubrimientos invaluables
ha sido más por tener paciencia que cualquier
otro talento”*

Isaac Newton (1642-1727)

CAPÍTULO V

METODOLOGÍA

Es momento para describir y explicar el tipo de investigación que se desarrolló; describir las características generales del lugar en el que se realizó; explicitar las condiciones de selección de la muestra y la descripción detallada de la misma; y presentar el desarrollo de los instrumentos utilizados para la toma de datos.

V.1.- Tipo de investigación.

La investigación es de tipo **cualitativa** ya que el estudio se realizó sobre los actores (docentes) en su contexto natural de trabajo, observando conductas que manifiestan acerca de sus ideas sobre Gravitación Newtoniana.

Se reconoce a la investigación cualitativa como *“aquella que produce datos descriptivos: las propias palabras de las personas (habladas o escritas) y la conducta observable.”* (Taylor et al., 1987).

Además, se la entiende *“como una categoría de diseños de investigación que extraen descripciones a partir de observaciones que adoptan la forma de entrevistas, narraciones, notas de campo, grabaciones, transcripciones de audio, registros escritos de todo tipo, etc.”* (LeCompte, 1995).

En general (según esta autora) las investigaciones cualitativas se preocupan por el entorno de los acontecimientos y centran la indagación en esos entornos, tal y cómo se encuentran, sin que sean modificados por el investigador. Esto último, permite considerar a este proceso de investigación con característica de **exploratorio**.

También, este trabajo se entiende como **descriptivo** ya que se trató de describir situaciones y hechos en referencia al tema elegido.

“Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis.” (Hernández Sampieri et al., 2014).

La metodología conveniente, y por tanto elegida fue; entre una variedad de métodos que muchos autores proponen para una investigación cualitativa; la **fenomenología**, entendida como la descripción y análisis de lo observado (el fenómeno) en los docentes de ciencias, acerca de las ideas y concepciones en torno a la Gravitación Newtoniana.

Los instrumentos más convenientes para recabar datos; de acuerdo al tipo de investigación mencionado; y que permitan asegurar el cumplimiento de los objetivos trazados, son:

- ✓ **cuestionario y;**
- ✓ **entrevistas estructuradas y personales en profundidad.**

V.2.- Descripción del lugar en el que se realizó la investigación.

La ciudad de Casilda está situada en la zona sur de la Provincia de Santa Fe, ubicada a 60 km de la ciudad de Rosario. Es la capital del Departamento Caseros y tiene una población cercana a los 45000 habitantes. Su actividad principal es la agrícola ganadera, tiene dos industrias importantes vinculadas a metal-mecánica y otras empresas de básculas. Es la Capital Provincial de la Miel y Capital Nacional de la Báscula; además de ofrecer una amplia gama de actividades culturales, deportivas y sociales.

En cuanto al ámbito escolar, en Casilda se establecieron:

- seis (6) Jardines de Infantes;
- nueve (9) Escuelas de Educación Primaria;
- siete (7) Escuelas de Educación Secundaria; y
- tres (3) Instituciones de Educación Superior, entre las que se encuentra un Instituto Terciario de Formación Docente.

El nivel secundario en la provincia de Santa Fe tiene 5 años de duración (2 para el ciclo básico y 3 para el ciclo orientado). El proceso de investigación se realizó en el ámbito de las escuelas de educación secundaria de gestión pública y privada de la ciudad de Casilda.

A continuación, se ofrece una breve descripción de las mismas; indicando la nominación de la institución, el tipo de gestión, la matrícula (aproximada), el/los turno/s de funcionamiento, la/s modalidad/es del ciclo orientado y la cantidad de docentes que ejercen en los espacios curriculares considerados de ciencias:

- Nominación Institución: EESO N° 202

Tipo de Gestión: Pública

Matrícula (aprox.): 500 alumnos

Turno: matutino

Modalidades: Cs. Naturales – Cs. Sociales y Humanidades – Informática

Cantidad docentes de ciencias: 15 (quince)

- Nombre Institución: EESO N° 209
 Tipo de Gestión: Pública
 Matrícula (aprox.): 600 alumnos
 Turnos: matutino - vespertino
 Modalidad: Administración y Economía
 Cantidad docentes de ciencias: 10 (diez)

- Nombre Institución: EESO N° 417
 Tipo de Gestión: Pública
 Matrícula (aprox.): 400 alumnos
 Turnos: matutino – vespertino - nocturno
 Modalidades: Ciencias Naturales - Economía y Administración
 Cantidad docentes de ciencias: 15 (quince)

- Nombre Institución: EETP N° 283
 Tipo de Gestión: Pública
 Matrícula (aprox.): 400 alumnos
 Turnos: matutino - vespertino
 Modalidades: Técnico Profesional en Electromecánica y en Informática
 Cantidad docentes de ciencias: 8 (ocho)

- Nominación Institución: EETPPI N° 8180
 Tipo de Gestión: Privada
 Matrícula (aprox.): 280 alumnos
 Turno: matutino - vespertino
 Modalidad: Técnico Profesional en Electromecánica
 Cantidad docentes de ciencias: 11 (once)

- Nominación Institución: EESOPPI N° 3176
 Tipo de Gestión: Privada
 Matrícula (aprox.): 300 alumnos
 Turno: matutino
 Modalidades: Cs. Naturales - Cs Sociales y Humanidades
 Cantidad docentes de ciencias: 9 (nueve)

- Nominación Institución: EESOPÍ N°3100
 Tipo de Gestión: Privada
 Matrícula (aprox.): 220 alumnos
 Turno: Matutino
 Modalidad: Administración y Economía
 Cantidad docentes de ciencias: 8 (ocho)

La cantidad de docentes totales de cada una de las disciplinas de ciencias, en todas las escuelas secundarias de Casilda pueden observarse en la presente tabla:

Disciplina escolar de Ciencia	Cantidad de docentes
Biología	19
Física	13
Química	13
Físico-Química	14
Geografía	17

Esta cantidad de profesores se obtuvo de la observación de las grillas de horarios de clases de cada una de esas escuelas. Algunos de estos docentes se repiten en diferentes espacios curriculares; por ejemplo, un docente de Física también puede ser de Físico-química; en la misma escuela y/o en escuelas distintas.

Por tanto, teniendo en cuenta esas condiciones, la cantidad total de profesores que se desempeñan en cada espacio curricular de ciencias, resulta ser la siguiente:

Disciplina escolar de Ciencia	Cantidad de docentes
Biología	15
Física	10
Química	8
Físico-Química	10
Geografía	12

Estos datos permitieron establecer el **universo** para la investigación, constituido por **55 (cincuenta y cinco) profesores** distintos de los **espacios curriculares de ciencias**.

En la Figura V.1 pag. 141 en Anexos, se muestra un plano de la ciudad de Casilda con la ubicación de las 7 (siete) escuelas de educación secundaria.

Una característica particular de la ciudad, es que todas las escuelas secundarias se encuentran localizadas en la zona céntrica, distantes muy pocas manzanas entre cada una de ellas. Es para observar que las tres escuelas, con mayor matrícula, están ubicadas en dos manzanas adyacentes (en la referencia del plano son la 1, 2 y 3). Esto constituye un obstáculo para el desplazamiento de jóvenes (no son poca cantidad) que residen en zonas periféricas de Casilda.

V.3.- Selección de la muestra.

Los instrumentos que fueron elegidos para obtener los datos necesarios que permitieron relevar las concepciones sobre Gravitación Newtoniana, en los docentes de ciencias de las escuelas secundarias de Casilda fueron:

a) Cuestionario y

b) Entrevista estructurada personal en profundidad.

La cantidad de docentes de ciencias que consituyeron la **muestra** a describir y analizar, surgió de la totalidad de cuestionarios completados.

A los efectos de su aplicación, a principios de junio de 2018, se tomó contacto con los/las directores/as de las escuelas secundarias; y se solicitó permiso para presentarlo a los docentes que se encontraban trabajando en cada institución.

En el mismo encuentro, utilizando la grilla de horarios de clases, se verificó la cantidad de profesores que estaban trabajando en los espacios curriculares de ciencias. Una observación importante, que permitió armar el cronograma para la aplicación del cuestionario de manera rápida, resultó que en las siete escuelas secundarias la mayor carga horaria de las asignaturas afectadas se encontraba distribuida entre los días martes, miércoles y jueves.

Una vez obtenido el permiso solicitado, se pudo aplicar este intrumento en el transcurso de una semana (considerando el turno de la mañana y de la tarde), con el objeto de minimizar la comunicación entre los docentes intervinientes y que esto pueda producir respuestas dirigidas de antemano.

De acuerdo con los horarios de clases de cada escuela, se presentó el cuestionario a los profesores de ciencias que, en ese momento estaban cumpliendo sus tareas docentes en cada establecimiento escolar. No se aplicó este instrumento a los profesores que se encontraban reemplazando en alguna de esas asignaturas, por un tiempo inferior a un mes.

En cada institución se facilitó un salón para poder trabajar y en ese lugar se entregaron los cuestionarios para que sean completados individualmente; sin recurrir a bibliografía, consultas por internet y/o consultas entre ellos.

Solo se dio oportunidad para qué, ante la duda en alguna consigna, soliciten la aclaración correspondiente en voz alta. Se estipuló un tiempo no mayor a treinta (30) minutos para realizar el cuestionario y la entrega del mismo al retirarse del salón.

Al finalizar la aplicación del instrumento (realizado en el lapso de una semana), se obtuvieron **treinta y cuatro (34) cuestionarios completos**.

Por lo que, la **muestra** quedó compuesta por **34 profesores de ciencias**, que representan un **61,8%** del universo de **55 docentes de ciencias** en las escuelas secundarias de la ciudad de Casilda.

Unidad de análisis:

Docentes de ciencias de las escuelas secundarias de Casilda (Biología, Física, Química, Físico-Química y Geografía).

Selección de la muestra para la aplicación del cuestionario:

Cumplimentaron el cuestionario (en forma voluntaria) los docentes de los espacios curriculares de ciencias que se encontraban ejerciendo la tarea docente en cada institución. Se adoptó como docente de la asignatura: Biología, Física, Química, Físico-Química y Geografía; independientemente de su titulación, a quienes estaban al frente del aula en calidad de titular, interino o reemplazante con más de un mes de antigüedad en ese espacio.

A continuación, se presenta un cuadro con la composición de la muestra, ordenado por escuela secundaria en la que se completó el cuestionario, indicando el nombre del docente (ficticio respetando el género, preservando la identidad de quién voluntariamente aceptó participar de la investigación), la edad y el espacio curricular.

Escuela	Nombre	Edad	Espacio Curricular
EESO N° 202	Rosana	34	Geografía
	María Rosa	33	Geografía
	Cecilia	49	Biología
	Marcela	51	Física
	Miriam	50	Química
	Susana	33	Físico-química
EESO N° 209	Sandra	56	Geografía
	Marta	45	Biología
	Elisa	28	Biología
	Liliana	48	Biología
	Nadia	51	Física
EESO N° 417	Anaía	38	Geografía
	Paula	40	Biología
	Florencia	31	Biología
	Estefanía	51	Física
EETP N° 283	Lina	45	Geografía
	Cristina	41	Química
	Diego	31	Química
	Virginia	37	Físico-química
EETPPI N° 8180	Claudia	52	Geografía
	María Ana	53	Física
	Santiago	34	Física
	Mauricio	29	Física
	Carla	53	Química
	Pablo	48	Físico-química
	Alberto	35	Físico-química
EESOPIN°3176	Laura	57	Biología
	Osvaldo	35	Biología
	Lisandro	50	Física
	Andrea	31	Química
EESOPIN° 3100	Ana Clara	52	Geografía
	Natalia	38	Biología
	Rocío	53	Biología
	Antonela	25	Física

En la tabla que sigue se explicitan los totales de docentes de cada espacio curricular, y cuántos (se agrega el porcentaje) completaron el cuestionario.

Espacio curricular de ciencia	Cantidad total docentes en escuela secundaria	Cantidad docentes que realizaron cuestionario (muestra)	Porcentaje (%)
Biología	15	10	66,7
Física	10	8	80,0
Química	8	5	62,5
Físico-Química	10	4	40,0
Geografía	12	7	58,3
TOTALES	55	34	61,8

V.4.- Instrumentos para la toma de datos.

V.4.1.- Cuestionario.

El cuestionario es el instrumento que fue considerado de mayor importancia para la toma de datos; pues permitió relevar las concepciones de los profesores, acerca de la Gravitación Newtoniana. Es un instrumento de sencilla y rápida aplicación para recabar información, que luego de analizarla permitió dar respuestas a las preguntas de investigación planteadas, en acuerdo con los objetivos generales y específicos fijados.

Se utilizó para; indagar la experiencia laboral del docente, la/las disciplina/s que dictaba, la o las escuela/s en que se desempeñaba, la cantidad de estudiantes que tenía a cargo y las **ideas** y **conceptos** que han construido a lo largo de su trayectoria (en su formación, durante su actividad y en situaciones de capacitación y actualización académicas) sobre los temas: gravedad, fuerza gravitatoria, gravitación universal, campo gravitatorio, etc.

Era de esperar que la aplicación del cuestionario resultara determinante para:

- a) tener un registro de alta confiabilidad de las unidades de análisis que conformaron la muestra, para analizar los datos colectados y poder establecer las concepciones acerca de la gravedad newtoniana expuestas por los docentes intervinientes y;

b) tener información que permita seleccionar (de acuerdo al resultado que brinde el análisis de los datos) un grupo de 5 (cinco) profesores para ser entrevistados, con el objeto de conocer propuestas didácticas que ofrecen a sus estudiantes en base a sus ideas y relaciones establecidas entre los conceptos tratados.

El cuestionario se elaboró con una serie de consignas para que los docentes pudieran responder de manera rápida, volcando aquello que le surja en el momento, sin recurrir a consultas bibliográficas o de otro tipo.

En páginas 142 a 143 A1 de Anexos, se puede observar el formato del cuestionario entregado a cada docente participante; que contiene, además, un breve encabezamiento explicando las razones de su aplicación y haciendo mención al anonimato en la actividad.

La información obtenida en las consignas 2 y 4 permitió analizar la distribución de los docentes de ciencias, en cuanto a su edad y la experiencia laboral por la antigüedad en la docencia.

La consigna 3 sirvió para conocer qué participantes poseen título docente para el espacio curricular que dicta y su titulación.

La consigna 5 permitió tener conocimiento en qué escuela/s secundaria/s se desempeñaba el docente.

La consigna 6 permitió tener información acerca de en qué cursos el profesor realizaba la tarea áulica.

La consigna 7 posibilitó conocer en qué espacio/s curricular/es ejercía la actividad docente.

Los datos relevados en estas primeras preguntas permitieron obtener el conocimiento de características generales de cada uno de los profesores, posibilitando caracterizar la muestra en cuanto a titulación; experiencia en la actividad docente; escuela/s en las que trabaja; curso/s y espacio/s curricular/es de desempeño.

La consigna 8 generó información más sensible; pues posibilitó conocer la cantidad total de estudiantes que el docente tenía a su cargo en las aulas. Esta cantidad resulta independiente de la asignatura en la que ejercía. Por ejemplo, un docente puede dictar el espacio curricular Matemática o Historia, asignaturas que no están contempladas en esta investigación.

En el mismo ítem, se recabó otro dato relacionado con el anterior, la cantidad de estudiantes que el docente tenía a cargo en los espacios de ciencias, independientemente de la escuela. El dato obtenido, permitió estimar la cantidad de estudiantes que podrían estar influenciados por la concepción de Gravitación Newtoniana del profesor. Este insumo resultó de utilidad para seleccionar los participantes para ser entrevistados.

Las consignas 9 a 11 constituyeron el núcleo de mayor interés del cuestionario, pues son las que posibilitaron inferir (luego de analizarlos en profundidad) qué concepciones ha construido el docente de ciencia acerca de la Gravitación Newtoniana. En ellos aparecen **conceptos** que pueden ser usados en las clases de ciencias; **contextos** en los que pueden aplicarse las ideas relacionadas con la gravedad newtoniana; y qué respuesta/s puede brindar el profesor si le preguntan **¿qué es la gravedad...?**

Por último, la consigna 12 cierra el cuestionario dejando libertad para que el participante pueda, a través de un dibujo, un esquema, etc., poner de manifiesto su idea de gravedad o de gravitación.

Las consignas 9, 10, 11 y 12 se utilizaron como insumos para las entrevistas.

V.4.2.- Entrevista.

Esta técnica es muy adecuada en las investigaciones de tipo cualitativa, descriptiva y exploratoria. Permite coleccionar datos acerca de las concepciones, en un entorno muy diferente al del cuestionario. El entrevistado es consultado, a través de preguntas directas y el investigador puede observar sus gestos, repreguntar y ayudar a establecer relaciones entre conceptos de forma intencionada. Además, durante las entrevistas se hizo énfasis en el tipo de situación didáctica que el profesor presenta a sus estudiantes, intencionalmente buscando el aprendizaje de la gravedad.

Por tanto, atendiendo a la individualidad del entrevistado, la entrevista se planteó **personal, estructurada** por un guion con preguntas (protocolo de entrevista) ya elaboradas, pero con la intención de establecer un diálogo que lleve a otras ideas y conceptos que manifieste el docente y que pueden no estar explicitados en ese guion.

En este sentido, la entrevista resultó ser **en profundidad** pues se transforma en un diálogo. La entrevista en profundidad persigue “*la comprensión de las perspectivas que tienen los informantes respecto de sus vidas, experiencias o situaciones, tal como las expresan con sus propias palabras.*” (Taylor et al, 1987).

Criterio de selección para la entrevista.

Para la selección de los docentes a ser entrevistados, se consideró:

- En principio, la cantidad de alumnos que cada uno tenía a su cargo a través de los espacios curriculares que dicta, debido que se espera conocer el impacto que tienen sus concepciones sobre las propuestas didácticas que ofrece a los estudiantes.

En este caso (con los datos brindados por la consigna 8 del cuestionario), las ideas y concepciones que los docentes entrevistados manifiesten tener sobre Gravitación Newtoniana podrían influir sobre una sustantiva cantidad de estudiantes; en relación con la cantidad total de jóvenes escolarizados en las escuelas secundarias de la ciudad de Casilda, alrededor de 3000 estudiantes.

- En segundo lugar, es relevante para la selección, la antigüedad de desempeño; teniendo en cuenta cierta cantidad de años de experiencia en la docencia (más de 6 años) y también, considerar que pueda tener algunos años más de trabajo docente (antes de optar por la jubilación).
- Finalmente, la cantidad de cursos que cada docente tenía a su cargo, ya que si el desempeño se cumple en todos (o en la mayoría) de los cursos, tiene más posibilidades de abordar las temáticas que son de interés para esta tesis.

De los treinta y cuatro (34) profesores que completaron el cuestionario fueron seleccionados cinco (5) para ser entrevistados; uno por cada espacio curricular, teniendo en cuenta que los profesores que (en esos) se desempeñaban son docentes de ciencias.

Esta cantidad representa un 14,7% de los docentes que realizaron el cuestionario. Es un bajo porcentaje, aunque en este caso el objeto de la entrevista es completar información obtenida. Además, en encuentros del Taller de Tesis (durante el cursado de la Maestría) se sostuvo que no es conducente, para una investigación bien acotada, que el número de entrevistas sea elevado; considerando que con diez entrevistados ya resulta muy complicado el análisis de los datos.

Protocolo de entrevista.

Luego de la elección de los profesores a ser entrevistados, se decidió llevar adelante el procedimiento en alguna escuela secundaria, elegida por cada uno de ellos. Cada entrevista no superó los 45 minutos, y fueron realizadas durante tres días consecutivos, con la intención de minimizar la comunicación entre los participantes y que, entre ellos puedan comentar el desarrollo de las mismas.¹

Al comienzo de la entrevista se explicaron los alcances de la tesis de maestría y la confidencialidad de la información que se generaría. También, se indicó que los resultados del trabajo de investigación estarán a disposición de los participantes, luego de la aprobación y publicación de la tesis. En cada entrevista, se utilizó como insumo el cuestionario que el entrevistado había completado durante la intervención de ese instrumento.

Durante el desarrollo de estas, las preguntas se realizaron de manera pausada y permitiendo tiempo, al entrevistado, para que pensara la respuesta; que fue escuchada sin intervención.

En acuerdo a la respuesta, en algunos casos se hicieron re-preguntas que no estaban consideradas en el protocolo elaborado.

A continuación, se expone el protocolo para las entrevistas. Debajo de cada pregunta aparece un breve comentario que fundamenta la realización de la misma:

a) **¿Qué espacios curriculares (y en qué curso/s) dictás en la Educación Secundaria?**

Debido al tiempo transcurrido entre la aplicación del cuestionario y la entrevista; se hace necesario tener el dato actualizado.

b) **Aproximadamente, ¿qué cantidad de estudiantes (en total) tenés a cargo en la Educación Secundaria?**

Debido al tiempo transcurrido entre la aplicación del cuestionario y la entrevista; se hace necesario tener el dato actualizado.

c) **Decíme, ¿qué entendés por Gravedad Newtoniana? ¿Cómo podés relacionar tu idea de gravedad con el contexto en que lo trabajás?**

Para conocer cuál es el concepto que tiene el entrevistado sobre gravedad; y si hace explícita esas ideas en alguna/s de las actividades didáctico-áulicas. El entrevistado puede, si lo desea, recurrir a lo expresado en el cuestionario.

¹ En página 87, **Un comentario**, se describen algunas dificultades para la realización de las entrevistas.

- d) **En el cuestionario, realizaste un dibujo (representación) que manifiesta tu idea sobre gravedad. Luego de mirar el dibujo, decime qué quisiste expresar.**
En la representación puede poner muy de manifiesto él o los entorno/s que cree relacionados con la gravedad; además del concepto adquirido.
- e) **¿Conocés cómo fue cambiando la idea de gravedad en el transcurso de la historia?, decime cuáles fueron (según lo que te parece).**
Para conocer si el docente tiene en cuenta la Historia de la Ciencia y por lo tanto trabaja con los conceptos poniendo en evidencia las formas de producción y validación de los mismos. Es de suponer que en esta pregunta pueda surgir alguna idea de gravedad diferente a la newtoniana.
- f) **¿A qué referimos cuando hablamos de Gravitación Newtoniana?**
Para averiguar qué conoce y qué interpreta de la gravedad como acción a distancia ya que en el Diseño Curricular Jurisdiccional es la concepción que aparece con mayor frecuencia. También, se buscará si hace mención y reconoce el campo gravitatorio.
- g) **Comentá alguna situación didáctica que presentes a tus estudiantes en las que creas, estás explicitando la idea de Gravitación Newtoniana.**
Para conocer cuán explícito aparece el tema en las situaciones didácticas que presenta a los estudiantes a su cargo o si manifiesta alguna temática o tópico en los que crea que el tema está de manera implícita.
- h) **En los espacios curriculares correspondientes a las Ciencias Naturales se habla mucho de las interacciones entre el sistema en estudio y el medio ambiente. ¿Con qué frecuencia y profundidad trabajas la interacción gravitatoria?**
Para indagar si la interacción gravitatoria está explicitada en las temáticas que el docente realiza, o es algo dado por sentado.
- i) **Cuando en tus clases trabajás el concepto o la idea de peso, ¿te expresás en referencia al peso del cuerpo? ¿Por qué?**
Para buscar que el entrevistado dé cuenta del tratamiento del peso como una propiedad del cuerpo, o si lo reconoce como una interacción entre el cuerpo y el planeta Tierra.
- j) **¿Qué bibliografía de consulta utilizás para la preparación de tus clases y, el planteo de situaciones didácticas?**

Para intentar que el entrevistado pueda comentar sobre su planificación anual de la asignatura, será posible indagar acerca del tipo de bibliografía utilizada y el tratamiento que esta ofrece sobre gravitación newtoniana. En este trabajo no se pretende profundizar en el análisis de cómo las bibliografías usadas por los docentes tratan el tema gravitación.

Un comentario: Problemas para la realización de las entrevistas.

El cuestionario que cumplimentaron los profesores fue aplicado durante el mes de junio de 2018. Desde el mes de agosto de 2018, hasta finales de ese año, se llevaron a cabo las tareas necesarias para la descripción y análisis de los datos recolectados.

Los comienzos de ciclo lectivo en la provincia de Santa Fe, durante el período de estudio y de ejecución del trabajo de tesis, estuvieron afectados por jornadas de paros de actividades docentes. Por esto, no solo se prolongaba el inicio de clases, sino que también los profesores estaban preocupados por cuestiones ajenas a lo didáctico y lo académico. En razón a este panorama resultó imposible realizar el trabajo de campo (toma de cuestionarios y entrevistas) en los primeros meses de cada año académico.

Para el mes de mayo de 2019, estaban dadas las condiciones para realizar las entrevistas. Al momento de contactar a los profesores que se debía entrevistar, con el propósito de acordar las formas de realización de la misma; surgieron inconvenientes sorpresivos.

Los docentes seleccionados manifestaron (en conjunto) la decisión de no participar porque sentían a la entrevista como una **evaluación**.

Debido a esto hubo que repensar alguna estrategia, explicar con detalle los objetivos de la investigación y los propósitos de la entrevista; como así también retomar el cuestionario en los que estos profesores ya habían participado.

Se decidió convocar a los cinco docentes seleccionados y conversar abiertamente, para despejar dudas acerca del tratamiento en una entrevista personal. La observación crítica más recurrente resultó acerca de por qué consultar sobre la planificación y las actividades de aula. Otra manifestación, para destacar en esta oportunidad, es que ninguno de los profesores había tenido una experiencia de entrevista personal por una razón académica; apareciendo justificadamente el temor a lo desconocido.

Los cinco profesores actuaban como docentes co-formadores y, eran ellos quienes solían ponerse en rol de entrevistador cuando trabajaban con el alumno que realiza la práctica docente. Debido a esta observación y, a algunos otros ejemplos apropiados; se logró llegar a un acuerdo para aceptar participar de la aplicación del instrumento.

Por supuesto que, en este encuentro, no se dio ninguna pista acerca del protocolo de entrevistas; solo se explicitaron las razones para su aplicación y, la necesidad de contar con la colaboración de los convocados para poder finalizar el trabajo de campo en el proceso de investigación.

Resuelta esta situación (por supuesto no menor), se propuso la realización de las entrevistas a partir de abril de 2020. Y..., llegó la pandemia por COVID – 19.

Entonces, se retomaron las acciones del trabajo para la tesis, desde abril del 2022; y se logró re-organizar las entrevistas con los docentes seleccionados. Con cada uno de ellos se acordó un lugar de encuentro, en alguna de las escuelas en la que cumplían sus tareas. Fueron suficientes tres días de la tercera semana de mayo 2022 para cumplimentar cada una de las entrevistas.

“La verdad siempre se halla en la simplicidad y no en la multiplicidad y confusión de las cosas...”

Isaac Newton (1642-1727)

CAPÍTULO VI

RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos durante la realización del trabajo de campo.

En primera instancia se muestran los resultados logrados mediante la utilización del instrumento **cuestionario** y, posteriormente los resultados que surgieron de las **entrevistas**.

Se agrega el análisis detallado de los resultados obtenidos y la interpretación de los mismos.

En la tesis, a la mención de los docentes (los profesores), o los estudiantes (los alumnos); se considera tanto al género masculino como femenino.

VI.1. Resultados del cuestionario.

Como efecto de la utilización del cuestionario, aplicado a cada uno de los docentes participantes, se hace necesario que la información obtenida sea presentada de manera clara y fácilmente legible. Entonces se ha optado por la presentación de tablas y/o gráficos estadísticos de barras o circulares – sectores.

También resulta necesario, a efectos de facilitar el análisis e interpretación de los datos obtenidos, mostrar los resultados de cada consigna por separado; llevando a los Anexos la toma cruda y total de la información aportada por los docentes.

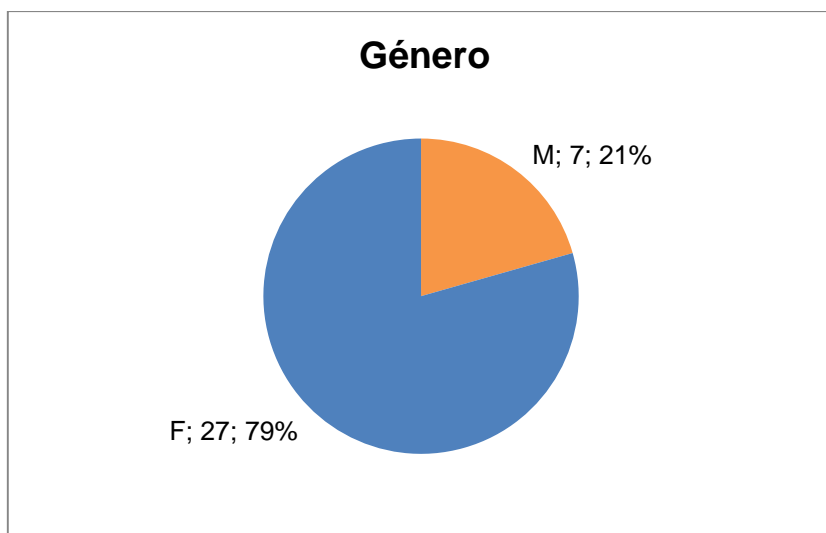
De igual manera, para cada consigna se incluye el análisis de los resultados obtenidos, con la intención de ofrecer una interpretación que sirva de aporte a las conclusiones de la investigación.

El total de docentes participantes que completaron el cuestionario, y por lo tanto constituyen la **muestra**, fue: **34 (treinta y cuatro) docentes de ciencias**.

VI.1.1. Consigna 1.

Los datos completos recolectados se pueden observar en la pag. 144 A2.1 de Anexos.
De los 34 docentes participantes resultó:

Género	Cantidad participantes	Porcentaje (%)
Masculino (M)	7	21
Femenino (F)	27	79



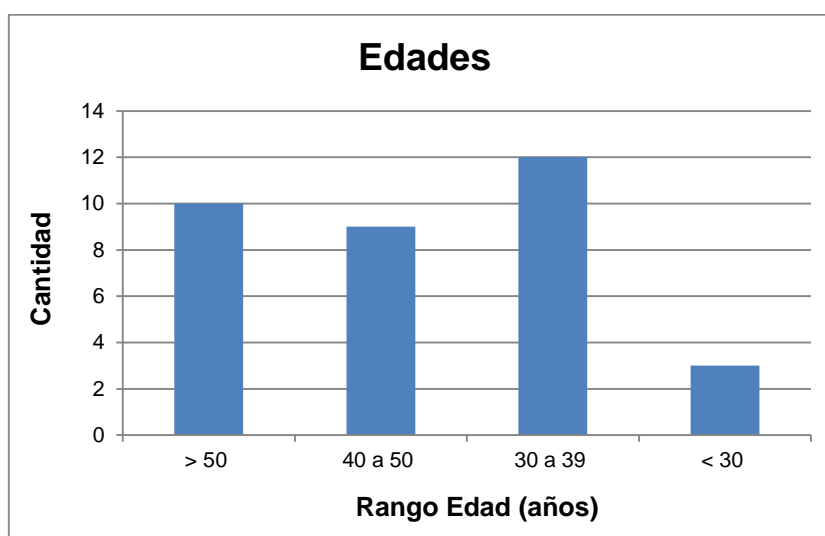
La mayoría de los participantes resultaron de género femenino, 27 (veintisiete) profesores, un 79%.

Este resultado tiene estrecha relación con la realidad que se visibiliza en las escuelas de educación secundaria de la ciudad de Casilda, en que la mayoría de docentes en ejercicio corresponden a ese género.

VI.1.2. Consigna 2: Edades.

Los datos completos recolectados se pueden observar en pag. 145 A2.2 de Anexos. De los 34 docentes participantes resulta:

Rango edades	Cantidad participantes	Porcentaje (%)
más de 50	10	29
entre 40 y 50	9	26
entre 30 y 39	12	26
menos de 30	3	9



En la Provincia de Santa Fe, la jubilación ordinaria para el personal docente está enmarcada en la Ley N° 12464. Pueden optar por obtener este beneficio, aquellos docentes que tengan 57 años (mujer) o 60 años (hombre) y además, cuenten con 30 años de servicio.

Pudo observarse que 24 (veinticuatro) participantes, 71%, estaban ubicados en la franja etaria de menores de 50 años. Estos docentes tendrían la posibilidad de continuar un amplio recorrido en el ejercicio de la actividad. De este número, 7 (siete) eran de género masculino y 17 (diecisiete) de género femenino.

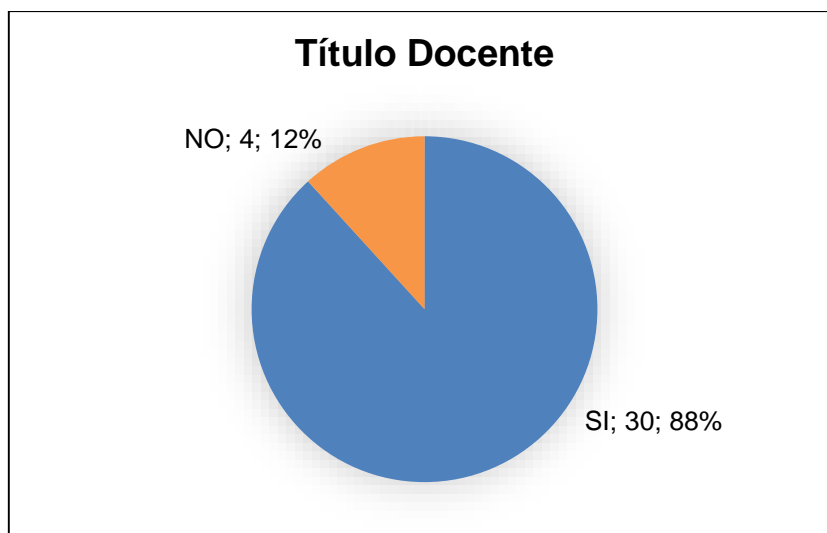
Resultó significativo que 10 (diez) profesores, 29%, contaban con más de 50 años y se encuentran en la última etapa del ejercicio de la docencia, siendo del género femenino. Este dato permite inferir que algunos docentes (en especial mujeres) hicieron un ingreso tardío a la actividad docente.²

² No es objeto de esta investigación analizar los motivos de la ocurrencia de este fenómeno, aunque sería saludable para el sistema educativo provincial estudiar en profundidad esta realidad, a efectos de encontrar respuestas satisfactorias.

VI.1.3. Consigna 3: Título académico.

Los datos completos recolectados se pueden observar en pag. 146 A2.3 de Anexos. De los 34 docentes participantes resultó:

Título docente	Cantidad participantes	Porcentaje (%)
Si	30	88
No	4	12

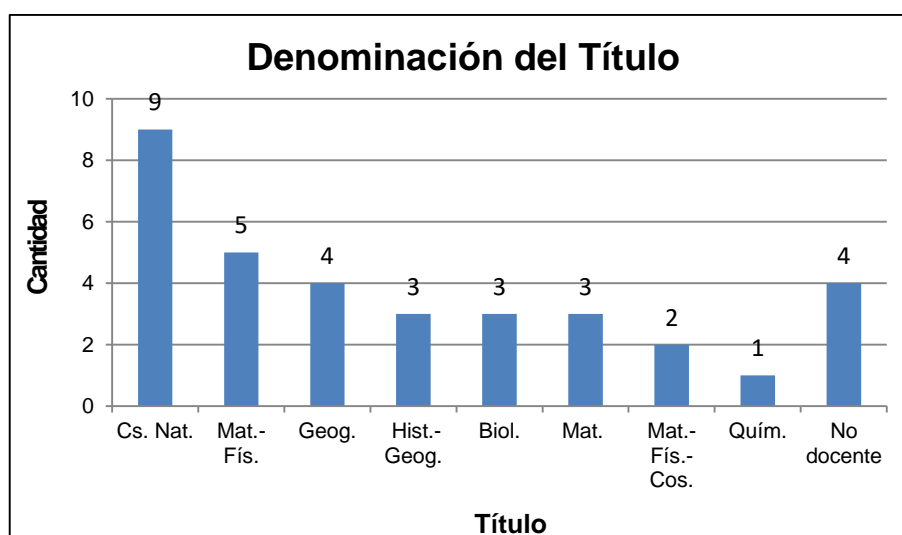


Resultaron 30 (treinta) participantes, 88%, que manifestaron tener título docente (Profesor de...) para su desempeño en nivel secundario. Fue muy significativa la cantidad que poseían **título docente**; solo 4 (cuatro), 12%, no lo tenían.

En la provincia de Santa Fe, la competencia de títulos que determina si los mismos son: docente, habilitante o suplente, ha ido variando debido a los cambios en la política educativa de los últimos veinte años. Estas modificaciones, en algunas circunstancias, generaron re-ubicaciones de personal necesarias por cambios en la estructura del diseño curricular. Así mismo, la denominación de los títulos otorgados por los Institutos de Formación Docente también ha tenido variaciones. En este sentido, para la investigación se ha respetado la nominación del título que cada participante informó en el cuestionario.

Para un mejor análisis, se muestran los resultados en detalle de la nominación de los títulos, tal como fueron expresados en los cuestionarios:

Titulación (Profesor en...)	Cantidad participantes	Observaciones (pueden ejercer en...)
Ciencias Naturales	9	Biología y Físico-Química
Matemática y Física	5	Física y Físico-Química
Matemática, Física y Cosmografía	2	Física y Físico-Química
Geografía	4	Geografía
Historia y Geografía	3	Geografía
Biología	3	Biología
Química	1	Química y Físico-Química
Matemática	3	Ninguno de los espacios de ciencias
Sin título docente	4	Física



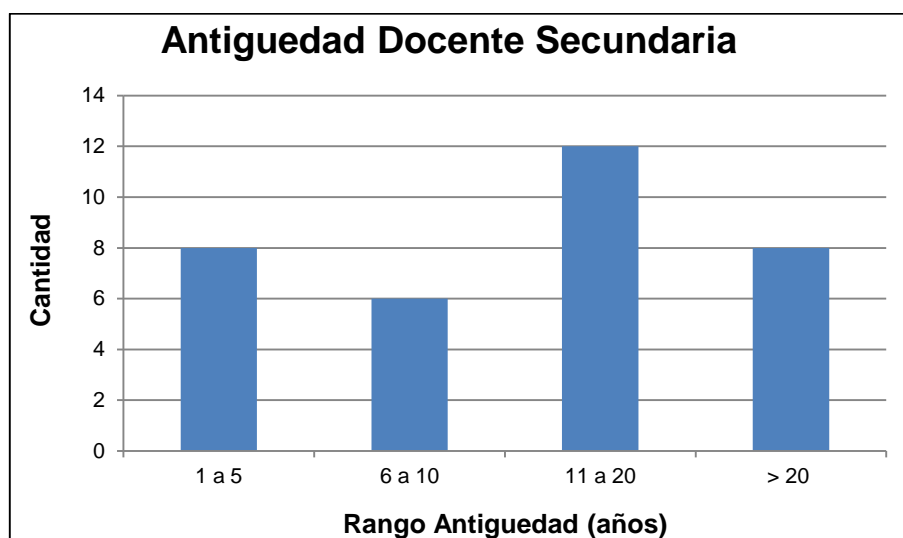
Se pudo observar que 27 (veintisiete) participantes, 79%, poseían **título docente** para **desempeñarse en los espacios curriculares considerados de ciencias**: Física, Química, Físico-Química, Biología y Geografía. Resultó un porcentaje muy significativo y permitió determinar que la mayoría de los profesores de la muestra se desempeñaban en los espacios curriculares para los que fueron formados académicamente.

Se destaca que, en el caso del título de Profesor en Matemática, los 3 docentes dictaban clases en Física; con título no habilitante pero en razón al orden de escalafón vigente.

VI.1.4. Consigna 4: Antigüedad en la docencia secundaria.

Los datos completos recolectados se pueden observar en pág. 147 A2.4 de Anexos. De los 34 docentes participantes resultó:

Antigüedad docente (en años)	Cantidad participantes
de 1 a 5	8
de 6 a 10	6
de 11 a 20	12
más de 20	8



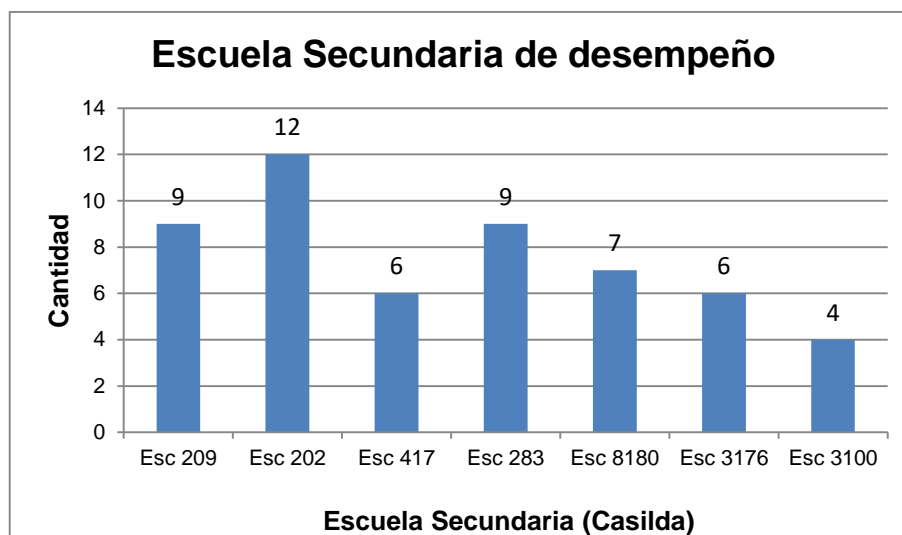
La mayor cantidad, 20 (veinte) participantes, 59%, tenía una antigüedad en el ejercicio de la docencia en la educación secundaria de entre 11 años a más de 20 años. Esto se corresponde con el análisis realizado respecto a la edad (consigna 2), en la que el 91% de los docentes tenían más de 30 años de edad y el 56% resultaron mayores de 40 años.

El resultado combinado de las consignas 2, 3 y 4, permitió inferir (con buena estimación) que la mayoría de los docentes relevados en el trabajo de investigación han acumulado experiencia sustantiva a través del trabajo áulico llevado a cabo en los espacios curriculares en que se desempeñaban. En virtud de lo expresado, se pudo suponer que han construido una visión de la enseñanza de la ciencia escolar que les permitió tomar decisiones fundamentadas en qué enseñar, para qué enseñar y cómo enseñar.

VI.1.5. Consigna 5: Escuelas Secundaria de desempeño.

Los datos completos recolectados se pueden observar en pág. 148 A2.5 de Anexos. De los 34 docentes participantes resultó:

Escuela Secundaria de desempeño	Cantidad participantes
EESO N° 209	9
EESO N° 202	12
EESO N° 417	6
EETP N° 283	9
EETPI N° 8180	7
EESOPÍ N° 3176	6
EESOPÍ N° 3100	4



Pudo notarse que 14 (catorce), 41%, docentes se desempeñaban en más de 1 (una) escuela secundaria, en la localidad de Casilda.

Se pudieron establecer dos grupos de escuelas secundarias:

- Entre 9 (nueve) y 12 (doce) docentes; Las escuelas en este grupo, son de gestión pública y tienen elevada matrícula. Una de las escuelas (N° 202) ofrece 3 (tres) modalidades del ciclo orientado, entre las que se encuentra Ciencias Naturales. Otra de estas escuelas (N° 283) ofrece la modalidad Técnico-profesional. En este grupo, las asignaturas que se consideran de ciencias tienen amplia presencia en el currículum escolar.
- Entre 4 (cuatro) y 7 (siete) docentes. Las escuelas de este grupo tienen una matrícula, algo menos numerosa que las del anterior; una es de gestión pública, N° 417. Se destaca la escuela N° 8180 (de gestión privada) con 7 (siete) docentes, debido que es una escuela de formación técnico profesional con especialidad en electromecánica y, por lo tanto posee un currículum escolar con una amplia carga horaria de las disciplinas escolares de ciencias.

El análisis de estos datos permitió determinar que las diferencias en la cantidad de docentes de ciencias por escuela, obedece a dos variantes:

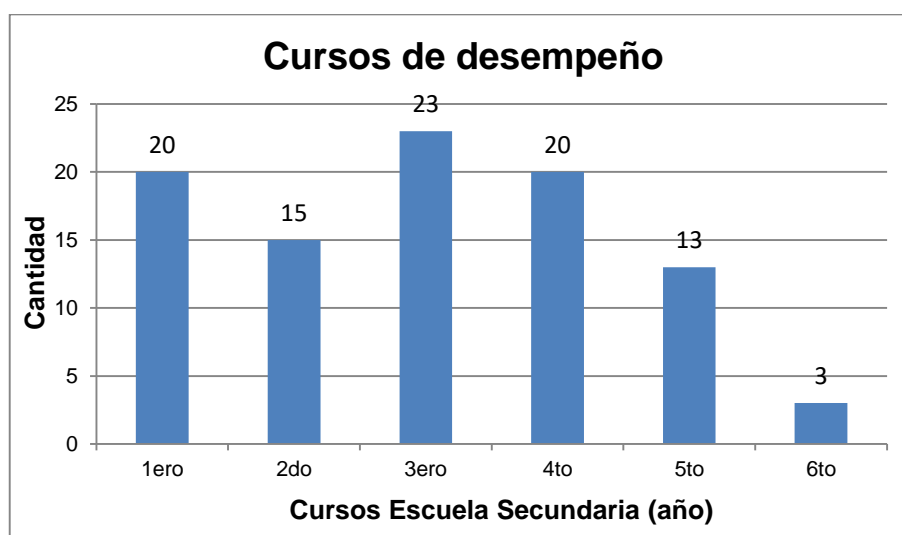
- 1) la matrícula de cada institución; y
- 2) la relevancia (de acuerdo a los espacios curriculares de ciencias) de la modalidad Ciencias Naturales del ciclo orientado y/o de las que ofrecen la formación técnico profesional.

Como anécdota relacionada con la cultura que se establece en los pueblos y, en este caso relacionada con la historia popular de las instituciones escolares; se han instalado en la comunidad *nombres propios y populares* para cada escuela. En la ciudad de Casilda se suele nombrar a las escuelas secundarias haciendo alusión a las razones fundacionales de las mismas. Así sucede que, la EESO N° 202 es llamada **La Normal**; la EESO N° 209 conocida como **La Comercial**; o la EESO N° 417 llamada **El Nacional**; y de la misma manera para otras instituciones escolares.

VI.1.6. Consigna 6: Cursos de desempeño.

Los datos completos recolectados se pueden observar en pág. 149 A2.6 de Anexos. De los 34 docentes participantes resultó:

Curso de desempeño	1er. Año	2do. Año	3er. Año	4to. Año	5to. Año	6to. Año
Cantidad participantes	20	15	23	20	13	3

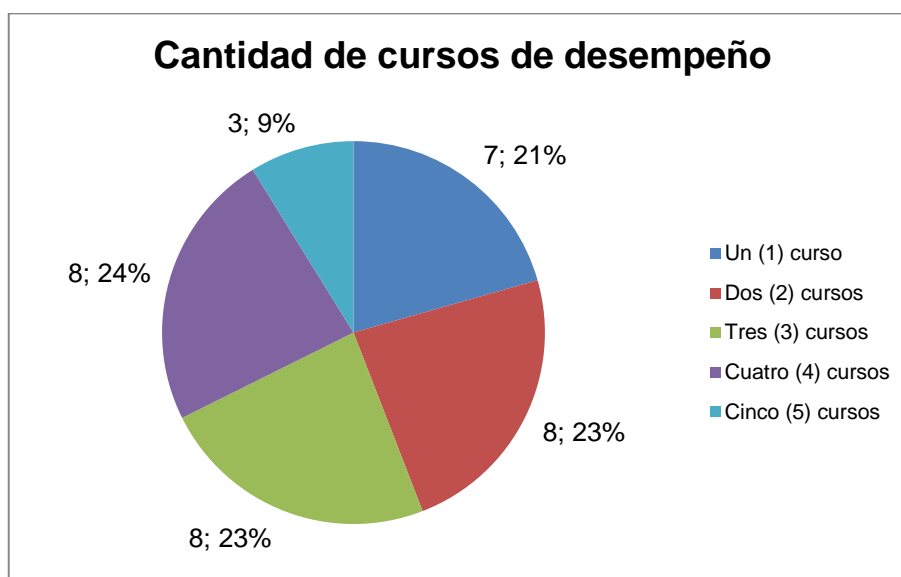


De la lectura de estos datos y con el conocimiento del currículum escolar de cada institución; se pudo comprobar que:

- En 1er, 2do y 3er año, ejercían la mayor cantidad de docentes de la muestra: 20 (veinte) a 23 (veintitrés) profesores. Esto pudo explicarse en relación al Diseño Curricular vigente; ya que, en el ciclo básico, en 1er año se desarrollan los espacios curriculares de Biología y Geografía; y en 2do año aparece la asignatura Físico-Química.
- En 3er año, para todas las modalidades del ciclo orientado, se desarrollan las disciplinas escolares: Física, Química, Biología y Geografía.
- En 4to año, en la modalidad Ciencias Naturales, continúa el desarrollo de Química, Biología y Física. En la modalidad técnico-profesional se encuentran las asignaturas Física y Química.
- Finalmente, se desprende que en 5to año del ciclo orientado (excepto en Geografía); y en 6to año de ciclo técnico-profesional, se manifiesta poca presencia de los espacios curriculares Biología, Química y Física.

Un segundo análisis, de la misma consigna, permitió visibilizar la cantidad de cursos que tenía a cargo cada docente. Según los datos mostrados en A2.6 de Anexos; esta información puede resumirse como sigue:

Cantidad cursos a cargo	uno	dos	tres	cuatro	cinco
Cantidad participantes	7	8	8	8	3



La mayoría de los docentes, 27 (veintisiete), 79%, se desempeñaban en más de un curso de la educación secundaria.

Pudo notarse que, 7 (siete), 21%, de los profesores ejercía en un único curso. Es importante considerar este resultado a efectos de comprender que el trabajo docente suele combinar, no solo la presencia en más de una escuela, sino también en diferentes cursos.

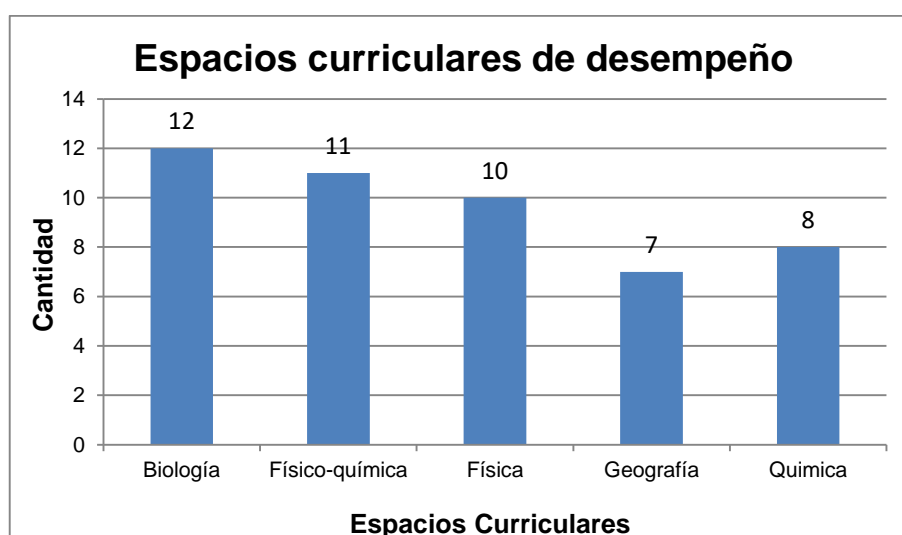
Para quienes se desempeñaban en varias escuelas y, además en varios cursos (incluso en diferentes asignaturas), pudo arribarse a que sostenían una carga horaria semanal muy exigente. En la provincia de Santa Fe se permiten, como máximo, un límite de 44 horas semanales.

Si bien es de entender que eso asegura una razonable estabilidad laboral, puede resultar una dificultad al momento de una selección adecuada de situaciones didácticas que promuevan un aprendizaje significativo en los estudiantes; como así también impacten negativamente a los efectos de realizar capacitaciones y/o actualizaciones relacionadas con los espacios curriculares que tenían a su cargo.

VI.1.7. Consigna 7: Espacios curriculares de desempeño.

Los datos completos recolectados se pueden observar en pág. 150 A2.7 de Anexos. De los 34 docentes participantes resultó:

Espacios Curriculares de desempeño	Biología	Física	Físico-Química	Química	Geografía
Cantidad participantes	12	10	11	8	7



Se pudo observar que la cantidad de docentes para cada espacio curricular era muy similar; entre 12 (doce) y 7 (siete) participantes. Relacionando esta información con la brindada por la consigna 6:

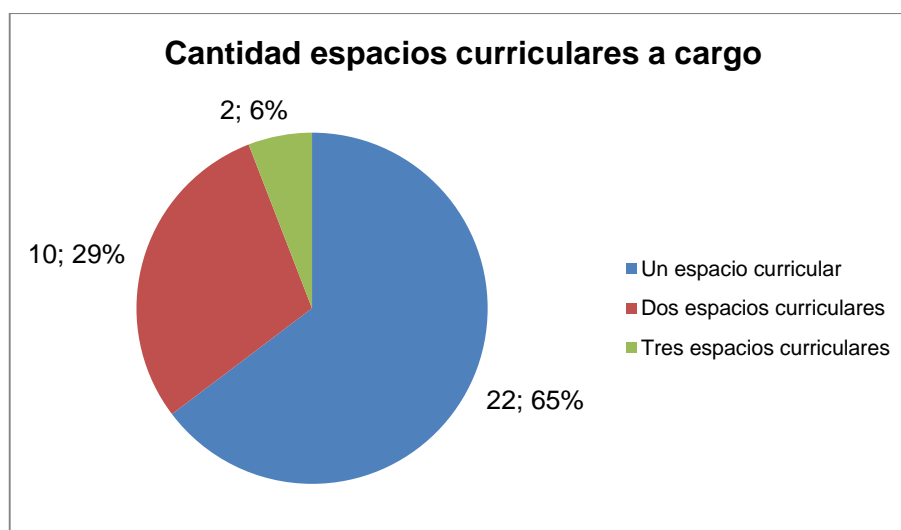
- Se debió atender que Físico-Química es una asignatura del ciclo básico (2do año) y por ende presente en el currículum escolar de todas las escuelas secundarias; por lo que se hacía visible la cantidad de docentes a cargo.
- La asignatura Biología se desarrolla también en el ciclo básico (1er año, siendo común en todas las escuelas). Además es obligatoria en 3er año del ciclo orientado para todas las modalidades. Por esto resultó significativa la cantidad de docentes a cargo.
- Para Física y Química; que tienen presencia en 3er o 4to año del ciclo orientado (todas las modalidades) y en las escuelas de orientación técnico-profesional; pudo notarse también un número significativo de docentes a cargo. Vale destacar que los 3 (tres) profesores que se desempeñaban sin título docente, lo hacían en Física.
- Por último, pudo observarse que en Geografía, la cantidad de docentes a cargo se debió a que esta disciplina escolar se encuentra en ciclo básico (1er año) y en al menos en uno de los cursos de todas las modalidades.

Una última observación para el análisis de esta consigna, permitió notar que en la muestra se tiene una muy buena distribución del desempeño en el ciclo básico y en el ciclo orientado.

Los 11 (once) docentes en Físico-Química cumplían su función en el ciclo básico (resulta un 32%). Además, algunos profesores de Biología y de Geografía también trabajaban en el ciclo básico, por lo que el porcentaje total de profesores que ejercían en ese ciclo, se aproxima (sin dudas) al 50%.

Otra información extraída de los datos en pag. 150 de Anexos A2.7.; fue la cantidad de disciplinas escolares de ciencias que tiene a cargo cada participante:

Cantidad espacios curriculares a cargo	uno	dos	tres
Cantidad participantes	22	10	2



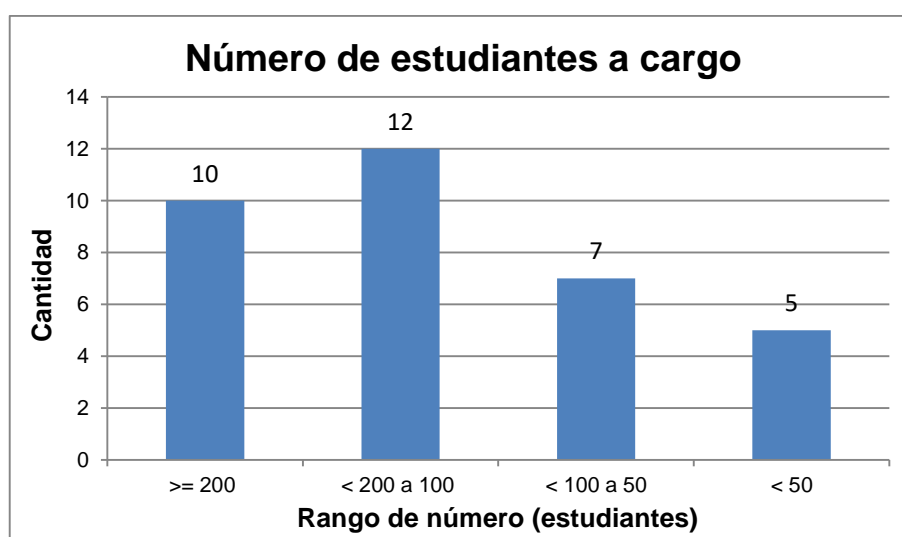
Del análisis de estos datos, como información relevante se pudo destacar:

- En un único espacio se desempeñaban 22 (veintidós), 65%, docentes. Allí se encontraban los 7 (siete) profesores en Geografía.
- Los profesores que se desempeñaban en 2 (dos) espacios curriculares lo hacían en una combinación de Físico-Química y Biología; Físico-Química y Física; Físico-Química y Química o Biología y Química.
- Uno de los docentes que cumplía tareas en 3 (tres) asignaturas; lo hacía en Física, Química y Físico-Química; y el otro profesor en Biología, Química y Físico-Química.

VI.1.8. Consigna 8: Cantidad de estudiantes a cargo

Los datos completos recolectados se pueden observar en pags. 151 a 152 A2.8 y A2.9 de Anexos. De los 34 docentes participantes resultó:

Cantidad TOTAL de estudiantes a cargo	Cantidad de participantes
Más de 200	10
Entre 200 y 100	12
Entre 100 y 50	7
Menor de 50	5



Estos datos revelaron que 22 (veintidós) participantes, 65%, tienen a su cargo 100 (cien) o más estudiantes de la educación secundaria; considerando cualquiera de las asignaturas del currículum escolar.

En virtud que se pretende relevar las ideas acerca de la Gravitación Newtoniana; es de esperar que, a mayor cantidad de alumnos a cargo la forma de pensar del docente llegue a mayor cantidad de gente. Esto es, los docentes planifican actividades con la intención de provocar el aprendizaje de ciertos conceptos (gravedad newtoniana) que los estudiantes tratarán (a través de diversas situaciones) de asimilar y acomodar en su estructura mental.

Estas actividades planificadas (conscientemente) por los docentes **llevarán impresa la idea o concepción que tienen acerca del campo conceptual** tratado. Es de suponer que, por lo tanto tendrán una directa (y significativa) influencia en la preparación de las situaciones didácticas que presente a sus estudiantes.

En razón de lo expresado, los resultados de esta consigna fueron un insumo pertinente para la elección de los profesores que fueron entrevistados.

En el título 2 del Capítulo V (V.2.), se describieron algunas características relevantes de las Escuelas de Educación Secundaria de Casilda, como la ubicación geográfica de las mismas y la matrícula (aproximada) de estudiantes, entre otras.

De esa información puedo estimarse que la **matrícula total** de estudiantes que concurren a estas escuelas es de aproximadamente **3000** adolescentes y jóvenes.

Con la intención de obtener mayor información, que permitiera hacer una buena elección de los docentes a ser entrevistados, se extrajo **la cantidad de profesores por cada espacio curricular en el que tenían a cargo 60 (sesenta) a más estudiantes:**

Asignaturas con 60 a más alumnos	Biología	Física	Físico-Química	Química	Geografía
Cantidad de participantes	6	5	5	3	5

De esto se dedujo que, los participantes seleccionados para ser entrevistados debían tener a cargo más de 100 (cien) alumnos, en cualquier asignatura, y más de 60 (sesenta) para los espacios curriculares de ciencias.

Algunos profesores dictaban otros espacios curriculares, diferentes de los considerados en esta tesis, por ejemplo: Matemática, Historia, etc. Por esta razón, el número total de estudiantes a cargo, tal como se muestra en la tabla de datos en Anexos A8. 8., es mayor que la cantidad de estudiantes que figuran en los espacios curriculares de interés para la tesis.

En el cuadro de presentación de la muestra formada por los docentes de los espacios curriculares de ciencias; a cada profesor le fue asignada una única disciplina escolar de ciencias (Ver Anexo A2. 9). Esa elección (independientemente que dictara otras asignaturas) se consideró por:

- el título docente, y
- la cantidad de estudiantes que tenía a cargo en ese espacio curricular. Esto permitió considerar a ese participante como: **docente en el espacio curricular ...** (de la disciplina de ciencia que corresponda).

Hasta aquí se han presentado resultados, análisis e interpretaciones que permitieron obtener significativa información de la muestra en virtud de varios parámetros: titulación docente, **experiencia docente** (antigüedad), **cursos** en que se desempeñaba, **espacios curriculares (a cargo) de ciencias** y **cantidad de estudiantes** a cargo.

Debido a la información precedente; se pudo obtener:

- a) una significativa y relevante caracterización de la muestra en estudio y;
- b) el insumo para la elección de los docentes a ser entrevistados.

Respecto de este último punto y, en acuerdo a los datos analizados e interpretados; los profesores, uno por cada espacio curricular, seleccionados para la entrevista fueron:³

- **Oswaldo** (35 años) por el espacio curricular **Biología**: Profesor en Ciencias Naturales; con una antigüedad docente de entre 6 a 10 años y; ejerciendo en 1er, 3er, 4to y 5to año. Docente en los espacios Biología y Química. Con 300 (trescientos) estudiantes a cargo, 180 (ciento ochenta) en Biología y 120 (ciento veinte) en Química.
- **Cristina** (41 años) por el espacio curricular **Química**: Profesora en Matemática y Física; con una antigüedad docente de entre 11 y 20 años y; se ejerciendo en 1er, 2do, 4to y 5to año. Docente en los espacios Química y Físico-Química. Con 200 (doscientos) estudiantes a cargo, 80 (ochenta) en Química y 32 (treinta y dos) en Físico-química.
- **Estefanía** (51 años) por el espacio curricular **Física**. Profesora de Matemática y Física; con una antigüedad docente de entre 11 y 20 años y; ejerciendo en 2do, 3er y 4to año. Docente en los espacios Física y Físico-Química. Con 230 (doscientos treinta) estudiantes cargo, 120 (ciento veinte) en Física y 60 (sesenta) en Físico-Química.

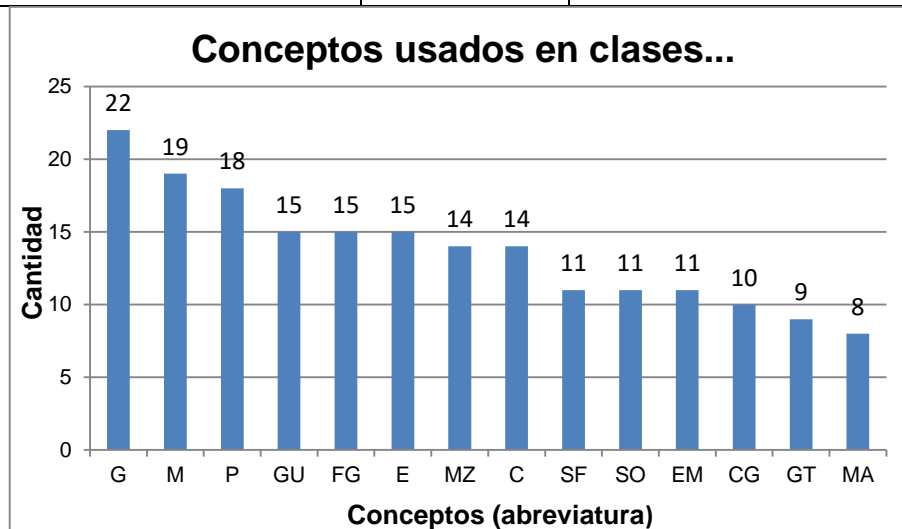
³ Los nombres son ficticios, aunque respetando el género, la edad y antigüedad docente; del entrevistado.

- **Virginia** (37 años) por el espacio curricular **Físico-Química**. Profesora de Matemática y Física; con una antigüedad docente entre 11 y 20 años y; ejerciendo en 1er, 2do y 3er año. Docente en los espacios Físico-Química y Física. Con 148 (ciento cuarenta y ocho) estudiantes a cargo, 60 estudiantes en Físico-Química y 35 estudiantes en Física.
- **Ana Clara** (52 años) por el espacio curricular **Geografía**. Profesora de Geografía; con una antigüedad docente entre 11 y 20 años y; ejerciendo en 1er, 3er, 4to y 5to año. Docente es el espacio Geografía. Con 200 (doscientos) estudiantes a cargo, 180 (ciento ochenta) en Geografía.

VI.1.9. Consigna 9.

Los datos completos recolectados se pueden observar (de manera completa) pág. 153 A2.10 de Anexos. De los 34 docentes participantes resultó:

Utilizas en clase conceptos sobre...	Abreviatura	Cantidad de veces mencionado
Gravedad	G	22
Peso	P	18
Masa	M	19
Mezclas	MZ	14
Geotropismo	GT	9
Mareas	MA	8
Embarazo	EM	11
Gravitación Universal	GU	15
Fuerza Gravitatoria	FG	15
Campo Gravitatorio	CG	10
Separación de fases	SF	11
Sistema de órganos	SO	11
Evolución	E	15
Combustión	C	14



Se pretendió indagar sobre la utilización que los docentes de ciencias hacen de esos términos, lo que podría ofrecer una idea aproximada si se trabajan como **conceptos**. El cuestionario permitió indicar, al menos, si los mencionan; y es de esperar que durante las entrevistas se pueda reconocer cómo, en qué y para qué situaciones son aplicados. Así mismo se consideró necesario poder conocer si los profesores pueden dar cuenta de relaciones entre los conceptos.

Se puede notar que los términos mencionados con mayor presencia fueron:

- gravedad (G), masa (M) y peso (P):
Alrededor de 20 (veinte), 59%, docentes los han nombrado. Casi siempre lo hicieron los profesores de Física, Química y Físico-Química y, con menor frecuencia los profesores de Biología y Geografía.
- gravitación universal (GU) y fuerza gravitatoria (FG):
Fueron mencionados en 15 (quince) oportunidades; indicados mayoritariamente por los docentes de Física y Físico-Química.
Resultó significativa la escasa mención; solo 10 (diez) veces, de campo gravitatorio (CG) que solo fue mencionado por docentes de Física y Físico-Química.
- mezcla (MZ) y combustión (C):
Aparecieron 14 (catorce) veces y separación de fases (SF) en 11 (once) oportunidades; y lo hicieron mayoritariamente profesores que dictan Química y Físico-Química.
- Evolución (E):
Fue señalado 15 (quince) veces; con alta frecuencia por los docentes de Biología y algunos docentes de Geografía.
- Sistema de órganos (SO) y embarazo (EM):
Fueron mencionados 11 (once) veces; con mayor uso por los docentes de Biología y; y algunos docentes de Geografía refirieron a embarazo.
- Geotropismo (GT) y mareas (MA)
La primera apareció 9 (nueve) veces y la segunda 8 (ocho) veces. Geotropismo mencionado por docentes de Biología y mareas, por docentes de Física, Físico-química y Biología.

Se pudo observar que los conceptos masa, peso y gravedad; fueron mencionados muchas veces, aproximadamente un 50% de los docentes participantes. Fuerza gravitatoria y gravitación universal, también fueron señaladas en varias ocasiones. Pero, en contraste, muy pocos han señalado campo gravitatorio. Se reconoce que estos términos (su conceptualización), hasta aquí mencionados, son indispensables para generar el campo conceptual apropiado para la Gravitación Newtoniana.

Los términos geotropismo y mareas aluden a fenómenos que necesitan la idea de gravedad para ser descriptos y explicados, pero fueron muy poco mencionados. De la misma manera, describir y comprender los fenómenos de embarazo, sistema de órganos, evolución, separación de fases o combustión; necesitan un marco conceptual en que debe aparecer la gravedad, pues sin su acción (o si su comportamiento fuese diferente) estos fenómenos ocurrirían (si podrían existir) de muy diferente forma.

A efectos de dar mayor sustento a los resultados descriptos y, para ello habiendo realizado una búsqueda de estos términos en el Diseño Curricular Jurisdiccional de la Provincia de Santa Fe, fueron observadas algunas evidencias muy destacables:

- Los términos masa (M) y peso (P) aparecen con frecuencia en los espacios curriculares de Física, Química y Físico-química. Los conceptos de Fuerza Gravitatoria (FG), Gravitación Universal (GU) y Campo Gravitatorio (CG) solo se explicitan en el espacio curricular Física.
- Se pudo destacar que, para la modalidad Ciencias Naturales aparece un espacio curricular (en 5to año) llamado **Ciencias de la Tierra**. El primer contenido explícito y sugerido en el diseño es Reconocimiento de la Tierra en el Sistema Solar. Los docentes que tienen competencia de título para este espacio curricular son: Profesor de Ciencias Naturales y Profesor de Biología. Sin embargo, no se hace mención explícita de los conceptos involucrados en esta consigna; solo aparece el término mareas (MA).
- Un párrafo aparte, merece el término embarazo (EM) que en el Diseño Curricular Jurisdiccional aparece varias veces (no solo en la asignatura Biología). Esto se debe al espacio dedicado a la Educación Sexual Integral (ESI) como transversal a todo el currículum y, con la sugerencia que todas las asignaturas lo deben incluir.

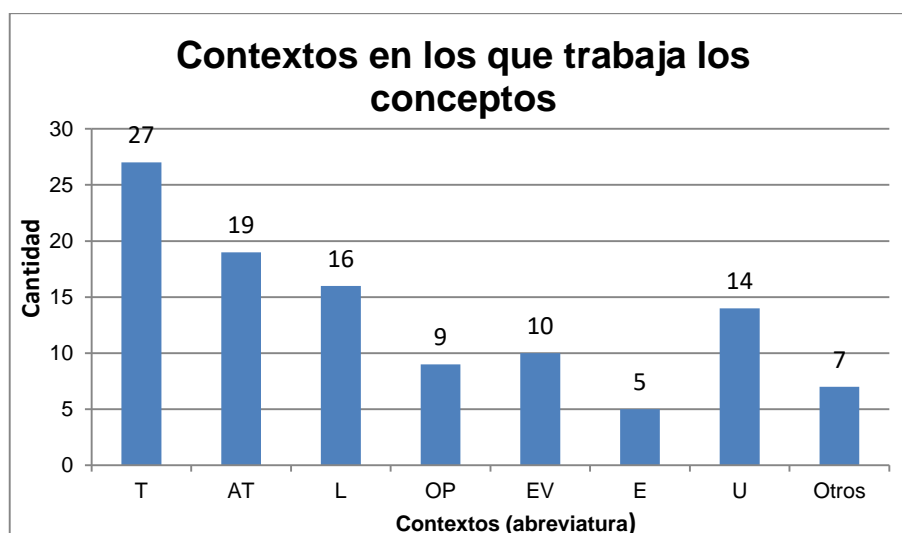
Finalizando el análisis y la interpretación de los datos brindados en esta consigna, se evidencia la estructura cerrada de cada espacio curricular, no se reconoce un trabajo de área o de inter-disciplina que permita el tratamiento de un **mismo concepto** desde diferentes disciplinas escolares caracterizadas por la lógica epistémica propia. Los conceptos mencionados aparecen como exclusivos para cada disciplina escolar:

- fuerza gravitatoria es para Física,
- mezclas se trata en Química,
- evolución es un tema de Biología; etc.

VI.1.10. Consigna 10.

Los datos completos recolectados se pueden observar en pág. 154 A2.11 de Anexos. De los 34 docentes participantes resulta:

Contextos en los que trabaja conceptos	Abreviatura	Cantidad veces mencionado
Tierra	T	27
Luna	L	16
Atmósfera terrestre	AT	19
Otros planetas	OP	9
Espacio vacío	EV	10
Estrellas	EV	5
Universo	U	14
Otros	Otros	10



Se pidió que los docentes indiquen en qué contextos utilizaban los conceptos, términos, que habían elegido en el ítem anterior. Se pudo observar:

- El contexto Tierra (T) fue señalado 27 (veintisiete) veces, 79% de la muestra. En general, los docentes de todos los espacios curriculares manifestaron que trabajan los conceptos en el contexto del planeta Tierra.
- El contexto de atmósfera terrestre (AT), fue elegido en 19 (diecinueve) ocasiones, 56%; también por profesores de todas las disciplinas escolares.
- Resultó significativo que el contexto Luna (L) fue indicado 16 (dieciséis) veces, 47%; siendo muy poco señalado por profesores de Química y, mayoritariamente elegido por docentes de Física y Biología.
- El contexto Universo (U) fue señalado 14 (catorce) veces, 41%, por profesores de todos los espacios curriculares, destacando muy escasa la mención por profesores de Geografía y de Físico-química.

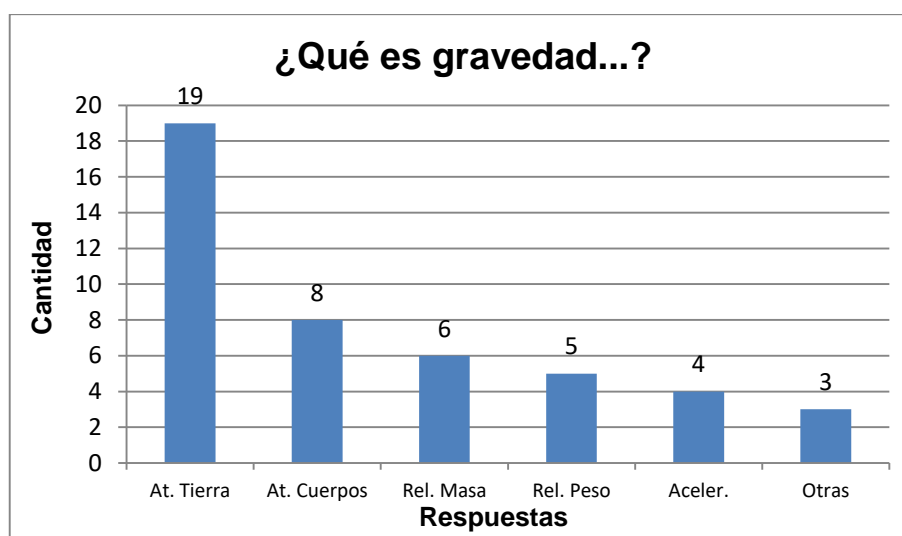
- La elección de los demás contextos no resultó significativa y; en el caso de Otros los docentes han consignado como tales, el desarrollo de alguna unidad curricular; por ejemplo: Mecánica Clásica, adolescencia, ambiente, Ciencia y Sociedad, Biología Humana, etc.

El análisis e interpretación de los resultados permitió estimar que los conceptos relacionados con la Gravitación Newtoniana se desarrollan, se explicitan y se aplican a situaciones de fenómenos en el planeta Tierra. Destacando que, por fuera de la Tierra (incluida la atmósfera terrestre), los únicos contextos que los docentes pueden relacionar (mayoritariamente) con los conceptos propuestos en la consigna 9, resultaron Luna y Universo.

VI.1.11. Consigna 11 y Consigna 12.

En la consigna 11, el cuestionario proponía qué respuesta daría el docente a un estudiante que consulta: **Profe, ¿qué es la gravedad o gravitación?**

Las respuestas completas que los docentes expresaron ante esa pregunta se pueden observar en págs. 155 a 156 A2.12 de Anexos. De los 34 docentes participantes resultó:



En la consigna 12, el cuestionario proponía al docente la realización de un **dibujo (o un esquema) que ayude a comprender su idea sobre gravedad.**

Todas las representaciones que realizaron los participantes se pueden observar en págs. 157 a 165 A2.13 de Anexos. Para cada dibujo, se detalló una interpretación acerca de la idea de gravedad que cada docente manifestó a través de la representación.

Los ítems 11 y 12 son complementarios, pues referían al concepto de gravedad que cada docente podía manifestar; solo que se le solicitaba expresarlo de forma coloquial y de forma icónica (dibujo o esquema). Por esta razón, los resultados y análisis de las respuestas que fueron dadas por los profesores de ciencias, se presentan juntas para poder tener una clara lectura de las ideas o conceptos que han construido sobre gravedad newtoniana.

a) **La gravedad es la fuerza de atracción que ejerce la Tierra sobre objetos cercanos.** (Consigna 11).

- 19 (diecinueve) docentes, 56%. Esta respuesta fue dada por docentes de todos los espacios curriculares. Además 6 (seis) de ellos manifestaron que *es hacia el centro de la Tierra*.

Resultó muy significativa la expresión que *la gravedad es la atracción que ejerce la Tierra sobre cuerpos cercanos*.

La gravedad es la atracción que la Tierra ejerce sobre los cuerpos cercanos a la superficie, esa atracción es vertical hacia abajo y hasta la superficie. (Consigna 12).

La gravedad es un fenómeno que se manifiesta en la Tierra y en otros entornos. (Consigna 12).

- 14 (catorce) docentes, 41%. La idea de gravedad se presentó asociada a la Tierra. Como que ésta *tira* de los cuerpos en forma *vertical y hacia abajo*; hasta que el cuerpo *llega* a la superficie terrestre.
32% de los profesores representaron claramente la acción a distancia.
- 15% de los participantes han representado la gravedad como interacción (Tierra-cuerpo) pero también en *otros entornos*; sistema solar, interacción Luna-Tierra, interacción Tierra-satélite artificiales.

Se pudo reconocer que la gravedad está asociada al planeta Tierra y que sus efectos *llegan* hasta la cercanía de la superficie terrestre (no se puede decir cuánto de cercano). Algunos docentes, manifestaron que *la atracción es hacia el centro de la Tierra*. Resultó muy significativa la cantidad de docentes de todas las disciplinas escolares de ciencias que explicitaron esta idea.

b) **La gravedad es la atracción entre dos cuerpos.** (Consigna 11).

- 8 (ocho) docentes, 24%, de distintos espacios curriculares; de los cuales 4 (cuatro) hicieron mención a planetas.

La gravedad se reconoce como algo que pasa entre (al menos) dos cuerpos. (Consigna 12).

- 27 (veintisiete) docentes, 79%, de todos los espacios curriculares.

Se pudo estimar que los profesores *piensan y representan* a la gravedad como una *interacción a distancia* (sin mencionarlo explícitamente) entre dos cuerpos.

c) **Relación entre gravedad y masa.** (Consigna 11).

- 6 (seis) docentes, 18%, explicitaron esta relación. No se pudo inferir que exista la convicción que la *masa produce gravedad*; pues en ninguno de los casos han expresado qué acción/es tiene la masa. Resultaron pocos docentes que hicieron esta relación.

d) **Relación entre gravedad y peso.** (Consigna 11).

- 5 (cinco) docentes, 15%, refirieron esta relación; de las disciplinas Biología y Geografía. Señalaron que el *peso de los objetos depende de la gravedad*. También que *la gravedad es el peso del cuerpo*. Otros expresaron que la *gravedad produce el peso y que es necesario hacer diferencia entre peso y masa*.

Gravedad y Peso. (Consigna 12).

- 4 (cuatro) docentes, 12%, de Física y Físico-Química; hicieron mención al *peso* para indicar la *fuerza con la que el cuerpo cae*. Son pocos los profesores que hicieron esta relación.

e) **La gravedad es aceleración.** (Consigna 11).

- 4 (cuatro) docentes, 12%, señalaron *aceleración del cuerpo atraído por la Tierra 9,8 m/s²*. Esta idea fue expresada por docentes de Física y Físico-química.

Gravedad y manzana. (Consigna 12)

- 5 (cinco) participantes, 15%, representaron una manzana que *cae* de un árbol *hacia la superficie terrestre*. Quizás manifestaron un recuerdo y/o asociación de un pasaje histórico y anecdótico en relación a cómo Isaac Newton se dio cuenta de la gravedad.

No mencionaron si es la gravedad (o la fuerza gravitatoria, o el peso) la causa de esa aceleración. Solo nombraron la aceleración en el contexto terrestre. *La manzana cae del árbol con esa aceleración*.

Otras manifestaciones, tanto coloquiales como icónicas, están por debajo del 10% de la muestra, por lo que no resultan significativas. A modo de ejemplos: *la gravedad nos permite estar pegados al suelo; gravedad es diferente de gravitación; gravedad es una interacción*.

Por último, resulta necesario destacar que los docentes de ciencias utilizan frecuentemente, en sus clases, las representaciones gráficas (dibujos y esquemas). Esto constituye una acción didáctica muy relevante, pues permite evidenciar las ideas acerca de un concepto, como en este caso la idea de gravedad. Por lo tanto, esas representaciones deben ser lo suficientemente claras y precisas para que puedan dar cuenta de *aquello que el docente quiere decir*.

VI.2.- Análisis de resultados del cuestionario.

Como se ha dicho durante el desarrollo, fue propósito de esta tesis relevar las concepciones sobre Gravitación Newtoniana en docentes de ciencias de las escuelas secundarias de Casilda y la relación que tienen con sus propuestas didácticas en la práctica áulica.

En razón de lo expresado, a continuación, se ha elaborado una presentación resumida de los resultados, análisis e interpretaciones de los datos relevados al aplicar el instrumento cuestionario, a los 34 (treinta y cuatro) docentes de ciencias:

1. Las consignas desde 1 a 8 han brindado la información necesaria para la elección de los 5 (cinco) docentes de ciencias que fueron entrevistados.
2. Las consignas 9 a 12 han dado información relevante acerca de la concepción que los docentes de ciencias dan cuenta de la Gravitación Newtoniana; por lo que ha sido posible realizar un pertinente resumen; que permitirá hacer una rápida y clara lectura:
 - La mayoría de los docentes de ciencias han explicitado la gravedad en el marco del planeta Tierra. También se encuentra en: Camino (2005), Stipcich, (2007). *La gravedad es la fuerza con que la Tierra atrae a los cuerpos*. Este concepto no parece desprenderse del enunciado de la Ley de Gravitación Universal, título III.2.2. No han explicitado si la dirección (de esa fuerza) es hacia el centro de la Tierra, a efectos de saber si ha logrado el estadio V de Nussbaum (1989).
 - No se pudo aseverar, con certeza, que los docentes de ciencias tengan adquirida, de manera significativa, la idea de *acción a distancia*. Si bien, se encontró presente, no aparece como característica esencial en la Gravitación Newtoniana. De la misma manera, se pudo notar la fuerte ausencia de la idea de *campo gravitatorio*. Esta ausencia ha sido encontrada en otros trabajos: Camino (2005), Stipcich (2007), Vicentini (1981) en contextos diferentes al planeta Tierra.

- Los docentes de Física mencionaron constructos típicos de la Gravitación Newtoniana; como fuerza gravitatoria, aceleración de la gravedad, interacción a distancia y; en muy pocos casos, campo gravitatorio.
- Si bien no fue explícito, en la mayoría de los docentes se encontró la idea que la *fuerza de gravedad es el peso de los cuerpos*. Claramente indica una diferencia sustancial al planteo propuesto en el marco teórico. Título III.2.6.
- En general, la *masa* se ha reconocido como una propiedad de los cuerpos. Se pudo corroborar que *no es reconocida* la idea que la *masa produce gravedad*, al menos no fue explicitada. Se desconoce una característica de la Gravitación Universal, título III.2.2., es la masa la que produce gravedad.
- Los docentes, en general, no pudieron dar cuenta de ejemplos en los que se manifieste la gravedad. Por lo general buscaron una definición. Este resultado pone en evidencia las dificultades para plantear situaciones didácticas, título III.1., Brosseau, que permitan lograr aprendizajes significativos, Coll (1991). Se hace pertinente revisar los principios establecidos por Vosniadou (1991).

Estos resultados permitieron inferir que, los docentes de ciencias cuando presentan situaciones didácticas intencionadas para el aprendizaje de algún concepto (de los considerados); no ponen en evidencia los efectos gravitatorios. Se encuentran en Nussbaum (1989), Camino (2005), Stipcich (2007), Fajardo (2012).

Solo lo hacen explícito en algunas situaciones (especialmente en Física y Físico-Química) relacionada con el movimiento de los cuerpos en la cercanía de la superficie terrestre.

VI.3. Análisis de las entrevistas.

Cada una de las entrevistas mantenidas con los cinco (5) docentes seleccionados, se han transcritos, en su totalidad, en págs. 166 a 175 A3 de Anexos.

En el título V.4.3, se explicitaron los criterios de selección para escoger, de la muestra total, *1 (uno) docente de cada espacio curricular considerado de ciencias.*

Por esta razón, a través del análisis profundo de estas entrevistas se ha pretendido validar y, ampliar, la comprensión de la información obtenida de los cuestionarios.

Al momento de la entrevista, los profesores participantes tenían la totalidad de asignación de horas cátedras (para nuestra provincia son 44 unidades de acumulación) y se desempeñaban en todos los cursos de la Educación Secundaria Orientada. Además, el número de alumnos que tenían a cargo en los diferentes espacios curriculares era mayor a 100 (cien) estudiantes.

A continuación, se pueden observar algunas respuestas de los entrevistados (las más relevantes para la investigación) y un análisis de las mismas. A efectos de una ordenada presentación resulta conveniente respetar la organización del protocolo de entrevistas.

1- ¿Qué entiendes por Gravedad Newtoniana? Relación con el contexto didáctico de trabajo.

... gravedad me lleva a la aceleración de la gravedad aplicada en los problemas de caída libre. La relaciono con una fuerza de atracción inherente a la materia. En Física lo aplico en Cinemática, cuando uso g. En Físico-Química lo relaciono con peso. (Estefanía, Física).

La gravedad newtoniana es la fuerza que ejerce la Tierra sobre todos los cuerpos atrayéndolos hacia su centro. Lo uso en Físico-Química para diferenciar masa-peso. (Cristina, Química).

Podría decirlo que es la fuerza que ejerce la Tierra sobre los cuerpos. No utilizo esta idea en el aula. Solo utilizo el concepto de aceleración de la gravedad. (Virginia, Físico-Química).

... entiendo la fuerza de atracción que se produce dentro del campo de gravedad. En mis clases se habla de geotropismos..., de la fuerza de gravedad que afecta a los seres vivos... (Osvaldo, Biología).

... es la atracción que se ejerce entre dos cuerpos, y varía según la distancia y el peso de los elementos. No desarrollamos este concepto. Si los alumnos preguntan les digo que le pregunten a profe de Física o Matemática. (Ana Clara, Geografía).

- Apareció la idea de la *fuerza de atracción entre cuerpos separados una determinada distancia*. En este caso, si bien no se hizo explícito, *se podría decir que piensan en una acción a distancia*. Título III.2.3.
- No queda claro qué propiedad de esos cuerpos es responsable de la gravedad; ¿la masa?, ¿el peso? Se observa que los docentes de Física y de Físico-química son los que evidenciaron un lenguaje más preciso conceptualmente, sin embargo, ninguno realizó una formulación de la Ley de Gravitación Universal. En general la fuerza de gravedad y la Gravitación Newtoniana están tratadas en el contexto del planeta Tierra. Se advierte lo mismo que en VI.2.
- Solo en una entrevista apareció la mención de campo. Evidente ausencia de la idea de campo gravitatorio. Este resultado es muy importante, porque la ausencia del concepto de campo gravitatorio (tal como se desarrolla en el marco teórico) debilitaría didácticamente la enseñanza de la Gravitación Newtoniana. No permitiría la adquisición de significatividad lógica para este constructo, vistos en la fundamentación y marco teórico planteados: Ausubel, Chevallard, Vergnaud. En Stipcich (2007) se trata la potencia didáctica de la concepción de campo para el tratamiento de la gravedad.

2.- Cambios sobre la idea de gravedad en el transcurso de la historia.

Aristóteles no habló de gravedad, pero sí de cosas pesadas que caían y livianas que se elevaban. Después Newton encontró la fuerza gravitatoria. Y Einstein metió la relatividad; creo que habló de curvatura... (Estefanía, Física).

Aristóteles creía que todo el mundo material estaba hecho de tierra, agua y aire y que todo esto tendía a volver a su posición, los pesados hacia el centro y los livianos hacia afuera... Galileo pensar el experimento de la Torre de Pisa (esto lo desarrollo en clase), descubre que todos los cuerpos tardan el mismo tiempo en llegar al suelo... luego llega Newton con su teoría. (Cristina, Química).

... por ejemplo, para Galileo Galilei no es una fuerza que actúa, sino que la tiene el propio cuerpo. Para Einstein la gravedad está relacionada con la curvatura del espacio-tiempo. (Virginia, Físico-Química).

... recuerdo que Einstein cuestiona la gravedad newtoniana cuando suma la noción de curvatura del espacio-tiempo. (Osvaldo, Biología).

... solo recuerdo lo de la Torre de Pisa. (Ana Clara, Geografía).

- Apareció una clara mención a las ideas aristotélicas y luego, la mayoría, recurre al experimento de la Torre de Pisa. Esto se relaciona con lo mencionado sobre la aceleración de la gravedad en la Tierra.
- También, algunos mencionaron la gravedad según Einstein indicando la curvatura del espacio-tiempo. Es de destacar que, tal como ya se indicó, no se encontró qué propiedad produce la gravedad en la mecánica newtoniana. Pero sí, se hizo mención sobre a qué se debe la gravedad en la idea einsteniana.
- No se pudo inferir que reconozcan que están mirando la idea de gravedad desde paradigmas diferentes. Según lo descrito en la fundamentación epistemológica (Kuhn) y, en acuerdo al trabajo de Fajardo (2012); parece existir una ausencia del tratamiento de la evolución histórica de los conceptos relevantes para la Gravitación Newtoniana. La mayoría de los referentes teóricos estudiados ponen de manifiesto la importancia (e influencia) del momento histórico y social en el que se generaron los conocimientos.

3.- Referencia a Gravitación Newtoniana.

Creo que, a las leyes del movimiento en contextos gravitacionales, a velocidades nos cercanas a la de la luz. (Estefanía, Física).

A la Ley de Gravitación Universal. La que se estudia en Mecánica Clásica. (Cristina, Química).

... te referís a que los cuerpos se atraen según su masa y la distancia que hay entre sus centros... (Virginia, Físico-Química).

... a la Ley de Gravitación Universal, fuerza que se ejerce entre dos los cuerpos que tienen masa... (Osvaldo, Biología).

... supongo al fenómeno de atracción... (Ana Clara, Geografía).

- Las respuestas hicieron referencia, en general, a la Ley de Gravitación Universal; y se pudo notar que aquí aparece la necesidad de nombrar a la masa y a la distancia entre cuerpos. No aparece tratado como en el título III.2.2.
- No se hizo referencia al planeta Tierra.

- Quizás, el término Gravitación Universal, se ha entendido como una teoría, aunque ninguno explicita de qué se trata. No se expresaron con la formalización del título III.2.2.

4.- Situación didáctica que presenta.

... la caída de una manzana... problemas de caída libre... tiro oblicuo. (Estefanía, Física).

... hablamos de la diferencia entre peso y masa... en una balanza nos estamos mazando... el peso es una fuerza, la masa es cantidad de materia... la aceleración como gravedad... en la Tierra la pelota se tira hacia arriba y cae... en la Luna cae más lento, flota. (Cristina, Química).

... no doy el tema... no me viene ninguna situación. (Virginia, Físico-Química).

... no lo hago, si lo necesito consulto a un profe de Física o de Matemática. (Ana Clara, Geografía).

- Cuando mencionaron aplicaciones o situaciones didácticas se refirieron a cuerpos que caen a la Tierra, y así usan la aceleración de la gravedad. Es más, en algunas entrevistas se observa que la Gravitación se redujo a esas situaciones, no se menciona la fuerza gravitatoria, sino la aceleración. También en: Driver (1992) – Vicentini (1981).
- Se manifestó lo importante de diferenciar peso y masa. Muy presente en las recomendaciones y sugerencias didácticas en el Diseño Curricular jurisdiccional, título III.3.1.
- Les resultó muy complicado, a los docentes entrevistados, responder esta consigna. Es más, se evidenciaron los casos en que simplemente, no es un tema que se desarrolle en las clases. Evidencia de cómo los profesores de ciencia se subordinan al Diseño Curricular Jurisdiccional, título III.3.1.

5.- Mención sobre interacciones y uso del concepto peso.

... la interacción gravitatoria es despreciable. Al peso lo defino como la fuerza gravitatoria actuando sobre un cuerpo... (Estefanía, Física).

... poca frecuencia trabajo la interacción gravitatoria... me di cuenta que a los alumnos les resulta más palpable cuando se habla de peso... (Cristina, Química).

... no trabajo las interacciones... doy la diferencia entre peso y masa para explicar densidad y peso específico... (Virginia, Físico-Química).

... en Biología se habla de interacción sistema-medio ambiente, luz y radiación. Diferencio peso y masa, pero comúnmente se habla de peso... (Osvaldo, Biología).

... en Geografía se trabaja muy poco el contenido físico... (Ana Clara, Física).

- Ninguno de los docentes de ciencias hizo referencia a la interacción gravitatoria. En Biología son necesarias otras interacciones, pero no la gravitatoria. La interacción gravitatoria es reconocida, pero insignificante. En relación al trabajo de Stipcich (2007). Título III.3.4
- Necesidad didáctica de diferenciar los conceptos de *peso* y *masa*. Son *distintos* aunque no queda claro en las explicitaciones que hicieron los docentes. Teniendo en cuenta las respuestas anteriores, parece que no hay duda que la masa es una propiedad de los cuerpos. Nadie mencionó que esa propiedad produce gravedad. Es consecuente con la ausencia de la mención al campo gravitatorio. El investigador supone que (luego de estudiar a referentes en el tema) esta diferenciación debiera estar saldada y, quizás se la deba atribuir al intento de simplificaciones didácticas, suponiendo que los conceptos para los estudiantes serían más amigables. Título III.1.
- La mayoría dijo utilizar “el peso de un cuerpo...”. El peso apareció como una propiedad. En un solo entrevistado se hizo referencia a que coincide con la fuerza gravitatoria actuando sobre un cuerpo. También en Camino (2005). Título III.2.6.

6.- La bibliografía usada.

... *apuntes de cuando estudiaba. Física de Máximo y Alvarenga...* (Estefanía, Física).

Bibliografía variada... apuntes propios. (Cristina, Química).

... *libros de Santillana, Máximo y Alvarenga, Hewitt...* (Virginia, Físico-Química).

... *Biología de Curtis. Por lo general no utilizo libro en los que se desarrolle gravedad...* (Osvaldo, Biología).

... *libros de Geografía en los que no se trata la gravedad.* (Ana Clara, Geografía).

- Es importante hacer foco en la bibliografía que mencionaron; si bien no es objetivo de este estudio analizar cómo ésta trata la Gravitación Newtoniana; varios de los libros mencionados (Física Conceptual de Hewitt; Física General de Máximo y Alvarenga; Biología de Curtis: etc.) incluyen capítulos con un desarrollo formal conceptual y metodológico profundo sobre este tema.
- Cuando el libro es utilizado para la preparación de clases y/o para la elección de actividades de resolución de problemas; no se lo usa de manera crítica y en la completitud de cada capítulo, sino que los conceptos y los procedimientos se extraen de forma aislada provocando una descontextualización evidente. Se hace necesario establecer una relación con el Diseño Curricular, aunque en la entrevista no se lo haya incluido, pero se puede entender que los profesores planifican sus disciplinas escolares en base al mismo. En título II.2., recomendable ver Massa (2011).
- Se ha observado, en las entrevistas, que existe una influencia decisiva (a la que el profesor se adapta) del Diseño Curricular en cuanto a la construcción de la idea de Gravitación Newtoniana. Así mismo, esa influencia impacta en la elección de situaciones didácticas intencionadas. Solo los docentes de Física y Físico-química han dado cuenta que el Diseño Curricular prescribe explícitamente la enseñanza de los conceptos relacionados con la Gravitación Newtoniana. En título III.3.1.
- Los docentes de Química, Geografía y Biología; manifestaron que en sus currículum están ausentes esos contenidos, y por lo tanto no son objetos didácticos de enseñanza. Reconocieron que es probable, en las situaciones de aula, puedan aparecer los términos: gravedad, fuerza gravitatoria, campo gravitatorio; pero no son tratados como tales.

“...para recordar a los estudiantes sobre las bendiciones que vendrán cuando la ciencia determine qué es la gravedad, cómo funciona y cómo puede ser controlada”.

Roger Babson (1875-1967)

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES FINALES

Y PROPUESTAS

VII.1. Conclusiones Finales.

El análisis de los resultados obtenidos permitió establecer 5 (cinco) conclusiones muy generales e inclusivas:

Los docentes de ciencias de las escuelas secundarias de Casilda...

- 1) manifiestan una concepción de Gravitación Newtoniana reducida a la idea de *Fuerza Gravitatoria* entre cuerpos y lo hacen explícito a través de la mención *peso de un cuerpo en el contexto del planeta Tierra...* Similares conclusiones en Camino (2005), Stipcich (2007). Desarrollos en el marco teórico, títulos III.2.2. a III.2.6.**
- 2) no han reconocido a la Gravitación Newtoniana como un paradigma que sirve para dar cuenta de la descripción y explicación de fenómenos gravitatorios; que no son solo objetos didácticos para la enseñanza de la Física, sino que también tienen mucho para decir en las demás disciplinas escolares de ciencias...** Conclusiones similares en Fajardo (2014), Vosniadou (1991). Títulos II.1. y III.1.
- 3) muestran que las concepciones sobre Gravitación Newtoniana influyen fuertemente en la elección de las acciones didácticas llevadas al aula. En este caso esas acciones didácticas se reducen a situaciones de caídas de objetos hacia la Tierra y, la gravedad se explicita como aceleración...** Conclusiones similares en Driver (1973), Vicentini (1981), Nussbaum en estadios 4 y 5 (1989), Massa (2015).
- 4) no utilizan el concepto de campo para enseñar la gravedad y sus efectos; y además están didácticamente ocupados en diferenciar los constructos de masa y peso.** Stipcich (2007) destaca la potencialidad didáctica del concepto de campo... Es posible que los docentes relevados no usen la idea de campo, por ser posterior (en el desarrollo temporal) a la Teoría de Gravitación Universal. No obstante, se debiera reconocer la ventaja didáctica. Títulos II.2., III.1. y III.2.3.
- 5) no reconocen la Gravitación Newtoniana como un campo conceptual.** Se encuentra en Stipcich (2007), Massa (2015). Título III.1 referencia a Vergnaud.

Dicho esto, y entendida la hipótesis como fue expresado en págs. 67 y 68:

La concepción sobre Gravitación Newtoniana, relevada en los docentes de ciencias de las escuelas secundarias de la ciudad de Casilda, influencia fuertemente las acciones didácticas llevadas al aula: cuando se la trata explícitamente, está relacionada principalmente con el concepto de peso, referido sólo a un contexto terrestre y, en la mayoría de los casos (en temas de Química, Biología, Geografía, y algunos de Física), no se la trata ni menciona explícitamente, y no se hace mención a la función determinante de la gravedad en los fenómenos estudiados.

Puede decirse que, en el transcurso de la investigación se ha dado respuesta satisfactoria a las preguntas que guiaron el proceso. Debido que la hipótesis (con la acepción respetada en esta tesis) permitió fijar un horizonte posible, en virtud al conocimiento del investigador del contexto educativo de la ciudad de Casilda; se puede afirmar que la misma ha sido corroborada. Lo que sigue, es para poner más énfasis a lo expresado.

- El tratamiento de los conceptos y aplicaciones que se pueden relacionar con la Gravitación Newtoniana, se hacen explícitos en los espacios curriculares de Física y, en menor medida, en Físico-química. Esto se reduce al desarrollo de temas de cinemática (caída libre) y las Leyes de Newton. Aparece en Driver (1992) – Vicentini (1989).
- Revisando el Diseño Curricular, se ha observado que se sugieren otros contenidos que pueden abordarse desde el paradigma newtoniano: Ley de Gravitación Universal, Campo Gravitatorio, etc.
Se ha podido inferir que se evitan los desarrollos de estos conceptos; por considerarlos de alta dificultad didáctica, o por falta de tiempo para su tratamiento, o por decisión de priorizar los contenidos y procedimientos que les permiten trabajar con problemas de lápiz y papel sencillos. Puede asociarse a trabajo de Vosniadou (1991). Consideraciones para el tratamiento y la presencia de la gravedad en el Diseño Curricular Jurisdiccional (título III.3.1.). Ver Título II.2. Aprendizaje Significativo.

- Es necesario destacar que no se hizo mención (ni en los cuestionarios, ni en las entrevistas) de realizaciones de desarrollos experimentales, a pesar del potencial didáctico que tiene esa metodología. Así mismo, no se han presentado ejemplos de uso de experimentos mentales que podrían resultar muy oportunos para la descripción y explicación de los fenómenos involucrados con la gravedad. Muchos mencionan a Galileo y a Einstein, en algunos casos, y justamente ellos utilizaban problemas y experiencias mentales, se preguntaban sobre lo que podía suceder en fenómenos que no realizaban de manera física, sino que imaginaban su ocurrencia. Pueden encontrarse variadas aplicaciones experimentales en Camino (2005), Stipcich (2007). Evolución de la geometría de la gravedad en Nussbaum (1989), Driver (1973). Otros ejemplos adecuados de actividades experimentales en Massa (2015).
- Las propuestas didácticas que presentaron los profesores, si bien no se pudo lograr que mostraran cuadernos de actividades y/o planificaciones y narrativas de clases; parecen concluir en la resolución de problemas de lápiz y papel para cálculos de velocidad, tiempo de caída, etc., en problemas de caída libre. Título III.1. Aprendizaje Significativo (Ausubel), Situaciones Didácticas (Brousseau).
- En relación al estudio dinámico del movimiento no han hecho manifestaciones de cómo lo trabajan, aunque se pudo asegurar (por lo expresado y por la bibliografía utilizada) que solo abordan la expresión de la fuerza gravitatoria como *peso* en la forma: $P = m \cdot g$, tomando $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ en el contexto del planeta Tierra. Así fue indicado por docentes de Física y Físico-química. No se evidencia el tratamiento de la Gravitación Newtoniana en el sentido que ha sido desarrollado en esta tesis, títulos III.2.2., III.2.3., III.2.4., III.2.5. y III.2.6.
- En los demás espacios curriculares de ciencias, no se hizo mención explícita a la gravedad, que fue considerada como un objeto didáctico que no corresponde tratar en los mismos; ya sea, porque no está prescripto en el Diseño Curricular, o porque el docente *toma la decisión* de no considerarlo. Sin embargo, la mayoría tienen algo para decir de la gravedad y se puede suponer que esas ideas, seguramente, surgen en el aula de Biología, o de Química, o de Geografía; aunque tratadas como una *opinión que brinda el profesor*. Títulos III.3.1, III.3.2., III.3.3. y III.3.4.

- En este trabajo apareció, con frecuencia, el concepto de *masa* como *cantidad de materia* (especialmente en los docentes de Biología, Química y Físico-química); incluso aunque algunos no lo hicieron explícito se puede asegurar esa idea. En los trabajos revisados para la construcción del estado del arte, no se encontró esta idea. No se diferencia la masa (que produce gravedad) y la masa (que es acelerada). No hay evidencia de la idea de inercia. Títulos III.2.2., III.2.3. y III.2.4.

- Resultó muy significativa, en todos los docentes participantes, la mención del *peso* como una *propiedad de la materia*. Por más que lo han definido como *la fuerza con que la Tierra atrae a los cuerpos*; conceptualmente están reconociendo al peso como una fuerza de origen gravitatorio; pero en lo coloquial y en el planteo de situaciones problemáticas *hablaron de un cuerpo cuyo peso es....* Camino (2005) presenta la idea que no es lo mismo Peso que Fuerza Gravitatoria. Desarrollado en el Título III.2.6. En algunos libros utilizados, algunos ejercicios (problemas de aplicación) utilizan ese lenguaje textual. Sin embargo, los docentes (de cualquier espacio curricular) manifestaron como una preocupación didáctica innegociable, el logro de la ***diferenciación entre los conceptos de peso y masa***. El investigador supone que (luego de estudiar a referentes en el tema) esta diferenciación debiera estar saldada y, quizás se la deba atribuir al intento de simplificaciones didácticas, suponiendo que los conceptos para los estudiantes serían más amigables. Título III.1.

- Algo curioso es que, con frecuencia, los docentes expresaron que la masa se mide con una balanza, pero no dieron con qué instrumento de medición se puede conocer el peso. Se desprende una ausencia, casi total, de relacionar la masa con la gravedad. *No se reconoció a la masa como propiedad de la materia que produce gravedad*. Por supuesto, en ningún momento de la investigación surgió la problemática de ¿masa inercial (2da Ley de Newton)?; ¿masa gravitatoria (Ley de gravitación Universal)? Títulos III.2.2. y III.2.3.

- Otra cuestión a resaltar fue la ausencia (casi total) de la idea de *acción a distancia*, ligada fuertemente a la Gravitación Newtoniana. Se hace evidente que, al no tratar a las fuerzas como interacciones no tiene sustento esa acción mencionada. Por ejemplo, algunos profesores han expresado: *la gravedad es la fuerza de atracción que actúa entre dos cuerpos...*; pero no relacionan que esa interacción es *a distancia*, que existe un par de fuerzas y que este actúa instantáneamente en ambos cuerpos. Incluso, la mayoría dijo: *la gravedad es la fuerza que la Tierra hace sobre los cuerpos...*, y así tampoco hicieron notar que en la Tierra actúa una fuerza como resultado de esa interacción a distancia. Camino (2005), Stipcich (2007), Massa (2015).
- Si bien, en Física y en Físico-química, los profesores reconocieron (y se encuentra en el Diseño Curricular) trabajar las Leyes de Newton, se podría argumentar que las mismas se inducen (se memorizan) con la ausencia de su análisis y significado; que se evidencia en la falta del concepto de interacción, conceptualmente y procedimentalmente indispensable para su desarrollo. Stipcich (2007), Massa (2015).
- También se pudo observar la ausencia (casi total) del concepto de campo gravitatorio. Quizás se pueda inferir que el concepto de fuerza gravitatoria lo trabajan (didácticamente) como un objeto aislado que, no se da por una interacción a distancia y tampoco por la acción de un campo gravitatorio, sin discutir o presentar su origen o causa. El desarrollo del marco teórico plantea muy positivo incorporar el concepto de campo. Stipcich (2007), Massa (2015).
- Cuando se indagó acerca de la evolución del concepto de gravedad a través del tiempo, apareció un acuerdo mayoritario en las menciones de Aristóteles y de Galileo Galilei. No es casual, ya que la bibliografía que dijeron utilizar (en general, cuando tratan temas relacionados con la gravedad) aparecen introducciones con un relato histórico muy resumido y con saltos temporales muy pronunciados; referidos a las ideas aristotélicas y las experiencias de Galileo. Fajardo (2014), Camino (2005), Adúriz-Bravo (1999-2000). Título II.1.

- Es muy común notar (en la bibliografía) una cierta desvalorización, y resaltar errores conceptuales, de la concepción de Aristóteles; sin hacer un análisis crítico del valor que tuvieron esas primeras ideas en la construcción de un modelo de mundo natural. Esta manera de tratamiento no deja entrever los esfuerzos y los cambios conceptuales que la Humanidad tuvo, y tiene, que afrontar hasta llegar a alguna comprensión de los fenómenos gravitatorios. Adúriz-Bravo (1999-2000).

- Aparecieron aquí ideas que no se exponen bajo el paraguas de algún paradigma. Si bien, los temas planteados en el currículum tienen una línea y correlato de orden histórico temporal, los docentes no le dan el lugar y la prioridad a la mirada epistemológica relacionada con los contenidos que abordan en el marco de la ciencia escolar. Los conceptos son actos creativos de alguien (una persona), en un determinado tiempo y espacio (un contexto histórico-socio-cultural). Los conceptos no se deben trabajar en el aula de manera aislada y sin el marco que los instituye cómo tales. Menos aún se menciona la idea de *modelos*, por desconocimiento de los mismos o porque el docente puede suponer que el énfasis en los mismos complica la tarea de la enseñanza. Tópicos II.1. y II.2.

Finalmente, a modo de cierre de conclusiones, esta investigación ha permitido arribar a dos apreciaciones que no habían sido pensadas en el inicio, ni durante el proceso, de esta tesis:

- ✓ Los docentes participantes de esta investigación han mostrado (en su mayoría) que tienen (y que usan en sus actividades áulicas) conceptualizaciones de fuerza gravitatoria, peso, gravedad, aceleración de la gravedad, masa; pero en ningún caso estos conceptos están bajo el paraguas del paradigma de la Gravitación Newtoniana. Para ellos son, solo conceptos independientes que se deben definir, luego aplicar especialmente en resoluciones de problemas (ejercicios de aplicación) de lápiz y papel y, en lo posible que sean útiles para entender algunos fenómenos en el ámbito terrestre. No evidencian un tratamiento como el planteado en los títulos III.2.1 a III.2.6.

- ✓ Para los docentes de ciencias de las escuelas secundarias de Casilda es didácticamente relevante el reconocimiento de la diferencia entre peso y masa. Aunque, por lo visto en los resultados de este trabajo, ese objetivo no se logra en la adquisición y fijación de esa diferencia, al menos parece ser evidente que ambas resultan propiedades del cuerpo. Pero al peso se lo relaciona con la fuerza de atracción gravitatoria hacia el centro de la Tierra. Entonces, aquí parece claro que en los docentes subyacen dos paradigmas (que no se distinguen) de la idea de gravedad; un paradigma *pre-newtoniano* en el que el *peso se entendía como una propiedad de los cuerpos* y, otro paradigma newtoniano para el que *las fuerzas son el resultado de interacciones entre dos sistemas* que permite poner en pie de igualdad conceptual al peso con la fuerza de atracción gravitatoria que ejerce el planeta Tierra sobre los cuerpos en su entorno. También tratado por Camino (2005), Stipcich (2007), Massa (2015).
Título II.1.

Pero, tal como se desarrolló en el marco teórico, esta igualdad tampoco es correcta y conduce a malas descripciones y explicaciones de los fenómenos gravitatorios. Entonces, existe un problema didáctico a resolver, y que podría ser objeto de otra investigación:

... el problema es el peso, ¿qué hacemos con él?

Se tiene, en una reducción del tratamiento de los temas que involucran la gravedad, solo la visión en el entorno terrestre. Esto, junto con la ausencia de mencionar a la gravedad como una interacción, constituye un obstáculo didáctico muy fuerte debido que se hace imposible, así, construir un concepto con significado que permita modificar el esquema mental con el que se observa el mundo natural. Quizás, los docentes no llegan a **ver** (para poder tomar decisiones didácticas adecuadas) que la **gravedad**, ya sea desde el paradigma newtoniano, o de otros, es una de las **interacciones de mayor presencia en todo el Universo**.

VII.2.- Propuesta que produzca cambios

Fue pretensión de esta tesis dejar algunas recomendaciones para el tratamiento de la Gravitación Newtoniana en la escuela secundaria. Se podría presentar el trabajo áulico a través de situaciones didácticas (en el sentido desarrollado en título III.1. Brousseau) que puedan ser pensadas y generadas desde distintos espacios curriculares (sin perder la especificidad de cada uno) en la búsqueda de un mismo significado para los conceptos y procedimientos que sean objeto de enseñanza.

La búsqueda de las concepciones acerca de la Gravitación Newtoniana y el análisis de cómo influyen en las tareas del aula, los resultados obtenidos mediante la aplicación de distintos instrumentos y las conclusiones construidas después de un análisis profundo y crítico; hicieron necesario la presentación de algunas propuestas concretas de acciones didácticas que posibiliten la desconstrucción, para volver a construir, la visión de la gravedad en el paradigma newtoniano.

Parece relevante que esta propuesta sea inclusiva, respecto de los espacios curriculares tratados en este trabajo. De nada serviría, y seguramente reforzaría la idea de fragmentación, tratar a la gravedad newtoniana de manera aislada en cada disciplina escolar. Por otro lado, resulta importante quitar la fuerte idea que es necesario el desarrollo matemático formal para trabajar conceptos que, de antemano, se prescribe sean tratados en el ámbito de la Física o de la Físico-química (ya sea porque lo dice un Diseño Curricular o porque es parte de la cultura escolar). Títulos III.3.1 a III.3.4.

Entonces, una propuesta que permita trabajar situaciones didácticas intencionadas para la construcción de conceptos significativos (Título III.1.), pueda generar un adecuado cambio conceptual en los estudiantes; debe primero dar lugar a esos cambios en los profesores.

Se estaría pecando de ingenuo si se presentara una *propuesta recetada* para tratar el objeto didáctico gravedad en el marco del paradigma newtoniano, creyendo que será la solución de todos los males; más bien es conveniente presentar algunas ideas puntuales que, es de esperar, pueda ayudar a los profesores de ciencias a construir su marco conceptual y, desde esos cimientos generar actividades que promuevan una enseñanza significativa.

- ✓ Por lo concluido en este trabajo, es relevante que los profesores construyan la idea de interacción. Puede observarse en Stipcich (2007) y en Massa (2015). Resultaría muy instructivo observar algún cuerpo que se elija (un sistema observable) y preguntarse sobre todas las acciones (en referencia a fuerzas) que actúan sobre el cuerpo observado, en qué dirección y sentido lo hacen, qué intentarían provocar en el cuerpo, etc.

Luego se deberán construir preguntas acerca de qué otros cuerpos provocan esas acciones sobre el sistema observable. Se pueden presentar situaciones reales de ocurrencia cotidiana: Variados ejemplos en Massa (2015).

- observar la mesa cuando es empujada; observar cuando alguien camina por el patio;
 - observar una pila de 3 masitas ¿qué siente, en cuanto a fuerzas, la masita en el medio?;
 - observar un libro sostenido por la mano;
 - observar una persona en un ascensor (cuando está detenido, cuando el ascensor arranca para ascender, cuando el ascensor arranca para descender, cuando el ascensor sube o baja entre pisos);
 - observar una persona apoyada en una balanza de pie; etc.
-
- ✓ Es fundamental comenzar a observar el entorno natural que nos rodea y descubrir el rol de la gravedad en esos fenómenos. Tratar de describir situaciones observables sencillas, en las que su ocurrencia se haga necesario responsabilizar la gravedad.
- Cuadros colgados, ¿si se desprenden?
 - Sillas apoyadas en el suelo, ¿si no estaría el suelo?, etc.

- ✓ Construir preguntas sobre fenómenos naturales que debemos pensar que ocurren, sin verlos (experimentos mentales), ¿por qué debe ocurrir así...? Para estas observaciones, es importante tratar de despojarse de los conceptos que se tienen, la idea es observar y describir y explicar sin conceptualizar. También es útil observar algunas animaciones (dibujos animados, películas de superhéroes, etc.) para producir preguntas sobre lo que no puede ocurrir gravitacionalmente.

- ✓ Para plantear la gravedad en contextos diferentes al planeta Tierra: Abundantes ejemplos en trabajos de Camino.
 - se pueden buscar videos de personas caminando en la Luna;
 - naves alunizando y apoyadas en la superficie lunar;
 - si dos boxeadores pelean en la Luna, ¿el movimiento de los brazos hacia la cara del oponente, es distinto que en la Tierra?, el boxeador que cae, ¿lo hace igual que en la Tierra?
 - se pueden buscar videos de móviles robots moviéndose en la superficie de Marte;
 - filmaciones de los astronautas dentro de la Estación Espacial Internacional (ISS), ¿cómo hacen para dormir?, ¿para comer y beber?, ¿por qué flotan?, ¿por qué se desarrollan plantas, frutas, medicamentos, aleaciones especiales; en la estación espacial? Todo esto, y mucho más, se puede hacer sin tener previamente los conceptos elaborados por el paradigma newtoniano.

- ✓ Preguntarse sobre la producción de las mareas; el geotropismo; ¿la forma de los cuerpos tiene relación con la gravedad?; ¿por qué los planetas son casi esféricos y los asteroides no?; ¿cómo se pone en órbita un satélite?

- ✓ A efectos de entender que cada paradigma puede no explicar todo; se puede analizar cómo funciona el sistema GPS.

- ✓ Observar el funcionamiento de juegos de plazas: toboganes, sube y baja, hamacas, etc., y preguntarse cómo funcionaría en un entorno diferente al planeta Tierra (Luna, Marte, Júpiter, un asteroide, una estrella, un agujero negro). Analizar el juego del pájaro bebedor que aparece en un capítulo de Los Simpson.

- ✓ Revalorizar la actividad experimental. Se puede medir la aceleración debida a la gravedad (terrestre) en el aula de clases. Simplemente se necesita construir un péndulo simple y usar la expresión de la ley del período del péndulo.

En todas estas situaciones planteadas, y muchas otras que sería largo y tedioso mencionar pero que cada profesor puede ser capaz de generarlas; es de suma importancia la descripción desde el desconocimiento conceptual escolar (solo con el conocimiento de sentido común). Vosniadou (1981), Nussbaum (1989). Aprendizaje Significativo en título III.1. De esta manera, pueden surgir preguntas, es la intención de saber hacerse preguntas. Y recién allí, recurrir a los conceptos que aparecen en los libros, a los enunciados teóricos y, entonces estar preparados para construir alguna explicación plausible del fenómeno observado con el auxilio de la teoría (en este caso la Gravitación Newtoniana).

A partir de esta formalización quedará, y es muy importante, la adquisición de un lenguaje científico escolar adecuado; en todos los espacios curriculares convenidos a trabajar la Gravitación Newtoniana; los términos usados y sus *significados* no pueden generar confusiones. Muchos términos usados en el lenguaje de la ciencia tienen su correlato en el lenguaje popular, o sea que son polisémicos, tienen significados diferentes. Los profesores deben tener en claro que estos términos y sus significados pueden coexistir en el esquema mental; pero deben tratarse con un significado monosémico en el desarrollo de las asignaturas pertinentes.

VII. 3. ¿Alguna proyección?...

Finalizando la escritura de esta tesis, después de un proceso extenso en el tiempo, luego de haber entablado diálogos enriquecedores con los directores, habiendo incorporado nuevos conocimientos y nuevas miradas de la Didáctica de las Ciencias; resulta pensar, humildemente, acerca de la utilidad de los resultados y conclusiones aquí expuestas.

Existen muchas investigaciones en Didáctica de las Ciencias en torno a la Gravitación Newtoniana. Así mismo, muchas se han realizado en el ámbito de la Enseñanza Secundaria; aunque ésta ha estado circunscripta a las escuelas secundarias de una misma localidad. Quizás, la cultura institucional local influya en los resultados obtenidos; por lo que podría pensarse en otras investigaciones del mismo tenor y realizadas en diferentes localidades, e incluso de regiones geográficas u culturales diferentes.

Es de esperar que este desarrollo pueda prestar una propuesta de trabajo similar (en cuanto a la temática y a la localización); para luego producir otras investigaciones más generales que permitan comparar resultados entre diferentes regiones y culturas docentes.

¿Se encontrarían similitudes (o diferenciaciones) en torno a las concepciones sobre Gravitación Newtoniana de los docentes de ciencias que se desempeñan en las escuelas secundarias? ¿La cultura escolar de cada región (o de cada localidad) podría determinar diferentes concepciones (en los docentes de ciencias) sobre la Gravitación Newtoniana?

VII.4. Epílogo.

Después de largo tiempo y camino recorrido, se logró finalizar esta tesis de Maestría en Didáctica de las Ciencias Experimentales. Siempre la sensación de la tarea terminada y cumplida es un alivio en lo profesional y en lo personal.

Profesionalmente - haber tenido que pasar por todas las instancias de la Maestría en Didáctica, tuvo un valor imposible de dimensionar. Permitted un gran crecimiento, a través del conocimiento de muchas personas, lecturas de muchos artículos, clases muy motivadoras, etc.; sin dudas, un gran aprendizaje en la última etapa de una dilatada carrera docente.

Profesionalmente - aprender a ingresar al mundo de la investigación y, a todo lo que eso conlleva. Tratar con los Directores de Tesis, cada uno de ellos indudables autoridades en sus respectivas temáticas; entender la necesidad de adquirir un nuevo lenguaje y una nueva mirada cuando se debe investigar en torno a una clara problemática planteada.

Profesionalmente - des-construir para construir conceptos, procedimientos, formas de ver lo específico y lo didáctico, maneras de entender las disciplinas escolares de ciencias, etc.

Personalmente - entender que siempre se puede crecer en lo que se hace todos los días. Entender que la docencia elegida por convicción; va cambiando y quienes la ejercen deben re-acomodarse y re-adaptarse a esos procesos. El docente debe ser maleable a los cambios, pero en este caso esa maleabilidad no resulta un parámetro fijo inamovible; sino que necesita ser resiliente.

Personalmente - tener una meta y, de alguna manera con; apoyo humano con guía necesaria, con paciencia (a veces resignación), lograr la producción final. No es poca cosa, que a momentos de llegar al final de la trayectoria laboral se encuentren desafíos; tal como si fueran los inicios de la carrera.

Personalmente – re-construirse, re-pensarse, re-animarse a un nuevo ser.

VIII.- BIBLIOGRAFÍA

- ADÚRIZ-BRAVO, A. *La didáctica de las ciencias como disciplina*. En revista Enseñanza 17-18. Ediciones de la Universidad de Salamanca, pp. 61-74.
- AUSUBEL, D.; NOVAK, J.; HANESIAN H. *Psicología educativa*. Trillas. México. 1978. Versión en español 1983, pp. 85.
- BETORET, F. *La Enseñanza y el Aprendizaje en la Situación Educativa*. Buenos Aires. 1999, pp. 25.
- CAMINO, N. *Génesis y evolución del concepto de gravedad construcción de una visión de universo*. Tesis doctoral. 2005, pp. 81 a 82, pp. 195.
- COLLINVAUX, D. *Formación de conceptos*. En Castorina, A. y Dubrovsky, S. *Psicología, cultura y educación. Perspectiva desde la obra de Vigotski*. Novedades Educativas. Buenos Aires. 2004, pp. 51 a 56.
- COLL, C. *Psicología y Curriculum*. Paidós. Buenos Aires. 1991, pp. 110.
- COLL, C.; PALACIOS J.; MARCHESI, A. *Desarrollo Psicológico y Educación*. Paidós. Buenos Aires. 1990, pp. 4.
- CHEVALLARD, Y. *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. Aique. Buenos Aires. 1997.
- de la Fuente A. M.; OTROS. *Visión de ciencia y de lo escolar en un grupo de docentes de ciencias*. Revista de Enseñanza de la Física. Vol. 19, N°2. 2006. Pp. 47-56.
- DIVAR URE, C.; PÉREZ, S. M. *Análisis de las dificultades de los conceptos de peso y gravedad: algunos resultados de investigación desde un marco neuroconstructivista*. Revista de Enseñanza de la Física. Vol. 20, Nros 1 y 2. 2007. Buenos Aires. Argentina pp. 33 a 39.
- DRIVER, R.; GUESNE, E.; TIBERGHEN, A. *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Ed. Morata. Madrid. 1989.
- FERNÁNDEZ NISTAL, Ma. T.; PEÑA BOONE, S. H. *Concepciones de maestros de primaria sobre el planeta Tierra y gravedad. Implicaciones en la enseñanza de la ciencia*. Revista Electrónica de Investigación Educativa. Vol. 10, Nro. 2. México. 2008, pp. 22.
- FREGONA, D.; ORÚS BÁGUENA, P. *La noción de medio en la teoría de las situaciones didácticas*. Libros del Zorzal. Buenos Aires. 2011, pp. 22 a 59.
- GELLON, G.; OTROS. *La ciencia en el aula. Lo que nos dice la ciencia cómo enseñarla*. Paidós. Buenos Aires. 2011, pp. 31.
- GOBIERNO DE SANTA FE. *Documento Orientaciones Curriculares para el Ciclo Básico*. 2013.

- GOROSTIAGA, J. M.; KRAVETZ S.; TIRAMONTI G.; TERIGI, F.; OTROS. *La investigación sobre Educación Secundaria en la Argentina en la última década*. FLACSO Sede Argentina. Buenos Aires. 2015.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R.; FERNÁNDEZ COLLADO, C.; BAPTISTA LUCIO, Ma. P. *Metodología de la investigación*. McGraw Hill. México. 6ta Edición. 2014, pp. 92, pp. 140
- HEWITT, P. *Física conceptual*. Addison Wesley Iberoamericana. E.U.A. 1995, pp. 160.
- KLIMOVSKY, G. *Las desventuras del conocimiento científico*. AZ Editora. Buenos Aires. 1995, pp. 28.
- LECOMPTE, M. D. *Un matrimonio conveniente: diseño de investigación cualitativa y estándares para la evaluación de programas*. Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa. Vol 1. Nro 1. 1995, pp. 3.
- MEINARDI, E.; OTROS. *Educación en Ciencias*. Paidós. Buenos Aires. Argentina. 2010, pp. 15, pp. 90, pp. 83.
- MASSA, M.; SANJURGO L. *La enseñanza de las Ciencias Naturales en la Escuela Media: fundamentos y desafíos*. Segunda parte. Homo Sapiens. Rosario. Argentina. 2015.
- MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACIÓN DE LA REPÚBLICA ARGENTINA. *Enseñar a pensar en la escuela*. Curso para supervisores y directores de instituciones educativas. 1998, pp. 20.
- MOREIRA, M.A. *Aprendizaje Significativo, Campos Conceptuales y Pedagogía de la Autonomía: Implicancias para la Enseñanza*. Porto Alegre. RS. Brasil. Presentación power point. 2011, pp. 15
- NUSSBAUM, J.; NOVAK, J. *An assessment of children's concepts of the Earth utilizing structured interviews*. Science Education. 1976.
- NUSSBAUM, J. *La Tierra como cuerpo cósmico*. 1989. Cap. IX. Ideas científicas en la infancia y la adolescencia.
- PEME - ARANEGA, C. *Cognición y Aprendizaje en Ciencias*. 2011. Material audiovisual en Maestría en Didáctica de las Ciencias Experimentales. FCEIA-UNR.
- POZO, J.; GÓMEZ CRESPO, M. *Aprender y enseñar ciencia*. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. Ediciones Morata. Madrid. 1998.
- PRO-CIENCIA CONICET; MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACIÓN DE LA NACIÓN. *Física. Interacciones a Distancia*. Vol.4. Programa de Perfeccionamiento Docente. Conicet. 1994, pp. 24 a 27, pp- 29 a 31.
- SOTELO FAJARDO, J. C. *El Concepto de gravedad desde las concepciones de Newton y Einstein: Una propuesta didáctica dirigida a estudiantes de Ciclo V*. Tesis de Maestría. 2012, pp. 9.

- STIPCICH, M. S. *Significados del concepto de interacción gravitatoria en estudiantes de nivel polimodal y puesta en práctica de una propuesta didáctica respecto a dicho concepto.* (Tesis Doctoral), Burgos, Servicio Editorial de la Universidad de Burgos. 2007.
- TAYLOR, S. J.; BROGDAN, R. *Introducción a los métodos cualitativos de investigación* Paidós. Buenos Aires. 1987, pp. 20.
- TIPLER/MOSCA. *Física para la Ciencia y la Tecnología.* Vol.1. Reverté. Madrid. 6ta. Edición. 2010, pp. 316.
- URE, C. D.; PÉREZ, S. M., *Análisis de las dificultades de los conceptos de peso y gravedad: algunos resultados de investigación desde un marco teórico neuroconstructivista.* Tesis. 2010.
- VERGNAUD, G. *El Niño, las Matemáticas y la Realidad.* Trillas. México. 1981.
- VOSNIADOU, S. *Cómo aprenden los niños.* Serie Prácticas Educativas. 2000.
- WESTFALL, R. *Isaac Newton: una vida.* Organización Editorial de la Universidad de Cambridge. Gran Bretaña. 1996, pp. 51, pp. 64.

“La gravedad explica los movimientos de los planetas, pero no puede explicar quién pone los planetas en movimiento”

Isaac Newton (1642-1727)

ANEXOS

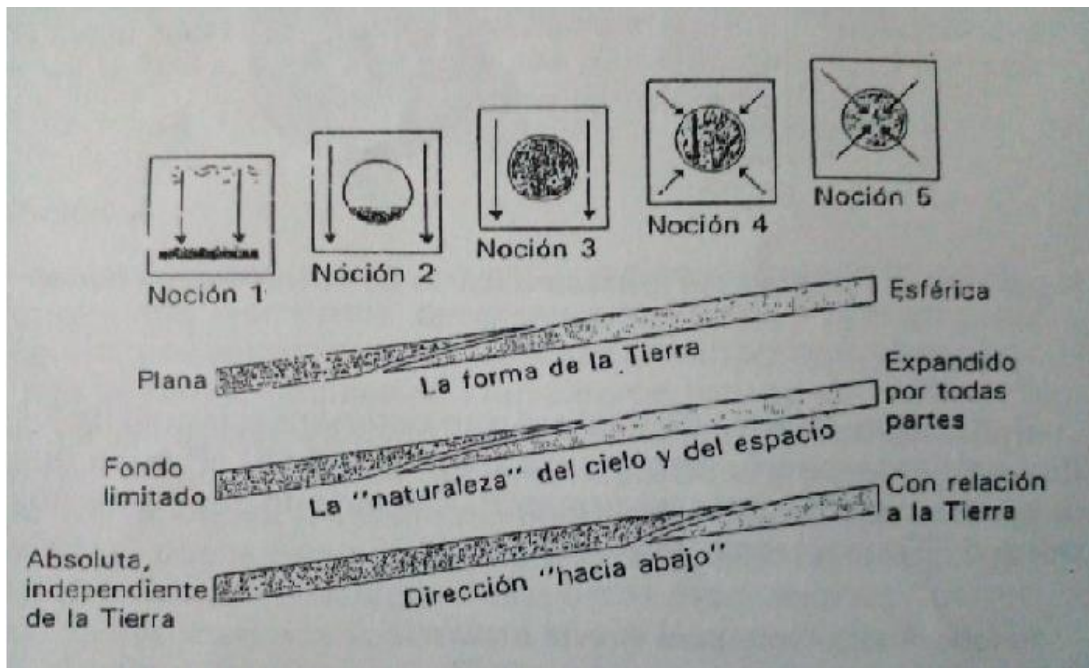


Fig. IV.1. Secuencia evolutiva de Nussbaum (Nussbaum, J.; *La tierra como cuerpo cósmico*. Driver R.; *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*; p-282; 1989.)

9.- Señalá si en tus clases trabajás o mencionás “ideas o conceptos” sobre:

- | | | | |
|-------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Gravedad | <input type="checkbox"/> | Gravitación universal | <input type="checkbox"/> |
| Peso | <input type="checkbox"/> | Fuerza gravitatoria | <input type="checkbox"/> |
| Masa | <input type="checkbox"/> | Campo gravitatorio | <input type="checkbox"/> |
| Mezclas | <input type="checkbox"/> | Separación de fases | <input type="checkbox"/> |
| Geotropismo | <input type="checkbox"/> | Sistemas de órganos | <input type="checkbox"/> |
| Mareas | <input type="checkbox"/> | Evolución | <input type="checkbox"/> |
| Embarazo | <input type="checkbox"/> | Combustión | <input type="checkbox"/> |

10.- Si señalaste algunas de las opciones anteriores, indicá “en qué contextos” los trabajaste:

- | | | | |
|---------------------|--------------------------|----------------|---|
| Tierra | <input type="checkbox"/> | Luna | <input type="checkbox"/> |
| Atmósfera terrestre | <input type="checkbox"/> | Otros planetas | <input type="checkbox"/> |
| Espacio vacío | <input type="checkbox"/> | Estrellas | <input type="checkbox"/> |
| Universo | <input type="checkbox"/> | Otro/s | <input type="checkbox"/> ¿Cuáles? |

11.- Imaginá que un estudiante te dice: “Profe, ¿qué es la *gravedad* o la *gravitación*?”, relatá de manera breve cuál sería tu respuesta:

.....

12.- Realizá un dibujo (o un esquema) que ayude a comprender “*tu idea sobre gravedad*”.

Realizá un breve comentario

A2. Datos extraídos de los Cuestionarios realizados por los docentes de ciencias de las Escuelas Secundarias de Casilda.

A2.1. Consigna 1: Sexo

Nombre	Sexo	Nombre	Sexo
Carla	Femenino	Rosana	Femenino
Pablo	Masculino	Marcela	Femenino
María Ana	Femenino	Miriam	Femenino
Claudia	Femenino	Cecilia	Femenino
Alberto	Masculino	Antonela	Femenino
Laura	Femenino	Natalia	Femenino
Oswaldo	Masculino	Ana Clara	Femenino
Andrea	Femenino	Rocío	Femenino
Lisandro	Masculino	Cristina	Femenino
Paula	Femenino	Virginia	Femenino
Analía	Femenino	Lina	Femenino
Florencia	Femenino	Santiago	Masculino
Estefanía	Femenino	Mauricio	Masculino
Marta	Femenino	Diego	Masculino
Nadia	Femenino	Elisa	Femenino
Sandra	Femenino	Liliana	Femenino
Susana	Femenino	María Rosa	Femenino

Género	Cantidad participantes	Porcentaje (%)
Masculino (M)	7	21
Femenino (F)	27	71

A2.2. Consigna 2: Edad

Nombre	Edad (años)	Nombre	Edad (años)
Carla	53	Rosana	34
Pablo	48	Marcela	51
María Ana	53	Miriam	50
Claudia	52	Cecilia	49
Alberto	35	Antonela	25
Laura	57	Natalia	38
Osvaldo	35	Ana Clara	52
Andrea	31	Rocío	53
Lisandro	50	Cristina	41
Paula	40	Virginia	37
Analía	38	Lina	45
Florencia	31	Santiago	34
Estefanía	51	Mauricio	29
Marta	45	Diego	31
Nadia	51	Elisa	28
Sandra	56	Liliana	48
Susana	33	María Rosa	33

Rango edades	Cantidad participantes	Porcentaje (%)
más de 50	10	29
entre 40 y 50	9	26
entre 30 y 39	12	26
menos de 30	3	9

A2.3. Consigna 3: Título Académico

Nombre	Título	Nombre	Título
Carla	Bioquímica	Rosana	Prof. Historia y Geografía
Pablo	Prof. Matemática y Física	Marcela	Prof. Mat., Fís. Y Cosm.
María Ana	Ingeniera Civil	Miriam	Prof. Ciencias Naturales
Claudia	Prof. Historia y Geografía	Cecilia	Prof. Ciencias Naturales
Alberto	Prof. Matemática y Física	Antonela	Prof. Matemática
Laura	Prof. Ciencias Naturales	Natalia	Prof. Biología
Oswaldo	Prof. Ciencias Naturales	Ana Clara	Prof. Geografía
Andrea	Prof. Química	Rocío	Prof. Ciencias Naturales
Lisandro	Ingeniero Civil	Cristina	Prof. Matemática y Física
Paula	Prof. Ciencias Naturales	Virginia	Prof. Matemática y Física
Analía	Prof. Geografía	Lina	Prof. Historia y Geografía
Florencia	Prof. Biología	Santiago	Prof. Matemática
Estefanía	Prof. Matemática y Física	Mauricio	Prof. Matemática
Marta	Prof. Ciencias Naturales	Diego	Tec. Indust. Procesos
Nadia	Prof. Mat., Fís. y Cosm.	Elisa	Prof. Biología
Sandra	Prof. Geografía	Liliana	Prof. Ciencias Naturales
Susana	Prof. Ciencias Naturales	María Rosa	Prof. Geografía

Titulación (Profesor en...)	Cantidad participantes	Observaciones (pueden ejercer en...)
Cs. Naturales	9	Biol. y Fís.-Quím.
Mat. y Fís.	5	Fís. y Fís.-Quím.
Mat., Fís. y Cosm.	2	Fís. y Fís.-Quím.
Geografía	4	Geografía
Hist. y Geog.	3	Geografía
Biología	3	Biología
Química	1	Quím. y Fís.-Quím.
Matemática	3	Ninguno
Sin título docente	4	Física

Título docente	Cantidad participantes	Porcentaje (%)
Si	30	88
No	4	12

A2.4. Consigna 4: Antigüedad

Nombre	Edad (años)	Nombre	Edad (años)
Carla	Más de 20 años	Rosana	Entre 1 y 5 años
Pablo	Más de 20 años	Marcela	Más de 20 años
María Ana	Más de 20 años	Miriam	Entre 11 y 20 años
Claudia	Más de 20 años	Cecilia	Más de 20 años
Alberto	Entre 11 y 20 años	Antonela	Entre 1 y 5 años
Laura	Entre 6 y 10 años	Natalia	Entre 1 y 5 años
Oswaldo	Entre 6 y 10 años	Ana Clara	Entre 11 y 20 años
Andrea	Entre 1 y 5 años	Rocío	Entre 11 y 20 años
Lisandro	Entre 11 y 20 años	Cristina	Entre 11 y 20 años
Paula	Entre 1 y 5 años	Virginia	Entre 11 y 20 años
Analía	Entre 6 y 10 años	Lina	Entre 11 y 20 años
Florencia	Entre 1 y 5 años	Santiago	Entre 11 y 20 años
Estefanía	Entre 11 y 20 años	Mauricio	Entre 6 y 10 años
Marta	Entre 11 y 20 años	Diego	Entre 1 y 5 años
Nadia	Más de 20 años	Elisa	Entre 1 y 5 años
Sandra	Más de 20 años	Liliana	Entre 11 y 20 años
Susana	Entre 6 y 10 años	María Rosa	Entre 6 y 10 años

Antigüedad docente (en años)	Cantidad participantes
de 1 a 5	8
de 6 a 10	6
de 11 a 20	12
más de 20	8

A2.5. Consigna 5:

Nombre	Escuela	Nombre	Escuela
Carla	EETPPI N° 8180	Rosana	EESO N° 202 EETPI N° 283
Pablo	EETPPI N° 8180	Marcela	EESO N° 202 EESO N° 209
María Ana	EETPPI N° 8180	Miriam	EESO N° 202
Claudia	EETPPI N° 8180	Cecilia	EESO N° 202
Alberto	EETPPI N° 8180 EETPI N° 283	Antonela	EESOPI N° 3100
Laura	EESOPI N° 3176 EESO N° 202 EESO N° 417	Natalia	EESOPI N° 3100 EESO N° 209 EESO N° 202 EESOPI N° 3176
Oswaldo	EESOPI N° 3176	Ana Clara	EESOPI N° 3100 EESO N° 417 EETPI N° 283
Andrea	EESOPI N° 3176	Rocío	EESOPI N° 3100 EESO N° 202
Lisandro	EESOPI N° 3176	Cristina	EETPI N° 283 EESOPI N° 3176
Paula	EESO N° 417 EETPI N° 283	Virginia	EETPI N° 283 EESO N° 202
Analía	EESO N° 417	Lina	EETPI N° 283
Florencia	EESO N° 417 EESO N° 202	Santiago	EETPPI N° 8180
Estefanía	EESO N° 417	Mauricio	EETPPI N° 8180
Marta	EESO N° 209	Diego	EETPI N° 283 EESO N° 209
Nadia	EESO N° 209	Elisa	EESO N° 209
Sandra	EESO N° 209 EESO N° 202	Liliana	EESO N° 209
Susana	EESO N° 202	María Rosa	EESO N° 202 EESO N° 209 EETPI N° 283

Escuela Secundaria de desempeño	Cantidad participantes
EESO N° 209	9
EESO N° 202	12
EESO N° 417	6
EETP N° 283	9
EETPI N° 8180	7
EESOPI N° 3176	6
EESOPI N° 3100	4

A2.6. Consigna 6: Cursos de desempeño

Nombre	Curso (año)	Nombre	Curso (año)
Carla	3er.	Rosana	1er. 4to.
Pablo	1er. 2do.	Marcela	1er. 2do. 3er. 4to. 5to.
María Ana	3er. 4to.	Miriam	1er. 4to. 5to.
Claudia	1er. 2do. 3er. 4to.	Cecilia	1er. 3er. 4to.
Alberto	2do. 3er. 5to. 6to.	Antonela	3er.
Laura	5to.	Natalia	2do. 3er. 4to. 5to.
Osvaldo	1er. 3er. 4to. 5to.	Ana Clara	1er. 3er. 4to. 5to.
Andrea	5to.	Rocío	1er. 3er.
Lisandro	3er. 4to.	Cristina	1er. 2do. 4to. 5to.
Paula	1er. 2do. 3er. 4to.	Virginia	1er. 2do. 3er.
Analía	1er. 3er.	Lina	1er. 2do. 3er. 4to. 5to.
Florencia	1er.	Santiago	2do. 4to. 6to.
Estefanía	2do. 3er. 4to.	Mauricio	4to. 5to. 6to.
Marta	1er. 2do. 3er.	Diego	3er. 4to.
Nadia	1er. 2do. 3er. 4to. 5to.	Elisa	1er.
Sandra	1er. 3er. 4to.	Liliana	3er.
Susana	2do. 5to.	María Rosa	1er. 2do. 3er. 4to.

Curso de desempeño	1er. Año	2do. Año	3er. Año	4to. Año	5to. Año	6to. Año
Cantidad participantes	20	15	23	20	13	3

Cantidad cursos a cargo	uno	dos	tres	cuatro	cinco
Cantidad participantes	7	8	8	8	3

A2.7. Consigna 7: Espacios Curriculares (de ciencias) en que se desempeña

Nombre	Espacio Curricular	Nombre	Espacio Curricular
Carla	Química	Rosana	Geografía
Pablo	Física – Físquim.	Marcela	Física – Físquim.
María Ana	Física	Miriam	Química –Biología
Claudia	Geografía	Cecilia	Biología
Alberto	Físquim.	Antonela	Física
Laura	Biología	Natalia	Biol. – Quím. – Físquim.
Oswaldo	Biología - Química	Ana Clara	Geografía
Andrea	Química	Rocío	Biología
Lisandro	Física	Cristina	Química – Físquim.
Paula	Biología – Físquim.	Virginia	Físquim. – Física
Analia	Geografía	Lina	Geografía
Florencia	Biología	Santiago	Física – Físquim.
Estefanía	Física – Físquim.	Mauricio	Física
Marta	Biología	Diego	Química
Nadia	Fís. – Quím. – Físquim.	Elisa	Biología
Sandra	Geografía	Liliana	Biología
Susana	Físquim. - Biología	María Rosa	Geografía

Espacios Curriculares de desempeño	Biología	Física	Físico-Química	Química	Geografía
Cantidad participantes	12	10	11	8	7

A2.8. Consigna 8: Cantidad total de estudiantes a cargo. Cantidad de estudiantes por Espacio Curricular de ciencias.

Nombre	Cant. Estudiantes		Nombre	Cant. Estudiantes	
	Total	p/espacio		Total	p/espacio
Carla	40	Quím: 40	Rosana	190	Geog: 190
Pablo	130	Físqui: 70 Fís: 60	Marcela	275	Fís: 69 Físqui: 39
María Ana	58	Fís: 58	Miriam	200	Quím: 50 Biol: 50
Claudia	500	Geog: 250	Cecilia	130	Biol: 130
Alberto	80	Físqui: 30	Antonela	15	Fís: 15
Laura	20	Biol: 20	Natalia	120	Biol: 38 Físqui: 25 Quím: 9
Oswaldo	300	Biol: 180 Quím: 120	Ana Clara	200	Geog: 180
Andrea	74	Quím: 20	Rocío	138	Biol: 138
Lisandro	60	Fís: 60	Cristina	200	Físqui:32 Quim:80
Paula	100	Biol: 65 Físqui: 45	Virginia	148	Físqui: 60 Fís: 35
Analía	97	Geog: 32	Lina	130	Geog: 35
Florencia	150	Biol: 90	Santiago	110	Fís: 40 Físqui: 35
Estefanía	230	Fís: 120 Físqui: 60	Mauricio	150	Fís: 34
Marta	155	Biol: 155	Diego	40	Quím: 40
Nadia	274	Fís: 100 Quím: 94 Físqui: 80	Elisa	34	Biol: 34
Sandra	310	Geog: 310	Liliana	60	Biol: 45 Quím: 15
Susana	80	Físqui: 61 Biol: 19	María Rosa	300	Geog: 100

En cantidad total de estudiantes se hace referencia a los que el docente de ciencias puede tener a cargo en cualquier disciplina escolar (aunque no sea de ciencias), por ejemplo en Matemática, Historia, etc.

Cantidad TOTAL estudiantes a cargo	Cantidad participantes
Más de 200	10
Entre 200 y 100	12
Entre 100 y 50	7
Menor de 50	5

A2.9. En el siguiente cuadro, se detalla, en qué espacio curricular tiene la mayor cantidad de estudiantes a su cargo (estos espacios son coincidentes con los mencionados, para cada docente, en el título V.3). A efectos del análisis de los resultados de las consignas 9 a 12, a cada participante se **le asigna un único espacio curricular** y será considerado como **docente en el espacio curricular**:

Nombre	Espacio curricular asignado	Nombre	Espacio curricular asignado
Carla	Química (Q)	Rosana	Geografía (G)
Pablo	Físico-química (Fq)	Marcela	Física (F)
María Ana	Física (F)	Miriam	Química (Q)
Claudia	Geografía (G)	Cecilia	Biología (B)
Alberto	Físico-química (Fq)	Antonela	Física (F)
Laura	Biología (B)	Natalia	Biología (B)
Oswaldo	Biología (B)	Ana Clara	Geografía (G)
Andrea	Química (Q)	Rocío	Biología (B)
Lisandro	Física (F)	Cristina	Química (Q)
Paula	Biología (B)	Virginia	Físico-Química (Fq)
Analia	Geografía (A)	Lina	Geografía (G)
Florencia	Biología (B)	Santiago	Física (F)
Estefanía	Física (F)	Mauricio	Física (F)
Marta	Biología (B)	Diego	Química (Q)
Nadia	Física (F)	Elisa	Biología (B)
Sandra	Geografía (S)	Liliana	Biología (B)
Susana	Físico-química (Fq)	María Rosa	Geografía (G)

Espacios curriculares asignados	Biología	Física	Físico-Química	Química	Geografía
Cantidad participantes	10	8	4	5	7

A2.10. Consigna 9: Mención conceptos sobre...

Nombre	Ideas o conceptos	Nombre	Ideas o conceptos
Carla (Q)	G GU P FG M CG MZ SF C	Rosana (G)	G M
Pablo (Fq)	G P FG M MZ	Marcela (F)	G GU P FG M CG MZ SF C
María Ana (F)	G P FG M	Miriam (Q)	G P M MZ GT SO E EM C
Claudia (G)	MA E	Cecilia (B)	GU FG CG GT SO E EM
Alberto (Fq)	G P FG M CG C	Antonela (F)	G GU P FG MA
Laura (B)	E	Natalia (B)	P FG M MZ SF SO EM C
Osvaldo (B)	M MZ SF SO E EM	Ana Clara (G)	G GT GT MA E C
Andrea (Q)	C	Rocío (B)	G P M MZ GT SO E EM C
Lisandro (F)	G GU P FG M CG MA	Cristina (Q)	GU P M MZ SF C
Paula (B)	MZ SF GT SO E EM C	Virginia (Fq)	G GU P FG M CG MZ SF
Analía (G)	EM	Lina (G)	G GU P MA E EM
Florencia (B)	G GU P M MZ SO MA E	Santiago (F)	G GU P FG M CG
Estefanía (F)	G GU P FG M CG MZ SF	Mauricio (F)	G GU P FG M CG SF C
Marta (B)	GU GT SO E EM	Diego (Q)	G GU P FG M MZ SF C
Nadia (F)	G GU P FG M MZ SF	Elisa (B)	SO E
Sandra (G)	G MA E EM	Liliana (B)	G CG GT SO E C
Susana (Fq)	SO E EM C	María Rosa(G)	G MA

Utilizas en clase conceptos sobre...	Abreviatura	Cantidad de veces mencionado
Gravedad	G	22
Peso	P	18
Masa	M	19
Mezclas	MZ	14
Geotropismo	GT	9
Mareas	MA	8
Embarazo	EM	11
Gravitación Universal	GU	15
Fuerza Gravitatoria	FG	15
Campo Gravitatorio	CG	10
Separación de fases	SF	11
Sistema de órganos	SO	11
Evolución	E	15
Combustión	C	14

A2.11. Consigna 10: Contextos en que usa los conceptos...

Nombre	Contextos	Nombre	Contextos
Carla (Q)	T AT	Rosana (G)	T AT
Pablo (Fq)	T L	Marcela (F)	T L AT OP EV U
María Ana (F)	T L	Miriam (Q)	AT EV U
Claudia (G)	T L AT	Cecilia (B)	T AT U O
Alberto (Fq)	T L AT EV	Antonela (F)	T L OP EV
Laura (B)	T	Natalia (B)	T L EV
Osvaldo (B)	T	Ana Clara (G)	T AT
Andrea (Q)	U	Rocío (B)	AT U O
Lisandro (F)	T L AT OP EV U O	Cristina (Q)	EV U O
Paula (B)	T	Virginia (Fq)	T L OP
Analía (G)	O	Lina (G)	T L AT OP EV E U O
Florencia (B)	T L AT E U	Santiago (F)	T EV U
Estefanía (F)	T L AT OP EV	Mauricio (F)	AT E O
Marta (B)	T L AT OP E U O	Diego (Q)	T L AT OP U
Nadia (F)	T L	Elisa (B)	O
Sandra (G)	T AT	Liliana (B)	T L AT OP E U
Susana (Fq)	T U O	María Rosa (G)	T AT

Contextos en los que trabaja conceptos	Abreviatura	Cantidad veces mencionado
Tierra	T	27
Luna	L	16
Atmósfera terrestre	AT	19
Otros planetas	OP	9
Espacio vacío	EV	10
Estrellas	EV	5
Universo	U	14
Otros	Otros	10

A2.12. Consigna 11: ¿Qué es la gravedad o la gravitación?

Nombre	Respuestas
Carla (Q)	Es la (fuerza, la masa) con que se atraen dos cuerpos. Es una relación a distancia. Depende de la masa de los mismos. Daría distintos ejemplos y su diferencia con masa.
Pablo (Fq)	Fuerza con la cual te atrae la tierra (atracción entre dos cuerpos).
María Ana (F)	Es la fuerza con que la tierra atrae a los cuerpos que están cercanos a la superficie.
Claudia (G)	No es un término que use habitualmente. Lo definiría como una fuerza que hace la Tierra para mantener a los cuerpos sobre la superficie.
Alberto (Fq)	La gravedad es la aceleración con la cual un cuerpo es atraído al centro de la Tierra. Aprox. 9,8 m/s ² .
Laura (B)	La fuerza con que los cuerpos son atraídos por el centro de la Tierra.
Osvaldo (B)	Es una fuerza física que la Tierra ejerce sobre todos los cuerpos hacia su centro.
Andrea (Q)	Es la fuerza que la Tierra ejerce sobre los cuerpos.
Lisandro (F)	Brevemente respondería que la gravedad (\vec{g}) hace referencia a la aceleración que adquiere el objeto en cercanía del planeta (Tierra $ \vec{g} =9,8 \text{ m/s}^2$) en tanto gravitación refiere a la atracción entre masas (\vec{F}) expresada por: $\vec{F} = \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} \cdot G$
Paula (B)	Es la fuerza de atracción entre dos cuerpos.
Analia (G)	Es la fuerza que ejerce la tierra sobre los objetos.
Florencia (B)	La fuerza con que la tierra atrae a los cuerpos.
Estefanía (F)	La gravedad es la aceleración que adquieren los cuerpos que son atraídos por otros.
Marta (B)	Es la fuerza que ejerce la tierra sobre todos los objetos que se encuentran sobre ella, atrayéndolos. Todos los cuerpos que están cerca de la Tierra son atraídos por el planeta por la interacción gravitatoria.
Nadia (F)	La gravedad es la atracción de la Tierra sobre los cuerpos.
Sandra (G)	Atracción de la Tierra sobre los cuerpos.
Susana (Fq)	La gravedad es una fuerza que la Tierra ejerce hacia el centro, en todos los cuerpos. También podemos decir que es la fuerza con que cada planeta atrae a los objetos que están cerca de él.
Rosana (G)	La fuerza de gravedad es una atracción que ejerce la Tierra sobre todos los objetos. El peso de estos objetos depende de la fuerza de gravedad.
Marcela (F)	Gravedad no es lo mismo que gravitación ni tampoco que fuerza de gravedad. Allí empiezo con la diferencia entre masa y peso y hago diálogo. Pero resalto la diferencia entre términos.
Miriam (Q)	Es la atracción que ejerce la Tierra sobre un cuerpo hacia sí, es el peso de ese cuerpo.
Cecilia (B)	Le explicaría que la gravedad es la que produce el peso en la Tierra. Es una fuerza hacia la zona central del planeta, por eso permanecemos parados y no flotando. También a través de un ejemplo colocar un objeto y luego soltarlo.
Antonela (F)	Según Newton es una fuerza que permite que los objetos caigan con aceleración constante y la que mantiene en movimiento a los planetas. Según Einstein es un efecto que produce la deformación del espacio-tiempo, sobre el movimiento de los cuerpos.
Natalia (B)	Es la fuerza que ejerce la Tierra sobre los cuerpos que están a su alrededor.
Ana Clara (G)	Es la fuerza, el poder de atracción que ejerce la Tierra y otros planetas, hacia los elementos cercanos.

Nombre	Respuestas
Rocío (B)	Es la fuerza que ejerce la Tierra sobre todo cuerpo hacia su centro.
Cristina (Q)	Es una aceleración aunque siempre se relaciona inmediatamente estableciendo la diferencia entre masa y peso, definiendo a este como la fuerza con que la Tierra nos atrae.
Virginia (Fq)	Es la fuerza con que la tierra atrae los objetos hacia ella.
Lina (G)	Comienzo con la etimología de la palabra y con Newton, y de manera rápida les hago ver que es la fuerza que nos mantiene los pies y nuestro cuerpo en el suelo, sobre la tierra; y luego les HAGO INVESTIGAR.
Santiago (F)	Son fuerzas de atracción entre dos cuerpos separados por una distancia.
Mauricio (F)	Es un fenómeno natural por el cual los objetos se atraen entre sí. Es observable fácilmente en objetos muy grandes como los planetas.
Diego (Q)	Es la atracción que ejerce un cuerpo sobre otro. Son ejemplo la Tierra con la Luna o comparar la caminata lunar con una caminata en la Tierra.
Elisa (B)	La fuerza que ejerce la Tierra, que nos acerca al centro de la Tierra.
Liliana (B)	La gravedad es un fenómeno natural por el cual los objetos con masa son atraídos entre sí, y se puede observar claramente en la relación de los planetas entre sí, galaxias y de todo el universo.
María Rosa(G)	La gravitación es la fuerza de atracción que se da entre cuerpos que tienen masa.

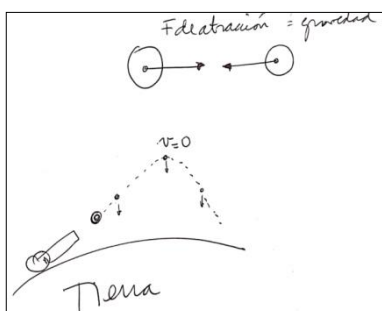
La letra indicada entre paréntesis, seguido al nombre de cada docente, indica el espacio curricular asignado.

A2.13. Consigna 12: Dibujo (esquema) de idea de gravedad

A continuación, se muestran las representaciones que realizaron los docentes de ciencias que completaron el cuestionario. Aparece sub-rayado la idea que el docente manifestó en la consigna anterior. Para cada dibujo se hace una exposición de la descripción y la interpretación.

La letra indicada entre paréntesis, seguido al nombre de cada docente, indica el espacio curricular asignado.

Carla (Q)



Fuerza de atracción = gravedad entre dos objetos (esferas) y la fuerza se aplica en el centro.

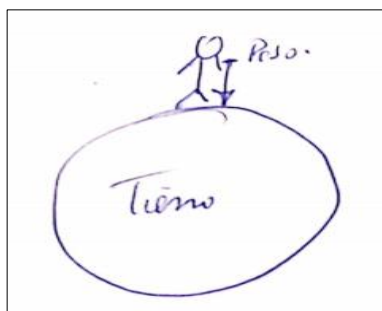
Movimiento de una bala sobre la superficie terrestre.

Los vectores parecen indicar que hay una atracción vertical y hacia abajo, a pesar de la curvatura de la superficie.

En el punto más alto de la trayectoria, indicó que la bala está en reposo. Acción a distancia y depende de la masa.

- Fuerza atracción entre cuerpos - Interacción a distancia - Gravedad hasta la superficie terrestre.

Pablo (FQ)

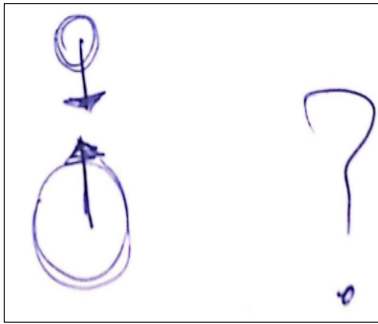


Una persona de pie sobre la superficie terrestre, soltando un cuerpo.

Indicó el peso (con dirección y sentido hacia abajo), y sobre la superficie terrestre (curva), porque el cuerpo cae a la superficie.

No apareció idea de interacción a distancia. Fuerza con que atrae la Tierra, y la llama peso.

- Gravedad asociada a la Tierra, Peso (hasta la superficie terrestre) - No aparece acción a distancia - No aparece interacción.

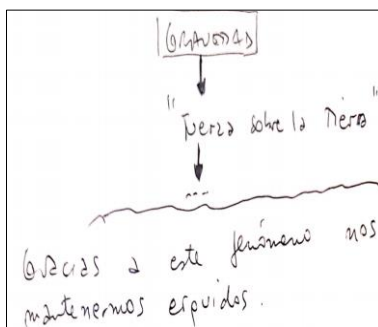


María Ana (F):

Atracción entre dos cuerpos (esféricos), podría ser la Tierra, uno de ellos.

Los vectores se aplican en los centros de las esferas. Idea de interacción y acción a distancia. Fuerza con que la Tierra atrae a los cuerpos.

- Fuerza de atracción entre cuerpos – Idea de interacción a distancia.



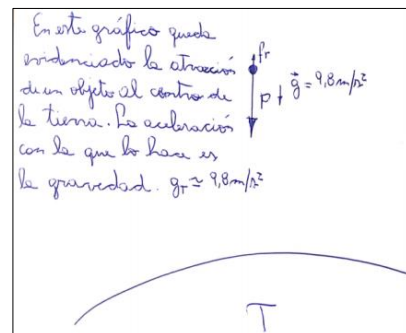
Claudia (G):

Fuerza sobre la superficie de la Tierra (representa horizonte plano); vertical hacia abajo (perpendicular a la superficie).

Es la fuerza que hace la Tierra para mantener a los cuerpos sobre la superficie.

La docente dijo que no usa habitualmente el término gravedad.

- Gravedad asociada a la Tierra (hasta la superficie) - No interacción - No acción a distancia.



Alberto (FQ):

Un objeto es atraído hacia el centro de la Tierra (no se evidencia en el dibujo).

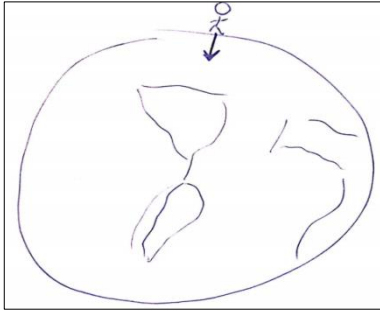
La superficie terrestre es curva, pero la fuerza indicada es vertical hacia abajo. Coloca la letra P (puede ser que la llame **peso**).

Indicó que el cuerpo se acelera. Indicó una fuerza de roce (opuesta al movimiento) pero no dice ni quién, ni qué provoca esa fuerza.

La gravedad es la aceleración.

- Gravedad asociada a la Tierra – Idea de acción a distancia – No interacción.

-Laura (B): No completó esta consigna.



Osvaldo (B):

Una persona de pie sobre la superficie terrestre (no coloca nombre pero representa los continentes).

La superficie es curva, y sobre la persona se representa un vector (la gravedad, que apunta hacia el centro, es radial).

Representa lo expresado en consigna 11.

El docente fue seleccionado para la entrevista.

- Gravedad asociada a la Tierra – No interacción – Acción a distancia.



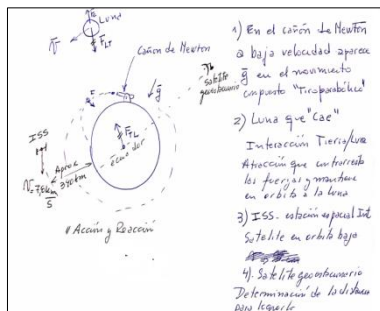
Andrea (Q):

El objeto representado puede ser la Tierra (quizás dibuja los continentes). La superficie es esférica.

Una persona es atraída hacia la superficie (acción a distancia).

Representa lo expresado en la consigna 11.

- Gravedad asociada a la Tierra (hacia la superficie). - Acción a distancia – No interacción.



Lisandro (F):

La tierra esférica con el Ecuador.

Representó la interacción entre Tierra y Luna (dirección radial e indica par de interacción).

Dijo que la Luna que cae, interacción Tierra/Luna, atracción que contrarresta las fuerzas que mantienen en órbita a la Luna.

Representó vector velocidad en la Luna y otra fuerza opuesta a la interacción gravitatoria, no dice qué produce esa fuerza. Representó la ISS en órbita (indica la velocidad, tangente a la trayectoria) y la distancia a la superficie terrestre. No representó fuerza.

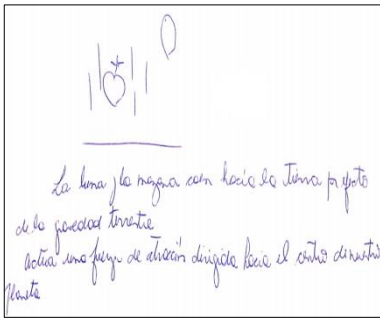
También representa un cañón de Newton dice que a baja velocidad aparece g (aceleración) provocando el movimiento parabólico.

Diferenció entre aceleración y atracción gravitatoria, pero no profundizó.

La gravedad hace referencia a la aceleración, aquí lo muestra con el tiro parabólico.

Gravitación es atracción entre masas. Lo estableció entre la Tierra y la Luna.

- Gravedad asociada a la Tierra – Acción a distancia – Interacción: solo entre Tierra-Luna – Necesidad de justificar que la Luna se mantiene en órbita (aparece una fuerza) - Relación gravedad-aceleración.



Paula (B):

Manzana cayendo a la superficie terrestre (plana). La atracción es vertical hacia abajo hasta la superficie.

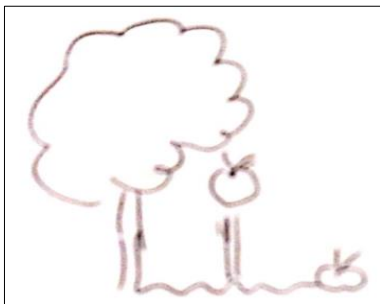
Luna también afectada por la gravedad terrestre.

Dijo actúa una fuerza de atracción dirigida hacia el centro del planeta.

No se representan fuerzas. Dijo que la gravedad es la fuerza de atracción entre dos cuerpos.

- Gravedad asociada a la Tierra (hasta superficie) – Acción a distancia – No interacción.

Analia (G):



Manzana cayendo (es atraída por la Tierra).

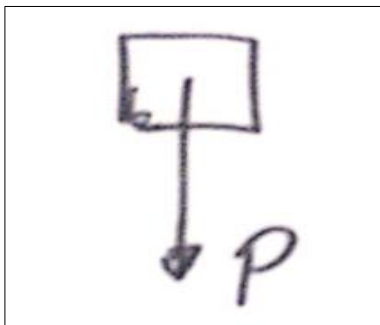
La atracción es vertical hacia abajo hasta la superficie.

Reconoció acción a distancia. No representó fuerzas.

Coincide con lo expresado en consiga 11.

- Gravedad asociada a la Tierra (hasta la superficie) – Acción a distancia – No interacción.

Florencia (B):

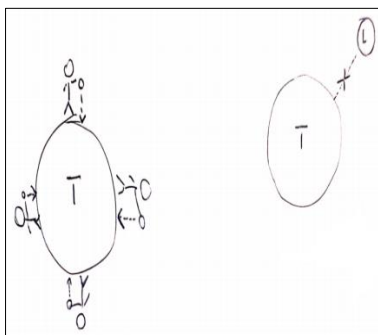


Un cuerpo al que se aplica P (puede ser el peso), vertical hacia abajo. Pero no hay otro cuerpo.

La fuerza con que la Tierra atrae a los cuerpos. En este dibujo, no apareció la Tierra, solo la fuerza.

La gravedad se asocia al cuerpo (Peso) – No interacción – No acción a distancia.

Estefanía (F):



A la izquierda representó personas que sueltan un cuerpo en diferentes posiciones en el planeta Tierra.

Los cuerpos caen radialmente hacia la superficie (indica vector), y hasta allí parece llegar la acción de la gravedad.

A la derecha, la Tierra y la Luna se atraen, pero también los vectores están en la superficie.

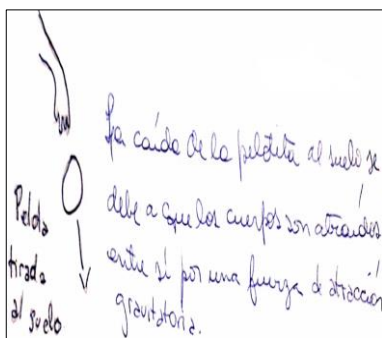
Dijo que: gravedad es aceleración... Los vectores pueden

indicar esa aceleración.

Esta docente es seleccionada para entrevista.

La gravedad está asociada a la Tierra (y hasta la superficie) – Acción a distancia – Interacción (en el caso Tierra-Luna).

Marta (B):



Dibujó una mano que arroja una pelota al suelo. Representó una flecha pero no dice si es (velocidad, fuerza, etc). Dijo que la pelota cae al suelo porque los cuerpos son atraídos entre sí por la fuerza gravitatoria. Solo dibujó la pelota y la mano. Se podría asumir que la Tierra atrae a los cuerpos.

- Gravedad asociada a la Tierra – Acción a distancia – No interacción.

Nadia (F):

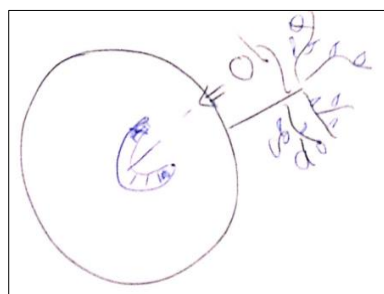


Una niña suelta un cuerpo, de manera que cae hacia la superficie de la Tierra. La dirección del vector representado es vertical y hacia abajo (no se especificó si es una fuerza, una velocidad, una aceleración).

Expresó que la gravedad es la atracción de la Tierra.

- Gravedad asociada a la Tierra (hasta la superficie) – Acción a distancia – No interacción.

Sandra (G):



Representó la Tierra (aunque podría ser otro objeto o planeta) con la superficie curva.

De un árbol, cae un fruto con dirección radial, la flecha que representó no dice si es una fuerza, velocidad o aceleración.

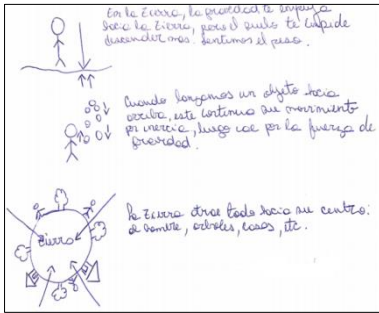
La dirección de la flecha va hacia el centro de la Tierra.

En el centro de la Tierra se representa un imán.

Dijo: gravedad es la atracción de la Tierra... Esa idea de atracción necesita de un imán para su acción, aunque se piense en la gravedad.

- Gravedad asociada a la Tierra – Gravedad asociado a efectos magnéticos – Acción a distancia.

Susana (FQ):



En la primera, la gravedad empuja hacia la Tierra (vertical), pero el suelo no deja descender (representó 2 flechas hacia arriba). La caída es hacia el suelo. Se siente el peso.

En la segunda dijo que el cuerpo sube por inercia (parece que allí no actúa la gravedad) y cuando cae es por la fuerza de gravedad (hacia abajo).

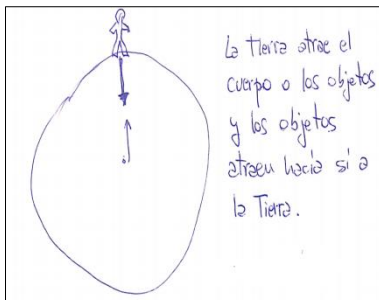
En la tercera, dijo que la Tierra atrae todo (lo que está en la superficie) hacia su centro. La dirección de la gravedad es radial, hacia el centro de la Tierra. En la consigna 11 expresó la gravedad como en la tercera representación.

- Gravedad asociada a la Tierra - Acción a distancia – Distintas interpretaciones de gravedad, según el fenómeno – No interacción.

Rosana (G): No completó esta consigna.

Marcela (F): No completó esta consigna

Miriam (Q):

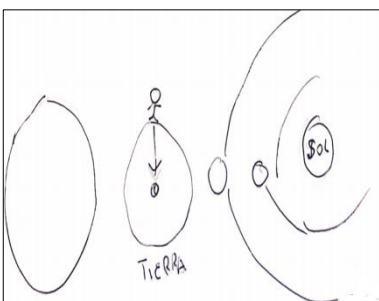


Una persona sobre la superficie de la Tierra (superficie curva) es atraída por la Tierra. Y la persona atrae a la Tierra. Representó la fuerza (que actúa en la persona), radial, hacia el centro de la Tierra.

Representó el par de interacción. En la consigna 11 no expresa la interacción, y dice que la fuerza es el peso.

- Gravedad asociada a la Tierra – Idea de interacción – Acción a distancia.

Cecilia (B):

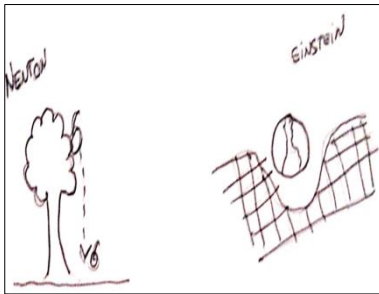


El Sol con planetas en órbita. No se indicaron fuerzas, velocidades o aceleraciones.

La Tierra, una persona sobre la superficie (curva) es atraída hacia el centro de la Tierra. Dijo que la gravedad produce el peso en la Tierra.

- Gravedad no solo asociada a la Tierra, aunque solo en la Tierra indica cómo actúa la gravedad (peso) – Acción a distancia.

Antonela (F):



Representa la gravedad desde dos paradigmas:

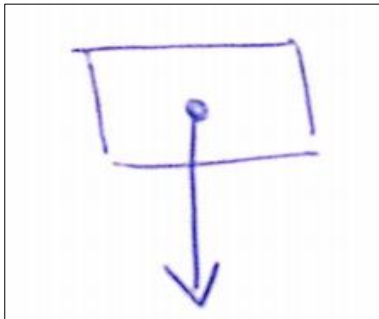
- según Newton, dibujó una manzana que cae al suelo (vertical hacia abajo). No representa fuerza;

- según Einstein, representó la Tierra curvando el espacio. En la consigna 11, también expresó las dos visiones de gravedad, en el caso newtoniano dijo que la gravedad produce la

aceleración con que caen los cuerpos a la Tierra.

- Gravedad asociada a la Tierra – Acción a distancia – No interacción – Reconoce al menos dos paradigmas distintos.

Natalia (B):

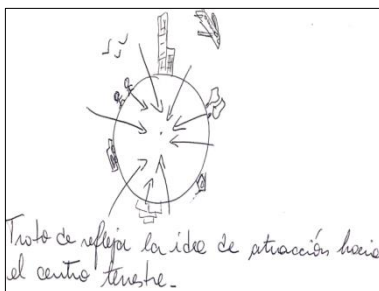


Un cuerpo con una flecha vertical hacia abajo (puede ser la gravedad). Pero no hay otro cuerpo.

Dijo: la gravedad es la fuerza que ejerce la Tierra sobre los cuerpos. En este dibujo, no aparece la Tierra, solo ¿la fuerza? sobre el cuerpo.

- La gravedad se asocia al cuerpo (¿) – No interacción – No acción a distancia.

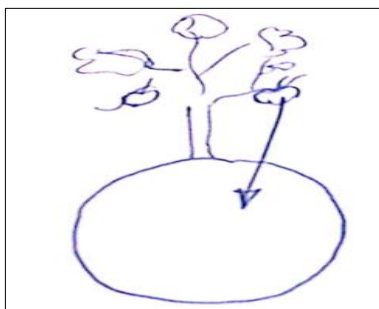
Ana Clara (G):



La Tierra atrae, hacia el centro, los objetos que se encuentran en la superficie terrestre (curva). La gravedad tiene dirección radial. No se puede determinar cómo actúa la gravedad en el avión y en las aves. Coincide con lo expresado en la consigna 11. Esta docente es seleccionada para la entrevista.

- Gravedad asociada a la Tierra (hacia el centro) – Acción a distancia – No interacción

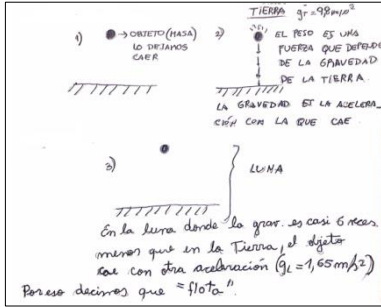
Rocío (B):



Representa la Tierra con la superficie curva.

De un árbol, cae un fruto con dirección hacia el centro de la Tierra, la flecha representada, no dice si es una fuerza, velocidad o aceleración. La representación coincide con lo expresado en la consigna 11.

- Gravedad asociada a la Tierra – Acción a distancia – No interacción.



Cristina (Q):

En 1) dibujó un objeto, y le asignó masa, a una altura de la superficie y dice que lo dejamos caer.

En 2) el objeto está cayendo verticalmente hacia abajo y dijo el peso es una fuerza que depende de la gravedad de la Tierra. La gravedad es la aceleración con la que cae y vale 9,8 m/s².

En 3) dibujó el objeto a una altura de la superficie de la Luna, y cae con otra aceleración (casi 6 veces menor que en la Tierra, 1,65 m/s²), y afirmó que por eso decimos que flota.

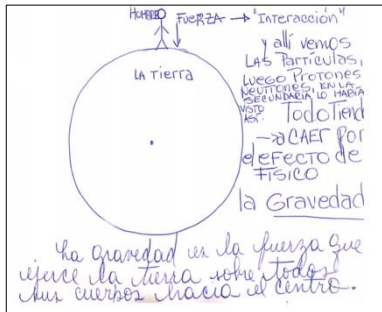
No representó fuerzas, ni velocidades, ni aceleraciones. Coincide con lo expresado en la consigna 11.

Esta docente es seleccionada para entrevista.

- La gravedad se asocia con la Luna, además de la Tierra – Acción a distancia - No interacción
- Relación gravedad-aceleración – Peso = fuerza de atracción en la Tierra - En la Luna hay aceleración, pero no hay fuerza (peso), el cuerpo flota.

Virginia (FQ): No completó esta consigna

Lina (G):



Hombre sobre la superficie terrestre (curva).

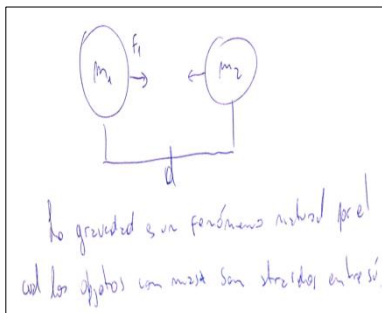
Fuerza (interacción) vertical hacia abajo hasta la superficie.

Así lo expresó: Todo tiende a caer por la gravedad.

Es la fuerza que ejerce la Tierra atrae a los cuerpos hacia el centro, pero no representa. Coincide con lo expresado en consigna 11.

- Gravedad asociada a la Tierra. - No acción a distancia. No interacción.

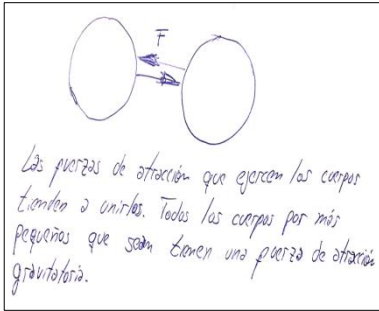
Santiago (F):



Representó dos masas separadas una distancia d y las fuerzas de atracción (par de interacción).

Las fuerzas se representan en las superficies. Coincide con lo expresado en consigna 11.

- Gravedad relacionada con la masa – Idea de acción a distancia – Idea de interacción.



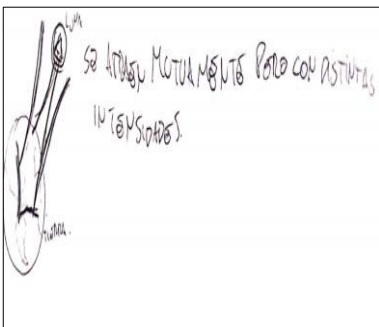
Mauricio (F):

Dos objetos separados una distancia se atraen.

Representó par de interacción de fuerzas. Las fuerzas actúan en la superficie.

Dijo que los cuerpos, por más pequeños que sean, tienen una fuerza de atracción. Coincide con lo expresado en consigna 11.

- La gravedad se asocia al “tamaño” de los cuerpos. – Idea de acción a distancia. – Idea de interacción.

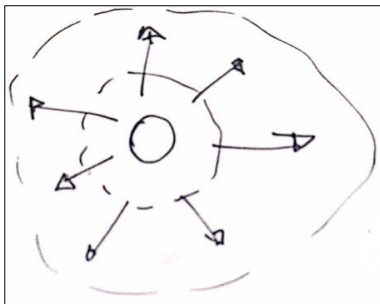


Diego (Q):

Mostró la Tierra y la Luna. Atracción mutua, pero distintas intensidades.

Es un ejemplo dado en respuesta consigna 11.

- No asocia ninguna propiedad, ni cuerpo especial con la gravedad – Las fuerzas del par de interacción pueden ser distintas en intensidad – Idea de acción a distancia.

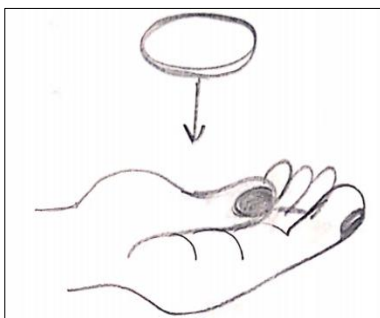


Elisa (B):

Representó un sistema en expansión.

En la respuesta a la consigna 11: fuerza que ejerce la Tierra que nos acerca al centro. No representó esa idea.

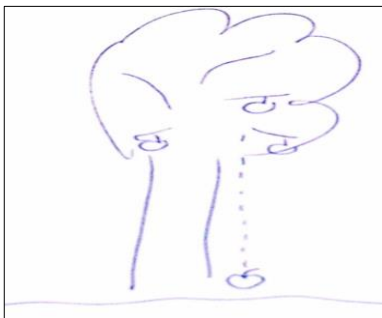
- No se puede asociar la gravedad con ninguna propiedad – No acción a distancia – No interacción – Repulsión.



Liliana (B):

Un cuerpo cayendo a la mano. La flecha (no se aclara si es fuerza, velocidad o aceleración) es vertical y hacia abajo. ¿Es la mano la que atrae al cuerpo? No representa lo expresado en la consigna 11.

- La gravedad está asociada al cuerpo – Acción a distancia – No interacción.



María Rosa (G):

Representó fruta que cae de un árbol al suelo terrestre (superficie plana). Indica que cae verticalmente, pero no indica fuerza o velocidad o aceleración. Dijo fuerza de atracción...
- Gravedad asociada a la Tierra (hasta el suelo) – Acción a distancia – No interacción.

A3. Desarrollo de las entrevistas

Se presenta el desarrollo completo de las entrevistas que se mantuvieron con los docentes elegidos, de acuerdo a los criterios de selección para la entrevista (V.4.2.). El entrevistador es indicó como: **Inv.** (Investigador); mientras que el docente entrevistado fue mencionado por el **nombre** asignado para la aplicación del cuestionario, de acuerdo a la tabla del ítem V.3.

Primera entrevista: Estefanía (55 años) – Seleccionada por asignatura Física

Inv.: hola Estefanía, muchas gracias por tu tiempo.

Estefanía: *hola, de nada y espero que sirva.*

Inv.: ¿qué espacios curriculares (y en qué curso/s) dictás en la Educación Secundaria?

Estefanía: *doy clases en Física en 3ero y 4to año y en Físico-Química en 2do año. Hace un tiempo trabajo en el Profesorado dando Ciencias Naturales y Su Didáctica en el Profesorado de Nivel Primario.*

Inv.: aproximadamente, ¿qué cantidad de estudiantes (en total) tenés a cargo en la Educación Secundaria?

Estefanía: *uh... no sé, ¿justo?*

Inv.: no, decime un aproximado...

Estefanía: *ok... unos unas 200.*

Inv.: ¿qué entendés por Gravedad Newtoniana? (muestro lo que había escrito en el cuestionario): La gravedad es la aceleración que adquieren los cuerpos que son atraídos por otros.

Estefanía: *si, gravedad me lleva a la aceleración de la gravedad aplicada en los problemas de caída libre. También la relaciono con una fuerza de atracción inherente a la materia.*

Inv.: ¿y por qué digo Gravitación Newtoniana?

Estefanía: *supongo que se refiere a la ley de Newton sobre la atracción gravitatoria. Existe naturalmente.*

Inv.: ¿cómo podés relacionar tu idea de gravedad con el contexto en que lo trabajás?

Estefanía: *haber... en Física lo aplico en cinemática, cuando usamos g, también cuando doy dinámica y hago la diferencia entre peso y masa. En Físico-química trabajo la ley de conservación de la masa, pero directamente se lo relaciona con peso”*

Inv.: ¿cómo haces la diferencia entre peso y masa”.

Estefanía: *que la masa es la cantidad de materia y el peso la fuerza de atracción con la Tierra.*

Inv.: en el cuestionario, realizaste un dibujo (representación) que manifieste tu idea sobre gravedad. Luego de mirar el dibujo (Anexo A2.13), decime qué quisiste expresar.

Estefanía: *objetos que caen siempre hacia abajo hacia el suelo. Y atracción entre tierra y luna.*

Inv.: ¿la luna cae?, ¿los cuerpos caen hasta el suelo?

Estefanía: *no... la luna gira... sí caen hasta el suelo, si no caerían hasta el centro de la tierra. En el centro de la tierra está concentrada la gravedad.*

Inv.: ¿conocés cómo fue cambiando la idea de gravedad en el transcurso de la historia?, decime cuáles fueron esos cambios (según lo que te parece).

Estefanía: *Aristóteles no habló de gravedad, pero sí de cosas pesadas que caían y livianas que se elevaban, naturalmente. Después Newton encontró la fuerza gravitatoria. Y Einstein metió la relatividad; creo que habló de curvatura....*

Inv.: ¿a qué referimos cuando hablamos de Gravitación Newtoniana?

Estefanía: *creo que a las leyes del movimiento en contextos gravitacionales, a velocidades no cercanas a la de la luz.*

Inv.: ¿qué son contextos gravitacionales?

Estefanía: *la tierra, los planetas, tienen campos gravitacionales que atraen a los cuerpos.*

Inv.: ¿y qué sería un campo gravitatorio?

Estefanía: *he leído algo, no lo uso, entiendo que allí actúan las fuerzas de atracción....*

Inv.: comentá alguna situación didáctica que presentes a tus estudiantes en las que creas, estás explicitando la idea de Gravitación Newtoniana.

Estefanía: *la caída de una manzana cumple las mismas leyes que hacen que la luna gire en torno a la tierra. Problemas de caídas de cuerpos a la tierra en cinemática. Algunas veces he dado el tiro oblicuo.*

Inv.: en los espacios curriculares correspondientes a las Ciencias Naturales se habla mucho de las interacciones entre el sistema en estudio y el medio ambiente. ¿Con qué frecuencia y profundidad trabajás la interacción gravitatoria?

Estefanía: *no sé qué decir... muy poco. Ya te dije, en algunos problemas de Física. En Físico-química digo que la despreciamos.*

Inv.: ¿por qué la despreciás?

Estefanía: *les explico que en los átomos la atracción de la tierra no influye y tampoco en la formación de los compuestos químicos.*

Inv.: ¿sabías que se producen medicamentos en situaciones de micro-gravedad?

Estefanía: *si, pero eso no se lleva al aula.*

Inv.: cuando en tus clases trabajás el concepto o la idea de peso, ¿te expresás en referencia al peso del cuerpo? ¿Por qué?

Estefanía: *al peso lo defino como la fuerza gravitatoria actuando sobre un cuerpo. No actúa sobre cosas no materiales. En algunos problemas, se dice el peso del cuerpo es de 10 kg pero se debe entender que su masa es de 10 kg.*

Inv.: ¿qué bibliografía de consulta utilizás para la preparación de tus clases y, el planteo de situaciones didácticas?

Estefanía: *te digo lo que recuerdo... apuntes de cuando estudiaba, Física de Máximo y Alvarenga el que más uso, Física y Química Polimodal de Estrada, Ediciones Logikamente.*

Inv.: Gracias Estefanía, listo.

Duración de la entrevista: 45 minutos

Segunda entrevista: Cristina (45 años) – Seleccionada por asignatura “Química”

Inv.: hola Cristina, gracias por aceptar la entrevista.

Cristina: *hola, no de nada, es un gusto.*

Inv.: ¿qué espacios curriculares (y en qué curso/s) dictás en la Educación Secundaria?

Cristina: *doy Química en 4to y 5to año y Físico-Química en 2do año. También trabajo en Matemática en 2do, 4to y 5to año, y Educación Tecnológica en 2do año.*

Inv.: aproximadamente, ¿qué cantidad de estudiantes (en total) tenés a cargo en la Educación Secundaria?

Cristina: *si... deben ser cerca de 300 chicos..*

Inv.: ¿qué entendés por Gravedad Newtoniana? (muestro lo que había escrito en el cuestionario): Es una aceleración aunque siempre se relaciona inmediatamente estableciendo la diferencia entre masa y peso, definiendo a este como la fuerza con que la Tierra nos atrae.

Cristina: *la gravedad newtoniana es la fuerza que ejerce la tierra sobre todos los cuerpos atrayéndolos hacia su centro.*

Inv.: ¿cómo podés relacionar tu idea de gravedad con el contexto en que lo trabajás?

Cristina: *hablamos de gravedad es 2do año cuando dicto la materia Físico-química. Normalmente para diferenciar el concepto de masa y peso.*

Inv.: ¿cómo los diferenciás?

Cristina: *defino la masa como cantidad de materia y propiedad del cuerpo, y gravedad ya lo dije... una es escalar y la otra vectorial. Espero no decir una barbaridad...*

Inv.: en el cuestionario, realizaste un dibujo (representación) que manifieste tu idea sobre gravedad. Luego de mirar el dibujo (Anexo A2.13), decime qué quisiste expresar.

Cristina: *en el dibujo quise indicar que en la tierra los cuerpos que caen se aceleran con una aceleración de $9,8 \text{ m/s}^2$. Así trabajo la gravedad como aceleración. Podría haber representado una pelota que se tira para arriba y luego cae por gravedad.*

Inv.: pero en la Luna, decís que flota.

Cristina: *claro, en la luna la aceleración es más chica y habría que esperar mucho para detectar la caída... o sea la fuerza de atracción es insignificante.*

Inv.: ¿conocés cómo fue cambiando la idea de gravedad en el transcurso de la historia?, decime cuáles fueron esos cambios (según lo que te parece).

Cristina: *Aristóteles creía que todo el mundo material estaba hecho de tierra, agua y aire y que todo esto tendía a volver a su posición, los pesados hacia el centro y los livianos hacia afuera. Luego Copérnico con su teoría egocéntrica permite a Galileo pensar el experimento de la Torre de Pisa (esto lo desarrollo en clase), descubre que todos los cuerpos tardan el mismo tiempo en llegar al suelo. Seguramente me olvido de algún científico, pero considero que luego llega Newton con su teoría.*

Inv.: ¿a qué referimos cuando hablamos de Gravitación Newtoniana?

Cristina: *a la ley de gravitación universal. La que se estudia en mecánica clásica.*

Inv.: ¿podés ampliar un poco la idea?

Cristina: *no creo... no recuerdo como era la ley. Sé que se refiere a la atracción gravitatoria entre cuerpos que están separados una distancia.*

Inv.: comentá alguna situación didáctica que presentes a tus estudiantes en las que creas, estás explicitando la idea de Gravitación Newtoniana.

Cristina: *cuando hablamos de la diferencia entre peso y masa, suelo decirles a los estudiantes que cuando nos subimos a una balanza nos estamos masando, no pesando. Para graficar y explicar que el peso es una fuerza y la masa es la cantidad de materia. No uso en las clases el término gravitación newtoniana.*

Inv.: en los espacios curriculares correspondientes a las Ciencias Naturales se habla mucho de las interacciones entre el sistema en estudio y el medio ambiente. ¿Con qué frecuencia y profundidad trabajás la interacción gravitatoria?

Cristina: *con muy poca frecuencia. Mucho de lo que trabajo resalto las interacciones con el medio, pero no hago foco precisamente en la gravitatoria.*

Inv.: cuando en tus clases trabajás el concepto o la idea de peso, ¿te expresás en referencia al peso del cuerpo? ¿Por qué?

Cristina: *si, me doy cuenta que a los estudiantes les resulta más palpable cuando nos referimos al peso de un cuerpo. Después trato de remarcar lo que dije de diferenciar peso y masa.*

Inv.: ¿qué bibliografía de consulta utilizás para la preparación de tus clases y, el planteo de situaciones didácticas?

Cristina: *uso bibliografía variada. En general me manejo con apuntes propios.*

Duración de la entrevista: 30 minutos

Tercera entrevista: Virginia (40 años). Seleccionada por la asignatura Físico-química.

Inv.: que tal Virginia, te agradezco mucho tu presencia.

Cristina: *no, por favor, gracias a vos.*

Inv.: ¿qué espacios curriculares (y en qué curso/s) dictás en la Educación Secundaria?

Virginia: *Físico-Química en 1ero y 2do año y Física en 3er año. Y matemática en 1ero, 2do y 3er año.*

Inv.: aproximadamente, ¿qué cantidad de estudiantes (en total) tenés a cargo en la Educación Secundaria?

Virginia: *justo, justo no sé, tendría que tener los listados... Más o menos unos 150 chiques.*

Inv.: ¿qué entendés por Gravedad Newtoniana? (muestro lo que había escrito en el cuestionario): Es la fuerza con que la tierra atrae los objetos hacia ella.

Virginia: *podría decirlo que es la fuerza que ejerce la tierra sobre los cuerpos.*

Inv.: ¿cómo podés relacionar tu idea de gravedad con el contexto en que lo trabajás?

Virginia: *Considero que no utilizo esta idea en el aula, ya que no desarrollo las leyes de Newton. Solo utilizo el concepto de aceleración de la gravedad.*

Inv.: ¿y qué decís al respecto?

Virginia: *lo menciono en Física, en Cinemática, aclarando que Galileo hizo una experiencia que comprobó que todos los cuerpos caen a la tierra con la misma aceleración, llamada de gravedad.*

Inv.: en el cuestionario, no realizaste el dibujo (representación) que solicitaba. ¿Podés representar algo ahora?

Virginia: *más que representar, te lo puedo contar. Haría un objeto que cae desde una terminada altura e indicaría la flecha que la aceleración es hacia abajo. Es que aumenta la velocidad...*

Inv.: ¿conocés cómo fue cambiando la idea de gravedad en el transcurso de la historia?, decime cuáles fueron esos cambios (según lo que te parece).

Virginia: *mmm... por ejemplo para Galileo Galilei la gravedad no es una fuerza que actúa, sino que la tiene el propio cuerpo. Para Einstein la gravedad está relacionada con la curvatura del espacio-tiempo.*

Inv.: ¿a qué referimos cuando hablamos de “Gravitación Newtoniana”?

Virginia: *te referís a que los cuerpos se atraen según su masa y la distancia que hay entre sus centros. A mayor fuerza menor distancia.*

Inv.: ¿es lineal esa relación?

Virginia: *upa... no me acuerdo la fórmula. Pareciera que sí.*

Inv.: comentá alguna situación didáctica que presentes a tus estudiantes en las que creas, estás explicitando la idea de Gravitación Newtoniana.

Virginia: *no tengo ni me viene alguna situación didáctica que contar. Como dije, no doy este tema.*

Inv.: en los espacios curriculares correspondientes a las Ciencias Naturales se habla mucho de las interacciones entre el sistema en estudio y el medio ambiente. ¿Con qué frecuencia y profundidad trabajás la interacción gravitatoria?

Virginia: *nunca trabajé con mis alumnos las interacciones; no se me presentó la necesidad.*

Inv.: cuando en tus clases trabajás el concepto o la idea de peso, ¿te expresás en referencia al peso del cuerpo? ¿Por qué?

Virginia: *sí me expreso de esa manera. Ya que solo doy la diferencia entre peso y masa para después poder explicar densidad y peso específico. Y aunque no solo trabaje con sustancias sólidas, me resulta más fácil poder explicar la diferencia cuando hablo de peso del cuerpo.*

Inv.: ¿interpreto que tomás al peso como una propiedad (característica) del cuerpo? ¿y la masa?

Virginia: *sí..sí.. ambas son propiedades (cómo lo interpreta Galileo). Son diferentes los conceptos. Para que les chiques entiendan trabajo con unidades en las que peso y masa valen lo mismo.*

Inv.: ¿qué bibliografía de consulta utilizás para la preparación de tus clases y, el planteo de situaciones didácticas?

Virginia: *uhh, muchos... uso libros de Santillana, Física General de Máximo y Alvarenga, Física Conceptual de Hewitt, etc.*

Inv.: Bueno, gracias por el tiempo.

Virginia: *de nada... nunca me habían hecho una entrevista... (risa).*

Duración de la entrevista: 25 minutos

Cuarta entrevista: Osvaldo (39 años). Seleccionado por la asignatura Biología.

Inv.: hola Osvaldo, cómo andás. Gracias por asistir.

Osvaldo: *hola, todo en orden... vamos a ver de qué se trata.*

Inv.: ¿qué espacios curriculares (y en qué curso/s) dictás en la Educación Secundaria?

Osvaldo: *Biología en 1ero, 3ero y 4to año y Química en 5to año. Actualmente estoy en el profesorado dando Biología I y Biología III en el Profesorado de Biología.*

Inv.: aproximadamente, ¿qué cantidad de estudiantes (en total) tenés a cargo en la Educación Secundaria?

Osvaldo: *300 estudiantes. No es fácil trabajar con ese número.*

Inv.: ¿qué entendés por Gravedad Newtoniana? (muestro lo que había escrito en el cuestionario): Es una fuerza física que la Tierra ejerce sobre todos los cuerpos hacia su centro.

Osvaldo: *si, entiendo la fuerza de atracción que se produce dentro del campo de gravedad de la tierra.*

Inv.: ¿cómo podés relacionar tu idea de gravedad con el contexto en que lo trabajás?

Osvaldo: *"En mis clases se habla por ejemplo de los geotropismos positivos o negativos en las plantas, de la fuerza de gravedad que afecta a seres vivos y cuerpos inertes, de la circulación en contra de la fuerza de gravedad, del tamaño de las células con respecto al campo gravitatorio, y otras cosas...."*

Inv.: en el cuestionario, realizaste un dibujo (representación) que manifieste tu idea sobre gravedad. Luego de mirar el dibujo (Anexo A2.13), decime qué quisiste expresar.

Osvaldo: *si... creo que el dibujo que hice clarifica mi definición de gravedad. Podría agregar objetos que se arrojan en diferentes direcciones y flechas que indiquen que caen al suelo debido a su masa, atraídos por la gravedad de la tierra.*

Inv.: ¿conocés cómo fue cambiando la idea de gravedad en el transcurso de la historia?, decime cuáles fueron esos cambios (según lo que te parece).

Osvaldo: *recuerdo que Einstein cuestiona la gravedad newtoniana cuando suma la noción de curvatura del espacio-tiempo.*

Inv.: ¿a qué referimos cuando hablamos de Gravitación Newtoniana?

Osvaldo: *a la ley de gravitación universal, fuerza que se ejerce sobre todos los cuerpos que tienen masa. Se ejemplifica con la observación de la caída de una fruta de un manzano.*

Inv.: comentá alguna situación didáctica que presentes a tus estudiantes en las que creas, estás explicitando la idea de Gravitación Newtoniana.

Oswaldo: *es lo que te respondí cuando me preguntaste... ehh, de los contextos...*

Inv.: en los espacios curriculares correspondientes a las Ciencias Naturales se habla mucho de las interacciones entre el sistema en estudio y el medio ambiente. ¿Con qué frecuencia y profundidad trabajás la interacción gravitatoria?

Oswaldo: *ufff... son muchos contenidos que exige el diseño curricular. En Biología es necesario mencionar las interacciones entre los sistemas y el ambiente. Seguramente, la que menos menciono es la gravitatoria (salvo en los ejemplos que charlamos). Uso más la luz y la radiación.*

Inv.: cuando en tus clases trabajás el concepto o la idea de peso, ¿te expresás en referencia al peso del cuerpo? ¿Por qué?

Oswaldo: *siempre trato que diferencien el peso de la masa. Comúnmente se habla de peso pero se refieren a la masa que se mide con balanza. Dos masas iguales no tienen el mismo peso en la tierra que en la luna, por la diferente atracción.*

Inv.: ¿quién habla de peso, los alumnos, vos...?

Oswaldo: *no... digo por los libros que en general dicen el peso del cuerpo es tanto... y a los chicos les resulta más sencillo.*

Inv.: pero, ¿la masa? ¿cómo hacés la diferencia?

Oswaldo: *ehh, queda claro que antes de las situaciones prácticas se dieron las definiciones de peso y masa (en Física) y yo las uso con la misma unidad, como en lo cotidiano.*

Inv.: ¿qué bibliografía de consulta utilizás para la preparación de tus clases y, el planteo de situaciones didácticas?

Oswaldo: *por lo general uso libros de Biología, el Curtis, no utilizo libros en los que se desarrolle la gravedad, el Diseño no lo exige en estos espacios.*

Inv.: Bien Oswaldo, un gusto, muchas gracias.

Oswaldo: *Gracias a vos, espero que te sirva.*

Duración de la entrevista: 40 minutos.

uinta entrevista: Ana Clara (55 años). Seleccionada por la asignatura Geografía.

Inv.: que tal Ana, cómo andás.

Ana Clara: *hola bien, un poco nerviosa.*

Inv.: no tenés que estar nerviosa... es solo una charla, ok?

Ana Clara: *si dale, no hay problema....*

Inv.: ¿qué espacios curriculares (y en qué curso/s) dictás en la Educación Secundaria?

Ana Clara: *ahora estoy dando Geografía en 1ero, 3ero y 4to año y Ciencias de la Tierra en un 5to año.*

Inv.: aproximadamente, ¿qué cantidad de estudiantes (en total) tenés a cargo en la Educación Secundaria?

Ana Clara: *creo que son unos 400 alumnos, son 3 escuelas distintas.*

Inv.: ¿qué entendés por Gravedad Newtoniana? (muestro lo que había escrito en el cuestionario): Es la fuerza, el poder de atracción que ejerce la Tierra y otros planetas, hacia los elementos cercanos.

Ana Clara: *también puedo decir que es la atracción que se ejerce entre 2 cuerpos, y varía según la distancia y el peso de los elementos. No sé, quizás está mal.*

Inv.: ¿qué querés decir con poder?

Ana Clara: *que es una fuerza.*

Inv.: ¿cómo podés relacionar tu idea de gravedad con el contexto en que lo trabajás?

Ana Clara: *No desarrollamos este contexto, no lo prescribe el Diseño. A veces se lo menciona y los alumnos preguntan, por ejemplo cuando tratamos los movimientos del planeta tierra.*

Inv.: más allá que el Diseño Curricular no lo explicita, ¿qué decís a tus alumnos cuando sale el tema?

Ana Clara: *que pregunten a la profe de Física o de Matemática; o que busquen en Internet.*

Inv.: ¿actúas de la misma manera si te preguntan por la Revolución de Mayo?

Ana Clara: *y no, no... considero que eso es parte de una formación ciudadana de la que todos debemos dar cuenta.*

Inv.: en el cuestionario, realizaste un dibujo (representación) que manifieste tu idea sobre gravedad. Luego de mirar el dibujo (Anexo A2.13), decime qué quisiste expresar.

Ana Clara: *no se me ocurre otra representación, está de acuerdo con lo que interpreto por gravedad; ¿no?*

Inv.: ¿conocés cómo fue cambiando la idea de gravedad en el transcurso de la historia?, decime cuáles fueron esos cambios (según lo que te parece).

Ana Clara: *desconozco, solo recuerdo lo de la Torre de Pisa.*

Inv.: ¿qué recordás?

Ana Clara: *que Galileo dejó caer cuerpos de diferentes peso, y comprobó que caían al mismo tiempo.*

Inv.: ¿a qué referimos cuando hablamos de Gravitación Newtoniana?

Ana Clara: *supongo que al fenómeno de atracción que descubrió Newton.*

Inv.: comentá alguna situación didáctica que presentes a tus estudiantes en las que creas, estás explicitando la idea de Gravitación Newtoniana.

Ana Clara: *no lo hago, como dije antes de ser necesario busco información o consulto a colegas de Física o Matemática.*

Inv.: en los espacios curriculares correspondientes a las Ciencias Naturales se habla mucho de las interacciones entre el sistema en estudio y el medio ambiente. ¿Con qué frecuencia y profundidad trabajás la interacción gravitatoria?

Ana Clara: *tengo que responder siempre en el mismo sentido, en Geografía se trabaja muy poco el contenido físico, se tratan con mucha frecuencia y profundidad los aspectos sociales.*

Inv.: pero también enseñás Ciencias de la Tierra...

Ana Clara: *si, por eso conté que la gravedad suele aparecer en los movimientos del planeta Tierra.*

Inv.: cuando en tus clases trabajás el concepto o la idea de peso, ¿te expresás en referencia al peso del cuerpo? ¿Por qué?

Ana Clara: *no lo trabajo en relación a la gravedad, sí lo relaciono con la presión atmosférica y la asocio con el peso de la atmósfera sobre la superficie terrestre y todo lo que hay en ella.*

Inv.: ¿qué bibliografía de consulta utilizás para la preparación de tus clases y, el planteo de situaciones didácticas?

Ana Clara: *haber... uso libros de Geografía en los que no se trata la gravedad. Esto es de acuerdo a lo que dice el Diseño Curricular.*

Inv.: te agradezco la disposición. Espero que se hayan pasado los nervios.

Ana Clara: *si, la pasé bien. Gracias a vos.*

Duración de la entrevista: 30 minutos.