



HAL
open science

Análisis de las prácticas pedagógicas de los profesores universitarios: el caso de la enseñanza de la física en primer ciclo universitario

Adry Liliana Manrique Lagos

► To cite this version:

Adry Liliana Manrique Lagos. Análisis de las prácticas pedagógicas de los profesores universitarios: el caso de la enseñanza de la física en primer ciclo universitario. Education. Université Sorbonne Paris Cité, 2017. Español. NNT: 2017USPCC058 . tel-01925776

HAL Id: tel-01925776

<https://theses.hal.science/tel-01925776>

Submitted on 17 Nov 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Ecole Doctorale "Savoirs scientifiques" - ED 400
Laboratoire de Didactique André Revuz - EA 4434
Établissement délivrant le doctorat : Université Sorbonne Paris Cité
Établissement de préparation : Université Paris Diderot

Analyse des pratiques pédagogiques d'enseignant.e.s universitaires

Le cas de l'enseignement de la physique en premier cycle universitaire

Par Adry Liliana MANRIQUE LAGOS

Thèse de doctorat de didactique des disciplines (option physique)

Présentée et soutenue publiquement à Paris le 27 mars 2017

| | |
|---------------------|--|
| Président du jury | VENTURINI, Patrice, Professeur, Université de Toulouse 2 |
| Rapporteur.e.s | RÉGNIER, Jean-Claude, Professeur, Université Lyon 2 FIGUEROA, María, Profesora, Universidad Externado de Colombia |
| Examinatrices | KERMEN, Isabelle, Professeure, Université d'Artois ROBERT, Aline, Professeure émérite, Université de Cergy-Pontoise |
| Directrice de thèse | de HOSSON, Cécile, Professeure, Université Paris Diderot |

Titre : Analyse des pratiques pédagogiques d'enseignant.e.s universitaires : Le cas de l'enseignement de la physique en premier cycle universitaire

Résumé : L'enseignement supérieur fait l'objet d'un nombre croissant de recherches à l'échelle internationale. On peut toutefois remarquer que les pratiques pédagogiques des enseignants universitaires, en particulier en physique, en cours magistral et selon une approche didactique, demeurent plutôt inexplorés. Notre recherche s'inscrit dans ce contexte. En tant qu'heuristique, elle vise la création d'une méthodologie d'analyse qualitative des cours magistraux conçus et délivrés par des enseignant.e.s-chercheur.e.s physicien.ne.s. Nous avons fait le choix de nous concentrer sur l'analyse de pratiques pédagogiques effectives de quatre enseignant.e.s-chercheur.e.s de physique en France et en Colombie lors d'un cours magistral de première année de licence (enseignement de mécanique newtonienne) en appuyant notre exploration sur la question suivante : quelles stratégies les enseignant.e.s utilisent-ils/elles pour amener les étudiant.e.s à la compréhension du contenu prévu dans le cours? La notion de "proximités discursives" est ici mobilisée pour enrichir des approches modélisantes par cartes conceptuelles notamment ; elle permet de spécifier et de comparer chacun des discours analysés.

Mots clefs : Enseignement supérieur, pratiques pédagogiques, didactique de la physique, cours magistral, analyse qualitative, proximité en acte, double approche, théorie de l'activité

Title : Analysis of pedagogical practices of university teachers: The case of teaching physics in undergraduate university

Abstract : Higher education is nowadays the subject of a growing body of research at the international level. It should be noted, however, that the pedagogical practices of university teachers, particularly in Physics, giving lectures and from a didactic approach, remain rather unexplored. Our research is developed in this context. This research aims to create a methodology for qualitative analysis of lectures taught and delivered by physicist professors. We chose to concentrate on the analysis of actual teaching practices of four physics teachers in France and Colombia during a first-year undergraduate course (teaching Newtonian mechanics). Our exploration was guided by the following question: What strategies do teachers use to help students understand the content of the course? The notion of "discursive proximities" is here mobilized to enrich modeling approaches, particularly using conceptual maps; this notion makes it possible to specify and compare each discourse that was analyzed.

Keywords : Higher education, pedagogical practices, didactics of physics, lectures, qualitative analysis, proximity in action, dual approach, activity theory

Título: Análisis de las prácticas pedagógicas de los profesores universitarios: el caso de la enseñanza de la física en primer ciclo universitario

Resumen: la educación superior es el objeto de un número creciente de investigaciones a nivel internacional. Sin embargo, cabe resaltar que las prácticas pedagógicas de los profesores universitarios, en particular en física, en cursos magistrales y con un enfoque didáctico, siguen estando inexploradas. Nuestra investigación se inscribe en ese contexto. En tanto que heurística, busca la creación de una metodología de análisis cualitativo de cursos magistrales diseñados y desarrollados por profesores universitarios de física. Escogimos concentrarnos en el análisis de las prácticas pedagógicas efectivas de cuatro profesores universitarios de física en Francia y en Colombia en el marco de un curso magistral de primer año (enseñanza de la mecánica Newtoniana) apoyándonos en la pregunta: ¿Cuáles son las estrategias que los profesores universitarios utilizan para llevar a los

estudiantes a la comprensión de los contenidos previstos en el curso? La noción de “proximidades discursivas” se moviliza acá para enriquecer los enfoques de modelización por intermedio de mapas conceptuales ya que permite especificar y comparar cada uno de los discursos analizados.

Palabras clave: Educación superior, didáctica de la física, curso magistral, análisis cualitativo, proximidad en acto, doble enfoque, teoría de la actividad.

Résumé Substantiel

L'enseignement universitaire fait l'objet d'une attention croissante des chercheurs en éducation, et ce, à l'échelle internationale (Gibbs y Coffey, 2004, Postareff et al. 2007). Dans un ouvrage collectif paru il y a près d'une dizaine d'années, Annoot et Fave-Bonnet présentaient la première synthèse des questions associées à l'étude des pratiques pédagogiques à l'université (Annoot & Fave-Bonnet, 2004). Il s'agissait pour les auteurs d'apporter un éclairage inédit sur les pratiques quotidiennes des enseignants et des étudiants, sur leurs représentations et sur la portée de leurs actions. Les contributions qui structuraient cette synthèse ouvraient la voie au développement de travaux à initier et/ou à poursuivre ; l'exploration des pratiques des enseignants-chercheurs formait l'une de ces pistes et entendait interroger l'idée de culture commune à travers l'étude de questions associées par exemple au traitement de l'hétérogénéité des étudiants (Altet, 2004), aux écarts entre le déroulement prévu et le déroulement effectif du cours (Trinquier & Terrisse, 2004), ou encore aux éléments (notamment institutionnels) qui contraignent les pratiques (Clanet, 2004). Notre travail s'inscrit dans cette voie et se pose comme une contribution méthodologique à l'analyse des pratiques effectives d'enseignants universitaires physiciens dans un contexte ordinaire d'enseignement : le cours magistral. De ce point de vue, notre étude se distingue de la plupart des travaux actuels qui prennent pour entrée l'examen des pratiques pédagogiques universitaires dans des contextes contraint par la mise en œuvre d'innovations pédagogiques ou technologiques (Poteaux, 2013).

Nous avons choisi de construire notre travail sur les bases de la « double approche ergonomique et didactique des pratiques des enseignants » (Robert & Roglaski, 2009), qui propose un questionnement spécifique et systématique, inscrit dans la théorie générale de l'activité, en relation avec les apprentissages visés. Cela permet d'interroger plusieurs aspects de ces pratiques, liés aux contenus en jeu et aux déroulements effectifs (ici le cours magistral), tout en tenant compte de la complexité qui contraint notamment les enseignants à s'inscrire dans un programme, voire une institution. Nous cherchons ainsi à analyser ici quelle est la nature du discours que l'enseignant énonce en cours magistral, en nous demandant en particulier de quelle manière ce discours permet aux étudiants de se rapprocher des éléments de savoir à

apprendre. Si nous avons choisi d'entrer dans les pratiques par le cours magistral c'est qu'il apparaît, pour la plupart des enseignants de physique, comme un espace de structuration des savoirs de la physique : un espace au sein duquel le discours est conçu pour donner du sens à la physique qui y apparaît engagée (de Hosson & al. 2015). C'est donc à travers l'étude de ces pratiques ordinaires et en adoptant une posture résolument didactique que nous entendons éclairer la question suivante : comment spécifier les stratégies que les enseignants universitaires physiciens mettent en œuvre pour permettre aux étudiants d'accéder aux savoirs disciplinaires visés par le cours magistral ? Notre travail est porté par l'hypothèse suivante : dans la mesure où, et contrairement à ce qui se passe en TD, ce n'est pas par l'intermédiaire d'activités que peut se faire l'apprentissage dans ce dispositif « cours magistral », mais bien grâce à tout ce que peut véhiculer le discours tenu par l'enseignant, ce sont les occasions de rapprochements entre le savoir engagé par ce dernier et les savoirs des étudiants qui forment la cible de notre attention. Ces rapprochements peuvent recouvrir aussi bien des commentaires généraux sur la nature même du savoir physique, que des liens entre ce qui est présenté (les lois physiques, les exemples, les expériences, etc.) et ce que les étudiants savent déjà ou auront à appliquer (exercices en TD, en examen...), contribuant ainsi à leur apprentissage. Pour préciser l'analyse de ces liens, nous utilisons la notion de « proximité en acte discursive » (Robert & Vandebrouck, 2014), qui nous permet d'apprécier de quelle manière l'enseignant « tire » l'activité cognitive potentielle de l'étudiant jusqu'à la conceptualisation visée par son cours. La notion de proximités en acte discursives désigne ce que le chercheur peut repérer dans le discours enseignant qui peut s'interpréter comme une tentative de rapprochement cognitif avec l'étudiant. Ce peut être simplement par tentative de maintien dans une situation de travail, notamment par questionnement simple, ou par une explicitation de ce qui est en jeu à un moment du cours – entre un exemple et une loi qui l'explique ou entre une loi et son application à une situation particulière. Bien entendu, dans la mesure où nous nous intéressons uniquement au discours de l'enseignant (et pas de sa réception par l'étudiant) nous ne pouvons présager de l'impact de telles proximités sur la conceptualisation ou la compréhension effective. Notre travail consiste à repérer des proximités (potentielles) qu'elles aient été mises en place de manière consciente ou inconsciente par l'enseignant lui-même.

Nous avons observé deux enseignants-chercheurs de physique en cours magistral pendant l'ensemble de l'enseignement de mécanique portant sur les trois lois de Newton (7 séances de 1h30). Le discours des enseignants et les échanges avec les étudiants ont été enregistrés et intégralement retranscrits.

Une première étape de l'analyse a consisté en la modélisation du discours des deux enseignants sous la forme de cartes conceptuelles (Novak, 1988). Utilisées pour organiser les informations relatives à des concepts pris pour cible, les cartes conceptuelles permettent d'accéder à des logiques personnelles (Castillo & Polanco, 2005). Selon Novak et Cañas (2006) le recours aux cartes conceptuelles permet de capturer les connaissances "tacites" d'experts (Novack & Cañas, 2006). Il s'agit ici de caractériser non seulement les concepts mais également la structure épistémologique et historique qui préside à leur usage (Amundsen, Weston & McAlpine, 2008). Pour cette raison, nous avons cherché à organiser les éléments de discours des enseignants observés en ne nous limitant pas uniquement aux concepts scientifiques engagés dans le discours, mais en incluant, dans la construction de la carte, des éléments de structuration du discours nous permettant de remonter à des logiques d'exposition. Les cartes intègrent donc des éléments de nature variée, repérés par une couleur spécifique pour des éléments de nature identique.

L'élaboration de cartes conceptuelles nous permet de reconstruire les logiques globales de l'enseignant. Cela conduit à mieux cerner la manière dont les enseignants organisent le savoir au sein de leur discours, et en ce sens, cela permet de reconstituer des priorités disciplinaires, voire des invariants des pratiques, considérées du point de vue des choix globaux et de leur structuration dans le discours. Au-delà de cet aspect, cette modélisation permet de repérer des moments de rapprochement possibles des étudiants avec le savoir (des lieux de mise en œuvre de proximités).

Finalement, on a construit un profil de chaque enseignant : A plutôt « épistémologie », B plutôt « réussite à l'examen ». Ensuite, on pourrait faire porter la discussion sur les raisons pour lesquelles les deux discours sont si différents et revenir aux éléments qui pilotent les choix de contenu et d'organisation du cours magistral.

A todas y todos los que trabajan día a día por la construcción del mundo en el que queremos vivir, esos que me enseñan y recuerdan que la educación es una apuesta vital.

Agradecimientos

Antes que nada agradezco Cécile de Hosson por todo su apoyo y confianza, fue una hermosa casualidad conocerla hace ya casi una década, desde ese día no he parado de aprender de ella, de esta gran mujer, activista, música, investigadora y maestra; muchas gracias por acompañarme en este camino y no dejarme desfallecer, por comprender mis dolores, angustias y ritmos y más que nada, por mostrarme que siempre es posible ser humano y profesional al tiempo, por dejarme disfrutar no solo de sus profundas reflexiones académicas, sino también de su producción musical y sus agudas reflexiones políticas, espero sinceramente este trabajo haya correspondido a sus enseñanzas.

Muchas gracias desde el fondo de mi corazón también a Aline Robert, por creer en mí y acompañarme en este proceso, permitirme crecer con su sabiduría y agudeza, aprendí mucho con su experiencia e inteligencia, observando su trabajo dimensioné lo que significa el acompañamiento a docentes, a su lado cuestioné profundamente mi propia práctica, me llevo muchas ideas sobre el desarrollo profesional docente y espero aplicarlas además de continuar investigando sobre el análisis y el acompañamiento de las prácticas de los docentes, esta es por mucho mi mayor ganancia en este proceso, haber encontrado una línea de investigación.

Agradezco también a María Figueroa por haber aceptado leer y evaluar esta tesis, su visión experta me ha permitido refinar los planteamientos hechos, además le agradezco por toda su confianza y ejemplo, he aprendido mucho de esta mujer integral que ha contribuido de manera decisiva al mejoramiento de la educación en Colombia, es mi aspiración y más profundo sueño compartir esa ruta con ella y lograr aportar a la construcción de una nación mucho más equitativa, desde las aulas y con el corazón puesto en cada una de las acciones, nuestro país necesita más mujeres como ella y yo espero sumarme en esta causa.

Mil gracias a Jean-Claude Régnier por sus aportes críticos a este trabajo y por sus colaboraciones con la academia colombiana, con quienes ha estado involucrado de múltiples maneras hace ya unos años, contribuyendo al desarrollo de la didáctica de las ciencias en un país que lo necesita definitivamente.

A Isabelle Kermen le agradezco no solo por haber aceptado ser parte del jurado de esta tesis sino también, por formar parte de mi formación desde el primer momento que llegué a París, cuántos aprendizajes al lado de una mujer brillante y aguda, muchas gracias por ayudarme a cuestionar mis concepciones más profundas sobre la ciencia y mis conocimientos en ella también, por ser severa y estar dispuesta siempre, mil gracias.

También agradezco a Patrice Venturini por hacer parte de este jurado que se beneficia con su visión compleja y profunda de los análisis didácticos sobre las prácticas de enseñanza en ciencias naturales, es un honor contar con su presencia en el jurado que valora críticamente mi trabajo.

Es justo decir también, que este trabajo no hubiera podido ser, sin la colaboración de cuatro valientes profesores que me permitieron entrar a sus clases, grabarlas, analizarlas y quienes, han estado interesados en el desarrollo de esta investigación y sus resultados, a ellos muchas gracias por todos los aprendizajes.

Mi profundo agradecimiento al conjunto de miembros del Laboratorio LDAR, aquellos que acompañaron mi proceso de formación, particularmente Wanda Kaminski, Philippe Colin, Nicolas Décamp, Alan Kuzniak y Laurence Viennot. Un agradecimiento también al equipo de jóvenes investigadores del laboratorio, especialmente a Robin, Luz, Michäel, Assia, Charlotte, Etienne y Sophie, aprendí mucho con su compañía. En particular, quiero agradecer a Sandrine Pelle quien, con su afecto, hizo que París fuera más acogedora todo el tiempo, quien me regaló lo más preciado que hay, el tiempo, mil gracias por tanta solidaridad; y a Valentin Maron, quien se convirtió en mi amigo francés, gracias por el afecto, la paciencia y por tanta solidaridad, espero poder ser testigo muchos años más de su crecimiento y maravillarme como hasta ahora del hermoso y complejo ser humano que es.

Mil gracias también a quienes me han ayudado a formarme como la profesional que soy, a Rosario Jaramillo, por acompañarme siempre, al Colegio San Francisco de Asís por enseñarme a soñar, al equipo de Pequeños Científicos y la facultad de educación de la Universidad de los Andes por enseñarme a ser reflexiva e iniciarme en la formación de maestros, especialmente a Mauricio Duque, Margarita Gómez, Carola Hernández y Juny Montoya, también, a los maestros maravillosos que me permitieron entrar en su aula y en su vida Ines, Elisa, Yonany, Marleny y todos los que me

acompañaron a descubrir las realidades de las aulas en Colombia y Latinoamérica. Gracias también al maravilloso equipo humano y profesional de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad Externado de Colombia que me ha acogido y me ha dado la oportunidad de pensar y llevar a la práctica muchos de los aprendizajes, espero seguir creciendo a su lado. Finalmente, agradezco al Gobierno Colombiano y a su departamento administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias) quien me financió e hizo que esto fuera posible, espero corresponder la inversión con trabajo duro y comprometido.

Mi estadía en Francia estuvo llena de retos no solo académicos sino emocionales que no me hubieran dejado culminar con éxito esta investigación de no contar con la compañía y el afecto de Andrea, Diana, Anne Cristine, Perrine y Abderrahmane, gracias por tanto, en mi casa en Colombia siempre habrá un cuarto con su nombre para retribuir (jamás con justeza) toda su hospitalidad y apoyo. Tampoco hubiera podido, no solo culminar esta investigación sino convertirme en la mujer que soy de no ser por Betty, Adriana, Miguel Ángel quienes creen en mí y me aman, sin mi hermanita Oriana, que es la encarnación de la esperanza en mi vida; tampoco sin mi familia escogida, mis amigas y amigos, a todos, pero especialmente a los que han vivido esta investigación tanto como yo, Sandra Enciso, Aleyda, Sarita, Carlos y David, sin ustedes y sus aportes de diferente naturaleza, no habría sido posible, todo mi amor y agradecimiento.

Finalmente, no me es posible dejar de decir que todo lo que soy y lo que hago se lo agradezco al amor de mi vida, a mi abuela, Silvia Manrique, quien con amor y cuidado infinito me dio la fuerza de construir la vida que decidí vivir, este y todos los retos de mi vida nos pertenecen a ambas, yo la llevo conmigo y espero un día ser la mitad de maravillosa de lo que ella fue.

Tabla de contenido

| | |
|---|-----------|
| AGRADECIMIENTOS | 8 |
| INTRODUCCION | 16 |
| 1 POLÍTICAS PARA LA ENSEÑANZA EN EDUCACIÓN SUPERIOR | 16 |
| 1.1 FRANCIA Y SU ESTRATEGIA NACIONAL DE EDUCACION SUPERIOR | 17 |
| 1.2 COLOMBIA Y LA POLITICA DE ACREDITACION | 18 |
| 2 LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA | 20 |
| 3 EL CURSO MAGISTRAL COMO MODALIDAD PRIVILEGIADA EN LA EDUCACION SUPERIOR | 21 |
| 4 LAS INNOVACIONES PROPUESTAS | 24 |
| 5 INVESTIGACION DE LAS PRACTICAS EFECTIVAS DE LOS PROFESORES UNIVERSITARIOS | 28 |
| CAPITULO 1: POSICIONAMIENTO TEORICO PARA EL ANALISIS DE LAS PRACTICAS DE LOS PROFESORES UNIVERSITARIOS DE FISICA | 32 |
| 1.1 APORTES DE LA TEORÍA DE LA ACTIVIDAD | 32 |
| 1.2 APORTES DEL DOBLE ACERCAMIENTO | 34 |
| 1.3 SOBRE VYGOTSKY Y EL APRENDIZAJE..... | 38 |
| 1.4 LAS PROXIMIDADES EN ACTO..... | 39 |
| 1.5 UN POSICIONAMIENTO NECESARIO FRENTE AL PCK | 44 |
| CAPÍTULO 2: PERFIL CONCEPTUAL DEL ESTUDIANTE AL INGRESAR A LA FORMACIÓN UNIVERSITARIA | 48 |
| 2.1 PROGRESION CONCEPTUAL DEL CONCEPTO DE DINAMICA EN FRANCIA | 48 |
| 2.1.1 PROGRAMA DE “TROISIEME” | 49 |
| 2.1.2 PROGRAMA DE “SECONDE” | 50 |
| 2.1.3 PROGRAMA DE “PREMIERE” | 52 |
| 2.1. 4 PROGRAMA DE “TERMINAL” | 52 |
| 2.1.5 PROGRAMAS PREVIOS L1 EN FRANCIA | 53 |
| 2.2 PROGRESION CONCEPTUAL DEL CONCEPTO DE DINAMICA EN COLOMBIA | 53 |
| 2.2.1 PRIMER GRUPO (PRIMERO, SEGUNDO Y TERCERO)..... | 56 |
| 2.2.2 SEGUNDO GRUPO (CUARTO, QUINTO Y SEXTO)..... | 56 |
| 2.2.3 TERCER GRUPO (SÉPTIMO, OCTAVO Y NOVENO)..... | 57 |
| 2.2.4 CUARTO GRUPO (DÉCIMO Y ONCE) | 57 |
| 2.3 COMPARACION PROGRESION CONCEPTUAL DEL CONCEPTO DE DINAMICA EN FRANCIA Y COLOMBIA..... | 58 |
| CAPITULO 3: METODOLOGIA | 59 |
| 3.1 PREGUNTAS E HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN | 59 |
| 3.2 METODOLOGIA DE RECOLECCION DE DATOS | 60 |
| 3.2.1 SELECCION DE LA MUESTRA | 61 |
| 3.2.2 CORPUS DE LA INVESTIGACION | 61 |
| 3.3 ELEMENTOS TEORICOS DE LA PROPUESTA DE ANALISIS | 62 |
| 3.3.1 LAS TRES LEYES DE NEWTON..... | 63 |
| 3.3.2 RELEVANCIA CURRICULAR DE LAS LEYES DE NEWTON – LOS CONCEPTOS ESTRUCTURANTES DE LAS CIENCIAS NATURALES | 67 |
| 3.3.3 LOS ESTUDIOS DE LA DIDACTICA DE LAS CIENCIAS SOBRE LAS LEYES DE NEWTON | 68 |
| 3.4. ELEMENTOS METODOLOGICOS DE LA PROPUESTA DE ANALISIS | 70 |
| 3.4.1 LOS MAPAS CONCEPTUALES COMO HERRAMIENTA METODOLOGICA PARA EL ANALISIS DE LAS PRACTICAS DE LOS PROFESORES..... | 71 |

| | |
|--|-------------------|
| 3.4.2 LAS PROXIMIDADES EN ACTO COMO HERRAMIENTA METODOLOGICA PARA EL ANALISIS DE LAS PRACTICAS DE LOS PROFESORES..... | 75 |
| 3.5 CATEGORIAS DE ANALISIS | 76 |
| 3.5.1 CATEGORIAS USADAS EN LOS MAPAS CONCEPTUALES | 76 |
| 3.5.2 TIPOS DE PROXIMIDADES EN ACTO | 78 |
| <u>CAPÍTULO 4: RESULTADOS</u> | <u>79</u> |
| 4.1 EPISODIOS | 80 |
| 4.2 ANÁLISIS MACRO DE LOS EPISODIOS COMUNES (PROFESORES FRANCESES) | 82 |
| 4.2.1 PROFESOR 1F..... | 84 |
| 4.2.2 PROFESOR 2F..... | 95 |
| 5.2.3 UNA COMPARACIÓN..... | 102 |
| Primera ley de Newton..... | 103 |
| Segunda ley de Newton | 106 |
| Tercera ley de Newton | 109 |
| 4.3 ANALISIS MICRO DE LOS EPISODIOS COMUNES (PROFESORES FRANCESES) | 111 |
| 4.3.1 PROFESOR 1F..... | 112 |
| Proximidades en acto de tipo 1 | 112 |
| Proximidades en acto de tipo 2 | 116 |
| Proximidades en acto de tipo 3 | 119 |
| Proximidades en acto de tipo 4 | 120 |
| Repeticiones | 122 |
| 4.3.2 PROFESOR 2F..... | 122 |
| Proximidades en acto de tipo 1 | 123 |
| Proximidades en acto de tipo 2 | 125 |
| Proximidades en acto de tipo 3 | 126 |
| Proximidades en acto de tipo 4 | 127 |
| Repeticiones | 129 |
| 4.3.3 UNA COMPARACION..... | 130 |
| 4.4 UNA PRIMERA CONCLUSION PARCIAL | 132 |
| 4.5 UNA CONTRASTACION CON EL LIBRO DE TEXTO..... | 135 |
| 4.6 METODOLOGÍA APLICADA A UNA SEGUNDA MUESTRA | 146 |
| 4.6.1 ANALISIS MACRO DE LOS EPISODIOS COMUNES (PROFESORES COLOMBIANOS)..... | 146 |
| Una comparación | 158 |
| 4.6.2 ANALISIS MICRO DE LOS EPISODIOS COMUNES (PROFESORES COLOMBIANOS) | 162 |
| <u>CAPITULO 5: DISCUSION Y ELEMENTOS DE CONCLUSION</u> | <u>172</u> |
| 5.1 DISCUSION METODOLOGICA..... | 172 |
| 5.1.1 LO QUE PERMITIO LA PROPUESTA DE ANALISIS : PRIMERA RESPUESTA A LAS PREGUNTAS DE INVESTIGACION | 175 |
| ¿Cómo los profesores organizan los contenidos involucrados en el curso con respecto al libro guía del programa? | 175 |
| ¿Qué estrategias utilizan los profesores para lograr que los estudiantes accedan a la comprensión de los contenidos previstos en el curso?..... | 186 |
| Comentarios generales..... | 190 |
| 5.1.2 LIMITACIONES DE LA PROPUESTA DE ANALISIS | 192 |
| 5.2 OTRAS RUTAS DE ANALISIS..... | 193 |
| 5.2.1 LOS RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES | 193 |
| 5.2.2 ESTRATEGIAS PREVIAS DE BUSQUEDA DE PROXIMIDADES EN ACTO..... | 200 |
| 5.2.3 ANÁLISIS LEXICOMETRICO | 203 |
| 5.3 APRENDIZAJES SOBRE EL ANALISIS DE LAS PRACTICAS DE LOS PROFESORES UNIVERSITARIOS DE FISICA | 208 |

| | |
|--|-------------------|
| 5.4 PERSPECTIVAS DE INVESTIGACION | 210 |
| <u>BIBLIOGRAFIA</u> | <u>213</u> |

Índice de tablas

| | |
|---|-----|
| Tabla 1. Algunas iniciativas para la formación y el acompañamiento de profesores universitarios en Colombia | 19 |
| Tabla 2. Nociones y conocimientos previstos en “troisieme” | 50 |
| Tabla 3. Nociones y conocimientos previstos en “seconde” 1 | 51 |
| Tabla 4. Nociones y conocimientos previstos en “seconde” 2 | 51 |
| Tabla 5. Nociones y conocimientos previstos en “premiere” | 52 |
| Tabla 6. Nociones y conocimientos previstos en “terminal” | 52 |
| Tabla 7. Descripción de apartes del programa de L1, previo a la dinámica | 53 |
| Tabla 8. Nociones y conocimientos previstos para primero, segundo y tercero | 56 |
| Tabla 9. Nociones y conocimientos previstos para cuarto, quinto y sexto | 56 |
| Tabla 10. Nociones y conocimientos previstos para séptimo, octavo y noveno | 57 |
| Tabla 11. Nociones y conocimientos previstos para décimo y once | 57 |
| Tabla 12. Nociones y conocimientos previstos para séptimo, octavo y noveno | 80 |
| Tabla 13. Presencia de episodios | 81 |
| Tabla 14. Orden de episodios | 81 |
| Tabla 15. Categorías presentes en mapas sobre la primera ley de Newton profesores 1f y 2f | 103 |
| Tabla 16. Categorías presentes en mapas sobre la segunda ley de Newton profesores 1f y 2f | 107 |
| Tabla 17. Categorías presentes en mapas sobre la tercera ley de Newton profesores 1f y 2f | 109 |
| Tabla 18. Repeticiones en el discurso del profesor 1f | 122 |
| Tabla 19. Repeticiones en el discurso del profesor 2f | 130 |
| Tabla 20. Tipos de proximidades supuestas por los en el discurso de los profesores 1f y 2f | 130 |
| Tabla 21. Categorías presentes en mapas sobre las leyes de Newton de los profesores 1f y 2f y el libro de texto | 142 |
| Tabla 22. Categorías presentes en mapas sobre la primera ley de Newton profesores 1c y 2c | 158 |
| Tabla 23. Categorías presentes en mapas sobre la segunda ley de Newton profesores 1c y 2c | 160 |
| Tabla 24. Categorías presentes en mapas sobre la tercera ley de Newton profesores 1c y 2c | 161 |
| Tabla 25. Repeticiones en el discurso del profesor 1c | 165 |
| Tabla 26. Repeticiones en el discurso del profesor 2c | 169 |
| Tabla 27. Tipos de proximidades supuestas por los en el discurso de los profesores 1c y 2c | 169 |
| Tabla 28. Repeticiones presentes en los discursos de los profesores | 189 |
| Tabla 29. Respuestas correctas por grupo de estudiantes | 198 |
| Tabla 30. Resultado de la prueba t aplicada a los resultados del cuestionario | 198 |

Índice de figuras

| | |
|---|-----|
| Figura 1. Progresion conceptual del concepto de dinamica en francia ----- | 49 |
| Figura 2. Progresion conceptual del concepto de dinamica en colombia ----- | 55 |
| Figura 3. Progresion conceptual del concepto de dinamica en francia ----- | 82 |
| Figura 4. Mapa conceptual primera ley de newton profesor 1f ----- | 86 |
| Figura 5. Mapa conceptual segunda ley de newton profesor 1f ----- | 90 |
| Figura 6. Mapa conceptual tercera ley de newton profesor 1f ----- | 93 |
| Figura 7. Mapa conceptual primera ley de newton profesor 2f ----- | 96 |
| Figura 8. Mapa conceptual segunda ley de newton profesor 2f ----- | 99 |
| Figura 9. Mapa conceptual tercera ley de newton profesor 2f ----- | 101 |
| Figura 10. Mapa conceptual primera ley de newton libro de texto ----- | 137 |
| Figura 11. Mapa conceptual segunda ley de newton libro de texto ----- | 139 |
| Figura 12. Mapa conceptual tercera ley de newton libro de texto ----- | 141 |
| Figura 13. Mapa conceptual primera ley de newton profesor 1c ----- | 147 |
| Figura 14. Mapa conceptual segunda ley de newton profesor 1c ----- | 149 |
| Figura 15. Mapa conceptual tercera ley de newton profesor 1c ----- | 151 |
| Figura 16. Mapa conceptual primera ley de newton profesor 1c ----- | 153 |
| Figura 17. Mapa conceptual segunda ley de newton profesor 2c ----- | 155 |
| Figura 18. Mapa conceptual tercera ley de newton profesor 2c ----- | 157 |
| Figura 19. Categorías presentes en mapas sobre la primera ley de newton profesores 1f y 2f ----- | 177 |
| Figura 20. Categorías presentes en mapas sobre la segunda ley de newton profesores 1f y 2f ----- | 178 |
| Figura 21. Categorías presentes en mapas sobre la tercera ley de newton profesores 1f y 2f ----- | 179 |
| Figura 22. Categorías presentes en mapas sobre las leyes de newton de profesores los profesores 1f y 2f y el libro de texto ----- | 181 |
| Figura 23. Categorías presentes en mapas sobre la primera ley de newton profesores 1c y 2c ----- | 183 |
| Figura 24. Categorías presentes en mapas sobre la segunda ley de newton profesores 1c y 2c ----- | 184 |
| Figura 25. Categorías presentes en mapas sobre la tercera ley de newton profesores 1c y 2c ----- | 185 |
| Figura 26. Tipos de proximidades supuestas en mapas sobre la tercera ley de newton profesores 1f y 2f ----- | 187 |
| Figura 27. Tipos de proximidades supuestas en mapas sobre la tercera ley de newton profesores 1c y 2c ----- | 187 |
| Figura 28. Distribucion de respuestas de los estudiantes de los profesores 1f y 2f a la pregunta 1 en cuestionario ----- | 195 |
| Figura 29. Distribucion de respuestas de los estudiantes de los profesores 1f y 2f a la pregunta 2 en cuestionario ----- | 195 |
| Figura 30. Distribucion de respuestas de los estudiantes de los profesores 1f y 2f a la pregunta 3 en cuestionario ----- | 196 |
| Figura 31. Distribucion de respuestas de los estudiantes de los profesores 1f y 2f a la pregunta 4 en cuestionario ----- | 197 |
| Figura 32. Distribucion de respuestas de los estudiantes de los profesores 1f y 2f a la 5 en cuestionario ----- | 198 |
| Figura 33. Ejemplo de busqueda de proximidades 1 ----- | 200 |
| Figura 34. Ejemplo de busqueda de proximidades 2 ----- | 201 |
| Figura 35. nube de palabras primera ley profesor 1f ----- | 198 |
| Figura 36. Nube de palabras primera ley profesor 2f ----- | 204 |
| Figura 37. nube de palabras segunda ley profesor 1f ----- | 198 |
| Figura 38. Nube de palabras segunda ley profesor 2f ----- | 204 |
| Figura 39. nube de palabras tercera ley profesor 1f ----- | 198 |
| Figura 40. Nube de palabras tercera ley profesor 2f ----- | 205 |
| Figura 41. Similitudes primera, segunda y tercera ley profesor 1f ----- | 206 |
| Figura 42. Similitudes primera, segunda y tercera ley profesor 2f ----- | 207 |

Introducción

La educación superior ha sido objeto de un número creciente de investigaciones internacionalmente (Gibbs y Coffey, 2004; Postareff, Katajavuori, Lindblom-Ylänne y Trigwell, 2008), sin embargo, es de resaltar que las prácticas pedagógicas que en ella se inscriben y, la manera en que pueden ser analizadas, sigue siendo un sujeto que no cuenta con suficiente investigación (Poteaux, 2013). Nuestra investigación se inscribe en ese contexto, es una investigación que busca aportar a la construcción de una metodología de análisis de cursos magistrales concebidos y ejecutados por profesores universitarios de física, con el objetivo de comprender la complejidad de las interacciones que propician y las razones que los fundamentan.

En este capítulo se dará el contexto necesario para situar la investigación, primero se hablará de las políticas que han venido surgiendo en educación superior, resaltando el énfasis que tienen en lograr transformaciones de las prácticas de enseñanza en la Universidad; después de esto, se hablará de la enseñanza en la educación superior y de los cursos magistrales como una modalidad privilegiada dentro de ella; después de esto, se presentarán investigaciones que promueven transformaciones de las prácticas de enseñanza y finalmente, investigaciones sobre las practicas efectivas en educación superior, que es el terreno específico en el que se sitúa este estudio.

1 Políticas para la enseñanza en educación superior

En la declaración mundial sobre la educación superior en el siglo XXI, la Unesco (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) declara que

En los albores del nuevo siglo, se observan una demanda de educación superior sin precedentes, acompañada de una gran diversificación de la misma, y una mayor toma de conciencia de la importancia fundamental que este tipo de educación reviste para el desarrollo sociocultural y económico y para la construcción del futuro, de cara al cual las nuevas generaciones deberán estar preparadas con nuevas competencias y nuevos conocimientos e ideales (1998, pp 1).

Esta declaración implica que, al menos en 193 países, la educación superior se enfrenta a desafíos que incluyen la **formación basada en las competencias**, la **mejora** y conservación **de la calidad de la enseñanza**, la pertinencia de los planes de estudios y la **inclusión de nuevas tecnologías** “que mejoran la manera de producir, organizar, difundir y controlar el saber y de acceder al mismo”¹ (Unesco, 1998, pp.1). Esto último permite leer el énfasis que han puesto las políticas internacionales en la transformación de las prácticas de enseñanza en educación superior. Ahora bien, este estudio se concentra en dos países, Francia y Colombia, los dos miembros de la Unesco, que de manera coherente con la Unesco (aunque no se puede decir que respondiendo a ella), ha y está buscando transformar las prácticas de enseñanza en la educación superior, por medio de estrategias que, aunque son diferentes, guardan ciertas regularidades.

1.1 Francia y su estrategia nacional de educación superior

Francia eligió construir un comité para la Stratégie nationale de l'Enseignement Supérieur² (StraNES), es de resaltar que esta estrategia está articulada con la stratégie nationale de recherche³ (SNR), por medio de ésta Francia busca movilizar al país en torno a la Educación superior y la Investigación (Béjean y Monthubert, 2015). Partiendo de la premisa que en Francia hay, en la actualidad, insuficientes esfuerzos de innovación pedagógica, la estrategia propone, entre otras cosas, inventar la educación superior del siglo XXI. Esto supone “passer à une pédagogie active, intégrant les apports du numérique”⁴ (Béjean y Monthubert, 2015, p, 20). La estrategia parte de la idea que internet ha hecho que la información esté disponible y en ese sentido, el rol del profesor, que tradicionalmente era quien poseía estos conocimientos (y del estudiante que los recibía), ha cambiado, volviendo la construcción de conocimientos, una tarea colectiva.

Se busca entonces transformar pedagógicamente la docencia en la educación superior para adaptarla al nuevo público, por medio de varias estrategias entre las que

1 Las negrillas son puestas por el autor

2 Estrategia nacional de Educación Superior

3 Estrategia nacional de investigación

4 Pasar a una pedagogía activa, integrando los aportes de las TICs

destacan la iniciativa FUN (France Université Numérique⁵) (p, 90). La estrategia busca también crear centros de desarrollo pedagógico que permitan desarrollar las prácticas innovadoras y formar a los profesores en pedagogía (p, 93). Proponen que una formación que sea lo suficientemente ligera, y centrada en la resolución de problemas, permitirá a los profesores apropiarse de métodos que usualmente no experimentarían en sus cursos. Dado que el primer año universitario es crucial para la implementación de este tipo de políticas -según Coulon (2005, en Duguet, 2014), éste año es definitivo para la inserción de los estudiantes en la Universidad-.

Diferentes dispositivos se han implementado para solucionar la pérdida de los cursos de primer ciclo universitario, Duguet (2014) referencia la ley Savary (1984) y la reforma Bayrou (1997) o las tutorías, iniciadas en 1993 por el Ministerio de Educación Superior y de la Investigación, como iniciativas para promover que los estudiantes puedan aprobar el primer año en la Universidad. Otra de las iniciativas que se suman en esta corriente es el PRL, que con una inversión de 730 millones de euros, buscó, en un plazo de cinco años, disminuir a la mitad la reprobación de estudiantes en primer año, este plan incluyó la renovación del contenido de primeros años para organizarlo en una progresión de conocimientos y competencias y lograr una orientación activa de los estudiantes que incluya su acompañamiento (Duguet, 2014). En conclusión, Francia cuenta con varias legislaciones e iniciativas que promueven una transformación de las prácticas pedagógicas en la educación superior.

1.2 Colombia y la política de acreditación

Colombia trabaja en mejorar la calidad de la educación para permitirle a los estudiantes desarrollar las competencias y valores, por medio de la articulación de todos los niveles educativos (inicial, preescolar, básica, media y superior) alrededor de un enfoque común de competencias básicas, ciudadanas y laborales (MEN, 2016). Una de las estrategias que se han diseñado para lograr estas metas es el desarrollo profesional de los docentes y directivos docentes, en este sentido, Colombia ha pensado los procesos de formación inicial (o para el ejercicio de la docencia) de los maestros; en el marco de esta reflexión se ha definido la importancia de “desarrollar la teoría y la práctica pedagógica como parte fundamental del saber del educador”

5 Francia Universidad Digital

(MEN, 2015). Como se pudo notar, el sistema colombiano no deja clara la dirección de las prácticas pedagógicas perseguidas, esto tiene que ver con que la ley general de educación en Colombia promueve como principios:

Artículo 3º El Estado, de conformidad con la Constitución Política de Colombia y con la presente ley, **garantiza la autonomía universitaria**, y vela por la calidad del servicio educativo a través del ejercicio de la suprema inspección y vigilancia de la educación superior.

Artículo 4º La educación superior, sin perjuicio de los fines específicos de cada campo del saber, despertará en los educandos un espíritu reflexivo, orientado al logro de la autonomía personal, en un marco de libertad de pensamiento y de pluralismo ideológico que tenga en cuenta la universalidad de los saberes y la particularidad de las formas culturales existentes en el país. Por ello, **la educación superior se desarrollará en un marco de libertades de enseñanza, de aprendizaje, de investigación y de cátedra** (Ley 30, 1992, p.1)

Aunque en Colombia no haya legislaciones específicas sobre las prácticas de los docentes en Educación superior, varias Universidades han creado centros que buscan apoyar a los profesores universitarios con la planeación y desarrollo de sus cursos, desde una perspectiva de innovación; es así como se encuentran:

Tabla 1. Algunas iniciativas para la formación y el acompañamiento de profesores Universitarios en Colombia

| Iniciativa | Universidad |
|--|----------------------------------|
| Centro de investigaciones y formación en Educación | Universidad de los Andes |
| Centro de Orientación Docente | Universidad de la Sabana |
| Formación y desarrollo profesional docente | Universidad de la Salle |
| Capacitación docente | Universidad Autónoma de Colombia |
| Café pedagógico | Universidad del Norte |

Como se pudo ver, las autoridades, en ambos países tienden a querer transformar las practicas, sin embargo, no se parte del conocimiento de dichas prácticas, en este sentido, el mandato de innovación se soporta en un terreno desconocido: ¿cuál es el punto de partida en cuanto a prácticas se refiere? Esta es la pregunta que se intentará problematizar en los apartados siguientes de este capítulo y, la pregunta a la que busca aportar esta investigación.

2 La enseñanza Universitaria

Desde el siglo XIX el anfiteatro ha sido un espacio diseñado para grandes públicos (Hottin, 1999), es de tener en cuenta que la Universidad remonta a la edad media, ahora bien, en el curso de su historia, la Universidad ha tenido varios cambios (Duquet, 2014). Uno de los más significativos es el del cambio de público, en el siglo XIX el público de los cursos en la Universidad, de hecho, se dividía en dos, los estudiantes que deseaban participar en una población y los asistentes libres, esto debido a la falta de posibilidades de acceder a los conocimientos de otras maneras; fue solo hasta 1870 se favoreció la participación de estudiantes (Noqués, 2008). Otro cambio importante es el de la masificación de la educación superior, la estrategia de Lisboa, que se inició en el año 2000 se traduce en Francia en esperar que 50% de la población tenga un diploma de educación superior, hay entonces, como se dijo antes, una voluntad política de adaptar el sistema universitario a una nueva masa de estudiantes (Vasconcellos, 2006). La educación superior enfrenta a nuevos públicos y en ese contexto, nacen o se fortalecen cuestionamientos sobre sus métodos y eficacia (Soulié, 2002)

Lo anterior no es exclusivo de una disciplina, para el caso de esta investigación, de Hosson et al (2015) afirman que, en los últimos tres años, se han hecho profundas modificaciones en los programas de física y química en la educación media en Francia, esto implica que los bachilleres que entran a los cursos de física en la actualidad, tienen un perfil muy diferente. Esto permite suponer que son necesarias prácticas adecuadas a los nuevos perfiles de los estudiantes, ya que las prácticas pedagógicas pueden tener un efecto en el éxito de los estudiantes (Galand, Neuville, y Frenay, 2005, citados por Duguet, y Morlaix, 2012).

En este escenario, vale la pena pensar, cuál es el panorama de la Educación superior en la actualidad, Campanario (2003) concluye que en la universidad, “predomina un monótono horizonte caracterizado, casi totalmente, por la clase magistral, a pesar de las propuestas que existen para utilizar otros enfoques” (p. 320). La educación superior tiene como método privilegiado el curso magistral, que se sustenta en el modelo tradicional, pero ha encontrado métodos para que grandes grupos logren entender la naturaleza y el estatus de los estudios superiores y las disciplinas (Short y Martin, 2011; Blihg, 2000).

El lugar privilegiado de estos cursos magistrales es el anfiteatro, que es definido por Christian Hottin como un dispositivo arquitectónico concebido para la transmisión de los avances del saber (Nguyễn, 2013), en ese sentido, el curso magistral puede considerarse como el lugar donde los saberes son desarrollados, de la mano con una comprensión sobre las formas en que estos conocimientos deben ser explorados, lo que conlleva a los profesores a trabajar en lograr que su público acceda a los conocimientos.

En esta misma dirección de Hosson et al (2015), citando a Clanet (2004) muestran que si bien los profesores universitarios mantienen los cursos magistrales, buscan que los estudiantes se involucren en ellos por medio de estrategias como formulación de preguntas, uso de humor o situaciones de la vida cotidiana. Los profesores usan su lenguaje corporal, incluyen anécdotas, ejemplos divertidos y ayudas audiovisuales para lograr el involucramiento de los estudiantes en el curso magistral y además, su aprendizaje (Short y Martin, 2011). Así mismo, un profesor, está interesado en que sus estudiantes aprendan y aprueben el curso puede adoptar una posición particularmente pedagógica que incluye revisar los pre requisitos del curso o simplificar los contenidos y explicar el vocabulario empleado (Soulié, 2002). Hasta aquí hemos visto el panorama general de la enseñanza en educación superior en la que el curso magistral aparece como una modalidad predominante en la enseñanza, en el próximo apartado, se profundizará un poco más en lo que los cursos magistrales implican.

3 El curso magistral como modalidad privilegiada en la Educación Superior

El curso magistral busca volver inteligible un discurso disciplinar (Marlot y Baques, 2013), podría decirse, como se vio, que un curso magistral implica del profesor hacer un proceso de traducción de los saberes de la disciplina para que sus estudiantes puedan aprenderlos, el profesor se esfuerza porque los estudiantes aprendan haciendo que los saberes cambien parcialmente de forma, en el marco de una operación compleja que implica selección, adaptación y organización de saberes propios de la disciplina (Nguyễn, 2013). El profesor se involucra en reconstruir la complejidad de la comunicación de saberes disciplinares, (comunicación que implica

también lo oral y lo escrito en el curso) y tiene una finalidad fija, el aprendizaje del estudiante (Ladjali, 2004).

Dado que las clases magistrales siguen siendo una parte importante de la experiencia de aprendizaje de los estudiantes (Morton, 2009; Van Driel, Beijaard y Verloop, 2001), vale la pena examinar el caso específico de las ciencias naturales; Hughes y Overton (2008) aseguran que la clase magistral es la manera predominante en la que se enseñan incluso contenidos experimentales de las ciencias, en el marco de un currículo predominantemente lineal y progresivo⁶, sin embargo, resaltan también que en los últimos años, muchos cursos magistrales han introducido más oportunidades de interacción con los estudiantes y su participación.

de Hosson et al (2015) muestran que los profesores de física de la Universidad son ante todo buenos físicos, que además, quieren interactuar con sus estudiantes la clase magistral también, permite a la dimensión investigador del profesor, expresarse, al llevar a sus estudiantes conocimiento de punta y su propia comprensión de la disciplina. El curso magistral, en definitiva, aparece como una modalidad importante de enseñanza a la que los profesores de ciencias privilegian (Altet, 2004), pero que no entienden como un espacio en el que el estudiante deba ser un espectador pasivo o receptor de información no relevante (de Hosson et al., 2015).

El curso magistral puede ser un momento en el que el profesor propone a los estudiantes elementos que les pueden servir de conexión entre sus actividades e ideas (previas o posteriores) y los conocimientos formales de la disciplina (Robert, 2015). Esas conexiones deberían ser transformadas en conocimientos por los estudiantes, de ahí que, una exposición tendría más posibilidad de ser apropiada por los estudiantes si es cercana a lo que ya saben, han hecho o pueden hacer. En esta línea, el curso contribuiría a la construcción de relaciones en las cabezas de los estudiantes entre los conocimientos contextualizados (ejercicios, actividades) y el saber sin contexto, esas relaciones son constitutivas de la construcción de conocimientos y se refuerzan en el desarrollo de la clase, si son activadas las

⁶ Desde Posner (1995) es posible entender el currículo como la construcción permanente de los fines y los medios de una propuesta educativa, el postulado que contesta ¿para qué educar?, ¿cómo se aprende?, ¿qué se aprende?, ¿cómo se enseña? y ¿cómo evaluar el aprendizaje? Lo lineal y progresivo hace referencia a una secuencia de contenidos en orden de dificultad que se suceden el uno al otro pero no necesariamente se relacionan.

proximidades entre lo que los estudiantes saben o han hecho o deben hacer y lo que es nuevo.

Para una noción inscrita en el programa, el profesor dispone o establece un discurso (material o no), ese discurso será compartido de una manera u otra a los estudiantes, acompañado generalmente de una presentación oral, eventualmente precedida o seguido de ejercicios o actividades. El discurso sirve entonces de referencia descontextualizada o general pero ejemplificada de definiciones, teorías o demostraciones, del nivel de rigor y del simbolismo esperados, de los métodos, etc (Robert, 2015). Morton (2009) concibe los cursos magistrales como espacios informativos en la medida en que el contenido esté organizado de tal manera que sea fácil de seguir por los estudiantes. Ahora bien, organizar el discurso de manera que logre acercarse a lo que el estudiante ya sabe, es una experiencia desafiante para el profesor. No es suficiente con el conocimiento, el profesor tiene que hacer la charla interesante y atractiva, organizada y estructurada.

En efecto, el curso introduce palabras, formulaciones, propiedades, justificaciones, etc, tiene una función de formalización o etiquetado; se espera que los estudiantes pidan prestadas estas palabras, estas formulaciones, estas nociones (sin que necesariamente constituyan un modelo), pero de alguna manera el contenido del curso es lo que no se puede desarrollar (en su conjunto) de manera autónoma por los estudiantes (Robert y Vandebrouck, 2014). El curso, idealmente, no busca solo que lo que en él se expone sea memorizado sino también usado correctamente, que lo que en él se referencia sirva a ser reconocido y adaptado en la resolución de tareas concretas con suficiente flexibilidad y organización.

Es importante notar que la posibilidad de interiorización de conceptos no es exclusiva del curso o de los momentos de exposición sino que es posible gracias al conjunto de actividades que en lo ideal podría dar cuenta de los diferentes ritmos y estilos de aprendizaje (Blihg, 2000), algunos estudiantes tendrán dificultades en entender un curso descontextualizado y otros tendrán problemas para interesarse en un ejercicio si no comprenden aún su finalidad, sin embargo, es importante saber qué es lo que sucede efectivamente en los cursos, buscar entender lo que se está diciendo, qué tipo de explicaciones son dadas y la manera como se divide la información en el curso. Si las relaciones entre diferentes ideas o conceptos, son explícitas, etc. Hasta aquí hemos argumentado que los cursos magistrales merecen ser estudiados dado que

son una modalidad de enseñanza ampliamente usada en educación superior y que tiene una potencialidad para el aprendizaje de los estudiantes, sin embargo, ¿Cómo estudiar los cursos magistrales?

4 Las innovaciones propuestas

Como se dijo en el primer apartado de este capítulo, hay diferentes legislaciones que promueven, en algunos casos de manera imperativa, las transformaciones de las prácticas de enseñanza en educación superior, hacia unas basadas en el aprendizaje activo. La investigación también preconiza este tipo de reformas, Bruter (2008) dice que la investigación se preocupa cada vez más por las prácticas de los profesores y clama por una reevaluación de la actividad pedagógica. Si es por internet y textos impresos que hoy se accede a los resultados de la investigación, el rol del curso debe cambiar dado que era el curso magistral, el que tenía esta función en la antigüedad (p. 13). Sin embargo, hay investigadores que matizan estas propuestas diciendo que no se trata de suprimir todas las formas de magistralidad sino de usar la magistralidad en espacios y tiempos precisos (Meirieu, 1997).

Por su lado, Petrović y Pale (2015), hicieron una encuesta con estudiantes de ingeniería sobre los cursos magistrales en la universidad de Zagreb y reportaron una serie de limitaciones en cuanto a las posibilidades de aprendizaje que estos espacios generan ya que es fácil perder la concentración en ellos. Coherentemente con esto, Altet (2016) considera que las Universidades deben interrogarse sobre la efectividad de los cursos magistrales ya que el público ha cambiado haciendo que estos cursos estén inadaptados a los estudiantes, aumentando el fracaso escolar. Ahora bien, los cursos no son homogéneos, un curso magistral puede entenderse como un espacio en el que se busca elaborar conocimientos de la investigación y transmitirlos, sin embargo, dado que hay poca información sobre cómo enseñar, esta última tarea de transmitir los conocimientos es una tarea discrecional a cada profesor que escoge las herramientas para su enseñanza (Pastré, 2007)

La investigación, ha intentado sin embargo dar luces sobre cómo pueden ser las innovaciones de los profesores en educación superior. En este contexto, es posible pensar que el curso puede ser reemplazado por un libro de texto, entendiendo el curso como un ejemplo de organización del discurso disciplinar, sin embargo, al menos los

libros de texto ofrecen un texto relativamente homogéneo, mientras que un curso puede fluctuar más, se adapta a los estudiantes, lo que se ha hecho, y anticipa algunas dificultades, es decir, el curso tiene una forma. En este sentido, es posible pensar que los programas y materiales curriculares proponen tareas para el estudiante, “actividades” múltiples que el profesor debe escoger y adaptar (Rogalski, 2012).

Bouchard, Parpette y Pochard (2005) condujeron una investigación que buscaba conocer mejor la organización y uso de la palabra oral y escrita en los cursos magistrales; compararon discursos de profesores de derecho en cursos magistrales con el contenido de libros de referencia encontrando que estos dos son complementarios, de hecho, los autores argumentan que el texto de referencia solo cobra sentido gracias a los procesos de explicación que se dan cara a cara (p. 11), esto supone no abandonar los cursos magistrales sino enriquecerlos o transformarlos. Una clase magistral efectiva supone entonces lograr el equilibrio perfecto entre la claridad de la información y la generación de interés (Cortier, Hachadi, y Sharif, 2009), este interés puede generarse según los autores mediante la demostración del propio entusiasmo, el lenguaje corporal y la modulación de la voz, el desarrollo de una buena relación con los estudiantes, a través de contacto con los ojos y la generación de debates, de las ayudas viso-auditiva, las y el uso de ejemplos, analogías y anécdotas (p. 2)

Es posible también tener cursos magistrales interactivos en los hay cortos períodos de conferencia seguida de otras actividades como lecturas, resolución de problemas, y sesiones de reflexión o discusión abierta; además de estar involucrar la evaluación formativa (Miller, McNear, y Metz, 2013). Esta propuesta fue puesta en marcha en una facultad de fisiología y condujo a una media más alta y estadísticamente significativa en los exámenes, además de una mejor percepción por parte de los estudiantes (p.6).

Este mismo estudio indica la necesidad de examinar el "aula invertida" enfoque curricular que actualmente se utiliza en algunas Universidades (p.7), "la clase invertida supone un desplazamiento intencional del contenido que ayuda a que los alumnos vuelvan a ser el centro del aprendizaje, en lugar de un producto de la escolarización" (Tucker, 2012. p, 3), es una apuesta por que los estudiantes tomen el control sobre la forma en la que aprenden el contenido, con el objetivo de liberar tiempo para hacer un mejor uso de la interacción cara a cara en la escuela.

La clase invertida implica que los estudiantes no reciban pasivamente la clase, sino que reúnan la información necesaria para clase, fuera de ella, leyendo, viendo conferencias grabadas, o escuchando podcasts y que cuando están en clase, los estudiantes hacen lo que normalmente se piensa que es la tarea, la solución de problemas con sus profesores o compañeros, y aplicar lo que aprenden a nuevos contextos. Siguen este proceso por su cuenta fuera de clase (Berrett, 2012). Las propuestas de la clase invertida se basan en los resultados de la psicología cognitiva sobre cómo aprenden los estudiantes, concluyendo que los profesores ya no pueden simplemente dar información y tener fe en que los estudiantes entienden; y produciendo la hipótesis que las clases invertidas pueden obtener mejores resultados de aprendizaje del estudiante, como se ha notado en clases de física en la universidad de Michigan y Harvard (p.3).

Otras propuestas se han implementado en clases de ingeniería y matemáticas, Freeman et al (2013) documentaron diferentes propuestas de intervenciones activas para complementar las clases en Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM por sus siglas en inglés) que varían en intensidad y aplicación, incluyendo enfoques como la resolución de problemas, uso de hojas de cálculo, tutoriales, uso de sistemas de respuesta personales o instrucción por pares, y talleres. Estos autores reportan que la inclusión de estas estrategias aumentó el rendimiento de los estudiantes en los exámenes en todas las disciplinas STEM, independientemente del tamaño, tipo y niveles del curso (p.4)

Finalmente, es posible también entender el curso magistral como un espacio en el que están presentes diferentes instrumentos que apoyan el proceso; Loizon y Mayen (2015), consideran que los anfiteatros han estado cada vez más invadidos por una serie de instrumentos que los transforman, desestabilizando la actividad de los estudiantes y los profesores, esto de la mano con el surgimiento de nuevos modos de producción y circulación de información (Bruter, 2008 en Loizon y Mayen, 2015). Uno de los instrumentos que se han incorporado a los cursos magistrales son las presentaciones de Power Point, Susskind (2008) analiza los efectos de acompañar los cursos magistrales con presentaciones de PowerPoint reportando que los estudiantes dicen tener actitudes más positivas hacia la clase al aumentar su interés, sin embargo, analizan también que la clase sigue teniendo la misma estructura y organización que antes de incluir las presentaciones de PowerPoint.

En un uso diferente de instrumentos Williams, Birch y Hancock (2012), estudiaron los efectos de incorporar grabaciones de conferencias y ponerlas en línea como sustituto de las clases magistrales presenciales en un curso de Principios de Microeconomía encontrando que los estudiantes obtuvieron unas menores calificaciones finales y, en contraste con esto, los estudiantes que asisten a la mayoría de las clases magistrales usando las grabaciones de las conferencias como un recurso adicional, mejoran sus resultados. Un estudio de Nadeau y Turcotte (2009) reporta resultados similares para clases de educación física, estos autores además resaltan que constituye una ventaja logística poder tomar la sesión magistral en horarios flexibles. Brecht (2012) hace un estudio similar, en el que analiza el uso de conferencias en línea como complemento del trabajo de aula y reporta que las video conferencias son utilizadas por los estudiantes para apoyar su proceso de aprendizaje, reducen las tasas de abandono, y mejoran los resultados en las evaluaciones del curso.

Hay también propuestas de enseñanza que no solo incorporan instrumentos sino que implican un cambio radical en la organización de la propuesta de enseñanza y el nivel de contacto presencial con el estudiante, por ejemplo, b-learning lo plantea Cabrero y Llorente (2010) alude a todas aquellas combinaciones entre las actividades presenciales y el aprendizaje basado en tecnología, representa una oportunidad para integrar los avances tecnológicos disponibles en el aprendizaje online, con la interacción y la participación llevada a cabo en la enseñanza tradicional (Wardenski et al., 2012).

Finalmente, hay propuestas que implican organizar el proceso de enseñanza aprendizaje exclusivamente desde el uso de tecnologías, entre ellas se destacan los MOOC, Poy y Gonzales-Aguilar (2016) resaltan que los MOOC permiten el desarrollo de actividades de formación que involucran a profesores y estudiantes en el proceso, sin embargo, resaltan también que este tipo de propuestas cuentan con tasas de abandono de entre el 75 y el 90% de los participantes a lo largo de la formación. A partir de una sistematización de experiencias relacionadas con los MOOC, los autores aseguran que éstos y otros asociados como los juegos serios, responden a la necesidad de implementar metodologías innovadoras que logre la participación activa y esté centrada en el estudiante que parecen no lograr capturar a todos los participantes, dadas las elevadas tasas de deserción. Confirmando esto, hay estudios que permiten asegurar que algunas herramientas basadas en TIC, no han permitido

generar en los estudiantes la comprensión que se busca (Kontogeorgiou, 2007; Unal y Zollman, 2000; Petri y Niedderer, 2001; Olsen, 2002, Dimopoulos y Kalkanis, 2005).

Vemos entonces que hay una fuerte campaña para desarrollar innovaciones pedagógicas en educación superior, tendientes a responder a las expectativas de los estudiantes y a la era digital, sin embargo, ni los documentos gubernamentales ni las investigaciones que preconizan esta transformación, están sustentadas en un análisis de las prácticas de los profesores universitarios previas a la innovación, es posible decir que la promoción de la innovación parte de un terreno que suele ser desconocido, las prácticas de los profesores universitarios. Lemaître (2015) asegura que el mandato de innovar en educación superior aparece como una nueva doctrina pedagógica que se inscribe dentro de una corriente utilitaria en la que la Universidad tiene como fin último el de graduar estudiantes que logren insertarse en el mercado laboral y no el de producir y transmitir una mejor cultura científica, técnica y literaria; invitando a un aprendizaje activo que tiene como riesgo el de llevar a las universidades a un activismo que termine por generar la repetición de gestos que no se comprenden. Es en este sentido que el último apartado de este capítulo busca analizar las investigaciones que hay sobre prácticas efectivas de los profesores universitarios ya que son necesarias para tener una mirada crítica sobre los imperativos actuales.

5 Investigación de las prácticas efectivas de los profesores universitarios

Si bien es cierto que hay un creciente consenso sobre la necesidad de investigar en el terreno de la pedagogía universitaria, las prácticas pedagógicas de los profesores universitarios han sido objeto de pocos trabajos de investigación; es posible decir que hay pocos conocimientos suficientemente detallados sobre las prácticas de los profesores universitarios (Bru, 2004), esta afirmación es confirmada por Adangnikou (2008), que asegura, existen muy pocas investigaciones que realmente aborden el tema de las prácticas de los profesores universitarios.

Además, estas investigaciones pueden presentarse predominantemente desde el punto de vista de los estudiantes, Duguet y Morlaix (2012) aseguran que los trabajos que han incursionado en la investigación sobre las prácticas de los profesores universitarios “han mayoritariamente abordado su impacto en las características

individuales de los estudiantes y su éxito (Duru Bellat, 1995; Michaut, 2000; Romainville, 2000), motivación (De Ketele, 1990) o sus capacidades cognitivas (Morlaix y Suchaut, 2012)” (p.7). Confirmando esta idea encontramos los trabajos de Bain (2011) quien después de múltiples estudios sobre sus colegas, en la Universidad de Stanford, asegura que hay evidencia de que la mayoría de los estudiantes están muy satisfechos con la enseñanza, lo que puede provenir del agudo sentido de la historia de la disciplina y de la disciplina misma, que han podido construir los profesores.

De manera similar Altet (1994) después de un análisis de grabaciones de cursos magistrales, dice que los cursos universitarios son en su mayoría discursos que informan pero no implican la comunicación con el auditorio, esto hace que los estudiantes encuentren dificultades para mantener su atención y tomar notas. Con respecto a esto último, Parpette (2002) analiza el impacto de la toma de notas en la manera en que el profesor construye su discurso explicando las relaciones entre un profesor orador y unos estudiantes escritores, resaltando que las intervenciones de los estudiantes constituyen solamente paréntesis dentro del curso.

No ayuda con las intervenciones de los estudiantes el que el curso magistral implica que cuando el profesor hace preguntas a los estudiantes, son en realidad preguntas retóricas porque el curso se trata principalmente de asegurar la reproducción de la comunidad científica, es decir, decir lo que la investigación ha encontrado (Altet, 1994). En esta misma línea Claudel (2010) analiza el discurso de los profesores universitarios describiéndolo como un discurso que permite pasar de saberes citados a saberes susceptibles de citación, ya que, en el contexto universitario, el discurso del profesor se construye a partir de lo dicho por otros, dicho de otro modo, los cursos universitarios se nutren de discursos que vienen de la investigación o las comunidades científicas. Claudel (p. 2) asegura que el profesor no da esos conocimientos en su forma original, sino que los transforma para que el estudiante pueda comprenderlos y en ese proceso utiliza citas y comentarios.

Este mismo dialogismo, es analizado desde un punto de vista didáctico por Marlot y Baquet (2013) quienes aseguran que el curso magistral aun cuando es un monólogo permite a los estudiantes apropiarse de herramientas que le permiten descifrar la información y construirse una relación con el saber disciplinar del curso. Aunque encontrar investigaciones sobre las prácticas efectivas de los profesores que vinculen

la disciplina es un reto, a manera de ejemplo, Petropoulou et al (2016) investigan las prácticas efectivas de profesores universitarios de cálculo, en cursos magistrales, para identificar cómo las necesidades de aprendizaje de los estudiantes se tratan en este contexto. Su análisis sugiere que el principal objetivo del profesor es ayudar a los estudiantes que comienzan sus estudios universitarios, para esto, en la clase se trata de apoyar a los estudiantes con el contenido matemático y se les da a conocer aspectos del pensamiento matemático avanzado, adicionalmente los autores encuentran que desarrollar sensibilidad en los estudiantes, es fundamental para el desarrollo de la clase, aún si es una clase magistral.

Como se dijo antes y se pudo notar, las prácticas pedagógicas de los profesores universitarios no cuentan con suficiente investigación; menos aún, desde el terreno de la didáctica y la especificidad disciplinar que implica. Marlot y Baques, (2012 citando a Bernié, 2002) resaltan que los tipos de discursos son propios de las disciplinas y se orientan por los principios que las rigen, siendo así necesario un acercamiento didáctico para entender de qué manera el discurso permite al estudiante apropiarse progresivamente su rol de profesional, aprendiendo modos de hacer, pensar y hablar.

En esta investigación se analizan las prácticas de los profesores universitarios de física, con el objetivo de comprenderlas a profundidad para poder plantear, posteriormente, acciones de formación mejor adaptadas a sus necesidades. El análisis busca tener en cuenta los contenidos involucrados, en este caso, la mecánica clásica y en particular, las tres leyes de Newton. De aquí se desprende nuestra primera hipótesis que se puede enunciar como: un conocimiento preciso de las prácticas de enseñanza permite la puesta en marcha de acompañamientos más apropiados y que cuenten con mayor aceptación del público. Ahora bien, sabiendo que el curso magistral es una realidad en la educación superior y que los profesores lo aprecian, la pregunta que nos surge es ¿cuál es el posible aporte de los cursos magistrales a los aprendizajes de los estudiantes?

Para abordar esta pregunta, en un primer momento situaremos teóricamente la investigación, en el capítulo 2, lo que implica estudiar la teoría de la actividad y el doble enfoque desde sus fundamentos en el enfoque cognitivo de Vygotsky; esto sin desconocer que hay otros enfoques para investigar las prácticas de los profesores, por esto último, hablamos de las tendencias en estos enfoques y argumentamos las diferencias existentes con lo que hemos planteado en este caso. En el capítulo 3 se

buscará comenzar a situar cognitivamente el espacio del curso magistral de dinámica, para esto se describen los perfiles cognitivos “esperados” de los estudiantes, cuando ingresan al curso, es decir, los aprendizajes con los que es posible suponer, llegan al curso.

Después de esto, en el capítulo 4, se describe la metodología de la investigación, es decir, la población, los métodos y los conocimientos que se usaron para poder desarrollar esta investigación. Luego de describirlos, en el capítulo 5 se presentan los resultados obtenidos a nivel macro y micro y en los dos contextos abordados. Finalmente, en el capítulo 6 se explicitan abordajes metodológicos y resultados que ayudaron a elegir lo propuesto en la investigación, en otras palabras, se explica por qué no se hizo de otra manera y se excluyeron algunas informaciones que hubieran sido importantes y finalmente se presenta la discusión sobre los resultados y algunos elementos de conclusión sobre el análisis de prácticas efectivas de profesores de física a nivel universitario y las prácticas estudiadas.

Capítulo 1: Posicionamiento teórico para el análisis de las prácticas de los profesores Universitarios de física

En este apartado se presentan las teorías y conceptos sobre las que se construyó esta investigación, que permiten entender las decisiones que se tomaron en el desarrollo de la misma.

1.1 Aportes de la teoría de la actividad

De entre los numerosos enfoques que han sido propuestos para analizar las prácticas de enseñanza, esta investigación se sitúa en el de la “double approche” (en adelante DA) que en español se podría traducir como doble acercamiento, que implica las dimensiones didácticas y ergonómicas de la actividad del profesor (Robert y Rogalski, 2002). La DA parte de la teoría de la actividad que en el contexto de la educación, se ha usado para hablar de la actividad de los estudiantes (Robert, 2012). En una clase, hay una cierta cantidad de herramientas que permiten analizar las trazas de la actividad del estudiante (cuaderno, ejercicios, etc), sin embargo, las hay menos para analizar la actividad del profesor en los cursos magistrales; de allí que, incluso teóricamente, apreciar la contribución de los cursos magistrales en el aprendizaje, sea más difícil.

Hay varios enfoques para analizar el trabajo, el ergonómico tiene como objetivo analizar la situación de trabajo con el fin de transformarlo, considerando la psicología como una dimensión, no necesariamente la principal (Silva, 2006). Esta noción deriva de la teoría de la actividad que fue desarrollada por una línea de investigadores involucrados, posteriormente a Vygotsky con la psicología del desarrollo y de los aprendizajes. El objetivo de esta teoría es analizar los procesos que están en juego cuando un sujeto está en acción y los procesos por los que su acción evoluciona y se desarrolla, en este sentido se organiza en torno a dos nociones claves: sujeto y situación (Rogalski, 2012).

La teoría de la actividad se interesa en un sujeto individual que tiene intenciones y competencias que constituyen recursos para llevar a cabo acciones y cumplir sus

objetivos. Sin embargo, la persona en situación de trabajo no es solamente maestro de sus objetivos y medios, la situación de trabajo implica sus propias condiciones y recursos, de ahí que hable de doble regulación de la actividad: la actividad es dinámica, modificando el estado de la situación y del actor que la ejecuta, esta regulación es doble en la medida que está relacionada de un lado a la situación y de otro al actor (Vandebrouck y Gérard, 2008; Rogalski, 2012).

El profesor es un sujeto individualizado con intenciones, marcado, pero no identificado por su inserción social y responsabilidades (jurídicas algunas veces). Esto implica que el profesor, como todo profesional, no tiene todo el control de sus objetivos y medios, la situación de trabajo implica un sistema con sus propias condiciones y recursos. La actividad del profesor está entonces influenciada por la situación de enseñanza y produce efectos sobre ella, en particular sobre la actividad de los estudiantes y sus adquisiciones; y sobre el profesor, cognitiva y afectivamente; presentando así una doble regulación (Rogalski, 2003).

De ahí que se haya optado por tener en cuenta los objetivos del profesor y las condiciones en las que desarrolla el curso; los profesores siguen las directivas de la institución y también responden a las exigencias del ejercicio profesional. Si bien la práctica del profesor es eminentemente personal, reconocer la diversidad de prácticas permite identificar el margen de maniobra de un profesor, en medio de las condiciones de la práctica, es por esto que se analizaron las prácticas de los maestros con el ánimo de caracterizarlas y poder explicitar esta diversidad sin hacer inferencias sobre su efectividad (los estudiantes no se analizan en esta investigación).

El objeto de estudio son dos grupos profesionales: profesores universitarios de física una Universidad en Francia y otra en Colombia, que pueden ser considerados en este marco teórico como una sub – cultura que se caracteriza por unas ciertas formas de pensar y actuar que les son propias y existen en el marco de unos sistemas de normas y valores ligados a su práctica profesional (Cattonar, 2001 en de Hosson et al, 2015). Estas formas de pensar y actuar constituyen una construcción en la que el profesor involucra su subjetividad (representaciones, motivaciones e intereses), en ese sentido involucra las necesidades y deseos del individuo y los valores y necesidades de los grupos con los que se relaciona (Dubar, 1996 en de Hosson et al, 2015).

La teoría de la actividad propone entonces de un lado, tener en cuenta los códigos propios de la profesión, en este sentido, esta investigación busca encontrar, a través de un análisis de la práctica efectiva, lo que el profesor juzga como correcto en el ejercicio de su profesión; y de otro lado, los valores de la profesión, en este sentido, buscando inferir, a través de un análisis de la práctica efectiva, lo que el profesor valoriza en su práctica. En esta línea, McKimm (2008) habla en específico de las clases magistrales diciendo que es difícil para los profesores conciliar lo que para la institución es un buen trabajo, con los criterios de calidad externos, la satisfacción propia y de los estudiantes. Un punto importante para esta investigación es que la modalidad esencial de la acción del profesor en los estudiantes, en una temporalidad corta (sesión de clase o episodio de la sesión de clase) es la de la comunicación oral (Rogalski, 2003), entre otras razones, por esto se centra el análisis en las clases magistrales.

1.2 Aportes del doble acercamiento

La DA propone un enfoque a la vez ergonómico y didáctico (Robert y Rogalski, 2002) que busca acercarse al trabajo del profesor, abordando su complejidad, en este enfoque se considera que el trabajo del profesor implica varios momentos que se desarrollan en torno a la clase y durante la clase (p. 8). El término competencia profesional se usa en este contexto para hablar de lo que permite a un profesional responder a las tareas esperadas en su trabajo, el proyecto de didáctica profesional es dar cuenta de la manera como se constituye inicialmente una competencia profesional y cómo evolucionan esas competencias a lo largo de la vida profesional, aunque la manera como estos análisis pueden derivar en formaciones, no ha sido desarrollada, encontrar las regularidades y los determinantes de la práctica, en tensión o no con la actividad y, el aprendizaje del estudiante permite encontrar puntos críticos para la formación profesional (Rogalski, 2004).

En este contexto se considera la actividad del profesor como un caso específico de gestión de un ambiente dinámico, el profesor interviene sobre las relaciones entre los estudiantes y un contenido, que evolucionan con el tiempo, no solamente en función de las actividades de enseñanza, sino también por la dinámica propia del proceso de adquisición del estudiante (Rogalski, 2003). En el marco del desarrollo de su clase, pueden suponerse varios objetivos de enseñanza, que son interdependientes, de un

lado lo que refiere a la actividad en clase, la clase debe desarrollarse, de otro lado, los estudiantes deben pasar el curso y además, aprender⁷ (Robert y Rogalski, 2005). De allí que, en el marco de la DA, el profesor se considera como un profesional que trabaja circunscrito a un contexto que trae consigo condiciones institucionales (programa, horarios, etc) y sociales (hábitos, expectativas, comunidad, etc); sin embargo, el trabajo del profesor en la DA se entiende también como lleno de elecciones (elección y organización de contenidos, estrategias, etc) y de improvisaciones, ya que hay diferencias entre lo que se piensa de la práctica y la práctica efectiva (Robert y Rogalski, 2002).

Como se puede ver, la DA es un marco teórico que ha sido usado para analizar las prácticas de profesores (inicialmente de matemáticas, pero recientemente también de ciencias⁸) desde una perspectiva didáctica, colocando un especial acento en las relaciones existentes entre la enseñanza de un contenido y su aprendizaje, o, dicho de otra manera, con el objetivo de comprender mejor la intervención del profesor, en el aprendizaje de los estudiantes. Como ya se dijo, la DA se inscribe en la teoría de la actividad, la traduce para el caso concreto del aprendizaje de las matemáticas (principalmente), en este sentido, la DA se ha centrado tradicionalmente en los contenidos abordados en el programa (en la escuela, aunque recientemente se han desarrollado investigaciones en educación superior⁹) y las actividades que desarrollan los estudiantes (propuestas por el profesor), para alcanzarlos. En su proceso de desarrollo, la DA ha propuesto estrategias metodológicas para el análisis de videos y grabaciones de clase en general (Lattuati, Penninckx y Robert, 2012).

En esta investigación se usa la DA porque justamente, provee un método para poder analizar en complejidad, las prácticas efectivas por medio de grabaciones (Rogalski, 2004), aprovechando, entre otros que cada vez más aumenta su aplicación en educación superior y en ciencias y que, al igual que en la DA, en esta investigación se busca decodificar el trabajo de los profesores en clase y por la clase (Robert, 2003),

7 La teoría de situaciones didácticas (Brousseau, 1980), introdujo la noción de contrato didáctico, como el conjunto de comportamientos del profesor que el estudiante espera y el conjunto de comportamientos del estudiante que son esperados por el profesor (p.127), en el marco de investigaciones conducidas bajo este marco teórico se han conducido investigaciones que han encontrado que, por ejemplo, los estudiantes pueden aprender sin aprobar el curso (Robert, 2007).

8 Kermen y Barroso (2014)

9 Duguet y Morlaix (2012)

con las particularidades que tienen los cursos magistrales, como ya se expuso. De hecho, Robert (2007) plantea que la DA ha dado lugar a tres tipos de trabajos de investigación:

- Las que buscan comprender las actividades de los estudiantes en clase, teniendo en cuenta las actividades que las provocan (hechas por el profesor).
- Las que buscan comprender las actividades del profesor y las razones que las justifican, teniendo en cuenta las actividades de los estudiantes y, también, el oficio del profesor y sus características
- Las que trabajan en el desarrollo de las prácticas de los profesores, en términos de enriquecimiento mutuo entre formador y profesor.

Esta investigación se ubica en una combinación entre el segundo y tercer tipo, ya que busca comprender la actividad del profesor en un curso magistral (en el que la actividad del estudiante es muy limitada) bajo la hipótesis de que esta comprensión va a permitir, a futuro, proponer acciones suficientemente adaptadas para poder enriquecer las prácticas de los profesores. Robert y Vandebrouck (2014), presentan, en lo concerniente al desarrollo de prácticas docentes, un modelo que inspirado en la zona de desarrollo proximal, adopta la hipótesis de que formar las prácticas implica partir de las prácticas. En el marco de la DA, las prácticas no se analizan solamente desde el punto de vista de los resultados de aprendizaje de los estudiantes, sino que propone 5 componentes que interactúan entre sí (Robert y Vandebrouck, 2014):

- Cognitiva: se deduce de las elecciones de contenido
- Mediativa: se deduce en las clases, por medio de las elecciones del profesor, en el marco del desarrollo de la clase.
- Personal: asociada a los conocimientos, las experiencias y las representaciones de la disciplina, su enseñanza y su aprendizaje.
- Institucional: caracterizada por las condiciones de la institución (programas, horarios, etc)
- Social: caracterizada por la composición de las clases y las expectativas de la comunidad en lo que respecta al proceso de formación.

La acción del profesor tiene dos dimensiones fundamentales: una dimensión “cognitiva” que se orienta hacia la acción didáctica en función de las relaciones “tarea/ actividad del estudiante/ adquisiciones” y una componente “mediativa” de acción

directa sobre el estudiante, por medio de las ayudas aportadas en el curso a la realización de la tarea y por la identificación del saber puesto en juego para constituir los puntos de referencia para el estudiante (institucionalización) (Rogalski, 2012). Las componentes cognitiva y mediativa buscan caracterizar las actividades efectivas que el profesor suscita en los estudiantes, la componente cognitiva se encuentra estudiando las tareas previstas para los estudiantes y los contenidos que ellas ponen en juego, la componente mediativa engloba las elecciones de organización del trabajo de los estudiantes en la clase (Kermen y Colin, 2014). Además, la DA propone tres niveles de organización en el análisis de las prácticas de los profesores (Robert y Rogalski, 2002):

- Nivel micro: consiste en estudiar lo que es automático o no está preparado previamente.
- Nivel local: en este nivel se concentran las preparaciones y las improvisaciones que suceden en la clase.
- Nivel macro: en este nivel están los conocimientos y la organización de su enseñanza.

En estos diferentes niveles, la DA promueve hacer varios análisis de un mismo profesor o de varios, en la búsqueda de regularidades que permiten encontrar de una cierta lógica de acción y de organización, en la práctica de cada profesor, de hecho, las investigaciones de Robert (2001, 2007) han mostrado que si las condiciones de enseñanza no varían mucho, la estabilidad de las prácticas tiende a la componente mediativa (que junto con la cognitiva corresponden a las elecciones del profesor) que se traduce en la gestión del profesor en clase, es decir, lo que se estabiliza en un profesor luego de años de ejercicio profesional son sus elecciones en la gestión. Por supuesto, estas regularidades constituyen inferencias e hipótesis ya que parten del análisis que hace el investigador sobre la práctica del profesor (Robert, 2003). La realidad misma del trabajo del profesor permite que puedan existir contradicciones entre lo que se espera de él como profesional y las exigencias de aprendizaje (vistas estrictamente desde el punto de vista didáctico) (Robert, 2003). De ahí que comprender las prácticas reales de los profesores vuelva a ponerse como un elemento necesario para las acciones de formación posteriores.

Como se ha esbozado, analizar las prácticas de los profesores Universitarios desde la DA permite entender la práctica de cada profesor individualmente, desde su

complejidad y teniendo en cuenta las particularidades de su oficio, el paso de la observación de clase (local) a un escenario global (componentes) implica un trabajo de extrapolación e interpretación del investigador que no es inmediato. El investigador, al mismo tiempo, debe lograr dividir la realidad compleja de la clase en trozos analizables y por ende, elegir variables que pueden ser locales o globales, o las dos al mismo tiempo. Esto trae consigo la limitación de que, al ser una metodología que implica un análisis profundo de cada profesor, su paso a un proceso de investigación cuantitativa, que permita establecer comparaciones o generalizar las inferencias, es problemático.

1.3 Sobre Vygotsky y el aprendizaje

Muchas investigaciones sobre la actividad de profesores y estudiantes en el aula, desde una perspectiva didáctica, han hecho uso de los conceptos vygotskianos (Moll, 1989). De hecho, Vygotsky concedió un papel importante a la educación formal en su teoría (Vygotski, 1987), justamente, es en ese contexto que se desarrolla el concepto de “zona de desarrollo próximo” (Vygotski, 1978). Según Minick (1985) este concepto gira, inicialmente, entorno a que los diferentes niveles de desarrollo de los niños no pueden ser evaluados con tareas que realicen solos ya que en ese estado no podrán apreciar las respuestas del niño a la ayuda de otras personas más capaces (adultos, compañeros, profesores). Esto trae otra idea asociada, la de que lo que un niño puede hacer con ayuda de otros en un momento, lo podrá hacer independientemente en un momento posterior, esto significa que la ejecución de la tarea vendría antes o al menos sería parte del desarrollo de la competencia.

Vygotsky (1987) diferencia entonces entre el nivel de desarrollo actual y el nivel de desarrollo próximo, en ese sentido la zona de desarrollo próximo constituye “la distancia entre el nivel de desarrollo real, medido por la resolución de una tarea independientemente y el nivel de desarrollo potencial, medido por la resolución de la tarea bajo la dirección de un adulto o en colaboración con niños más capaces” (p.86). Hay aspectos de la teoría de Vygotsky que ayudan a comprender o situar mejor el concepto de ZDP, entre estos el que Vygotsky propone un estudio dialéctico de las actividades, por medio de unidades que guardaban características complejas (Valsiner, 1988). En este sentido, el concepto de ZDP no busca que los aprendizajes se dividan en destrezas puntuales o básicas. Además, dado que el aprendizaje se da

en la interacción entre dos personas, los procesos de mediación (que implica el diseño instruccional) ocupan un rol fundamental, es en esa mediación que el profesor puede situarse en la zona de desarrollo próximo (Werstsch, 1984).

Al adoptar este concepto de zona de desarrollo próximo (en adelante ZDP) en esta investigación se considera que la instrucción, para que sea efectiva debe ser prospectiva, es decir, situarse en la ZDP. La ZDP tal como Vygotsky la describió, se ha usado para analizar aspectos específicos de la práctica de enseñanza y aprendizaje (Moll, 1989), estas investigaciones y en general una práctica pedagógica orientada por este concepto, debe tener en cuenta, según Moll (1989):

1. Determinar el nivel próximo al que podría llegar el estudiante, con ayuda de otra persona. Esto supone unos retos que en el marco de esta investigación se solucionan con base en un análisis de contenido de las tres leyes de Newton y del discurso del profesor.
2. Analizar la ayuda ofrecida al aprendiz para poder realizar inferencias sobre su potencial para hacer llegar al aprendiz al próximo nivel de aprendizaje (el esperado).

1.4 Las proximidades en acto

De lo presentado en los referentes teóricos frente a la DA, se desprenden aspectos que, teniendo influencia en el proceso de aprendizaje, pueden permitir describir el curso magistral. De manera general, para esta investigación, se considera que:

- En lo referente a la componente cognitiva de la DA, es importante analizar el contenido en el curso, de qué manera éste se organiza y en qué medida la información contenida y el orden en el que se presenta, podrían permitir un cierto acercamiento del estudiante al saber involucrado.
- En lo referente a la componente mediativa propuesta por la DA, que como se dijo anteriormente, es la que se mantiene estable producto de la experiencia, se busca analizar cuál es la naturaleza del discurso sobre el contenido que hace el profesor y de qué manera ese discurso permite un acercamiento del estudiante al contenido, dicho de otra manera, en qué medida el discurso del profesor podría permitir que el estudiante haga relaciones entre lo que se le presenta (global) y lo que ya sabe o va a aplicar (ejemplos, ejercicios, etc)

Del análisis de estas dos componentes, se pueden también deducir aspectos que podrían situarse, por ejemplo, en la componente personal o en la componente institucional. Ahora bien, en particular para analizar la componente mediativa, se usa la noción de proximidad en acto (Robert y Vanderbrouck, 2014), esta noción se introduce para dar cuenta del carácter recurrente de las elecciones de los profesores (inscritas en la coherencia global de su práctica), dado que el centro de la investigación es el desarrollo de la clase, con sus improvisaciones, se escoge analizar de qué manera el profesor “hala” la conceptualización del estudiante hacia los conceptos deseados. Una hipótesis subyacente es que la transformación conceptual está condicionada por el hecho que las tareas para el estudiante se sitúen en su ZPD, es decir, en el espectro de tareas que el estudiante no puede hacer con éxito solo, pero si, en el marco de un trabajo apoyado por un otro (Rogalski, 2012).

Partiendo de las teorías de Vygotsky, como se vio anteriormente, es posible suponer esquemáticamente que a partir del momento en el que el estudiante entra en una verdadera reflexión que no habría podido hacer solo, va a beneficiarse de las intervenciones del profesor (si éste logra que su discurso se ubique en la ZPD del estudiante). Se admite entonces la hipótesis de la complejidad de las prácticas que pone en juego un profesor, de ahí la importancia del estudio de lo que pasa en clase para acceder a esta complejidad y la necesidad de inscribir las elecciones “locales” de los profesores, que quedan en evidencia dentro de una coherencia individual; esto da sentido al estudio de las proximidades en acto, que intervienen en las elecciones locales de los profesores y se inscriben en la coherencia global de las prácticas estudiadas, influyendo su recurrencia (Robert y Vandebrouck, 2014).

Se introduce la idea de proximidades en acto para etiquetar lo que interpretamos como una tentativa de acercarse al estudiante -de mantenerlo en una situación de trabajo- que se evidencian durante el desarrollo de la clase, un acercamiento sin duda deseado por el profesor, pero más o menos explícitamente y con mayor o menor probabilidad de éxito (en las proximidades en acto incluimos las no proximidades que guardan la misma intención de acercarse al estudiante) (Ibid).

Ahora bien, continuando con la teoría de Vygotsky, cuando el profesor logra actuar sobre la ZPD del estudiante, va a permitirles a los conceptos que se han vuelto familiares transformarse e integrarse en un campo conceptual más elaborado. Los momentos de exposición o clases magistrales, pueden constituir un espacio en el que

un concepto (para el profesor y que es aún pseudo concepto para el estudiante), se trabaja para que sea un concepto para el estudiante. Este paso de pseudo concepto a concepto es posible gracias a la ayuda del profesor y concretamente, a sus palabras, que pueden ayudar a familiarizarse con una expresión o una cierta manera de hacer, lo que hace del curso una fuente de construcción de conceptos a partir de palabras e ideas trabajadas (Robert y Abboud-Blanchard, 2015).

Para pensar en las proximidades en acto en el terreno de las ciencias naturales, es útil pensar en cómo se pasa de ideas ingenuas a conceptos científicos en el transcurso de la formación. Para esto, la didáctica de las ciencias ha recurrido a la psicología (Duit y Treagust, 1999). Los estudiantes tienen conceptos e ideas previos al curso que se han venido formando en la escuela o fuera de ella, es por esto que un curso magistral podría ayudar una reestructuración fuerte en el sentido de Carey (1985), es decir, podría contribuir a generar un cambio en la forma de concebir los fenómenos (y de los conceptos que esto implica), al establecer conexiones entre lo que ellos piensan y las ideas de la ciencia.

Como lo presenta Pozo (1997) los estudiantes tienen conceptos, a menudo equivocados o incompletos, lo que es razonable porque la experiencia cotidiana si se observa desprevenidamente, contradice las leyes de la ciencia. En este sentido, los cursos magistrales pueden ayudar a generar un cambio en la manera como los estudiantes procesan los fenómenos científicos y por supuesto, un cambio en el contenido de esas representaciones. Las conexiones entre las ideas y actividades de los estudiantes y los conocimientos formales de la disciplina, en el caso de las ciencias naturales se traduce en la generación y transformación de representaciones ya que estas pueden ser implícitas o explícitas (Pozo, 1999). Es posible pensar que las ideas previas de los estudiantes que no corresponden a los conceptos científicos pueden interpretarse en el marco de sus *teorías implícitas*, es decir, como representaciones implícitas, basadas en reglas de carácter esencialmente asociativo e inductivo (Pozo, 1997); representaciones sobre el mundo que les permiten detectar sus regularidades, haciéndolo más predecible y controlable (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

El curso magistral permitiría a los estudiantes explicitar estas teorías implícitas al contrastarlas con las teorías explícitas de la ciencia, por medio de procesos explícitos, se podría decir que el curso magistral ayudaría a una explicitación progresiva de esas representaciones y procesos (Pozo y Gómez Crespo, 1998). Uno de los puntos

fundamentales de esas conexiones que se pueden establecer en clase de ciencias es que las teorías implícitas o ideas previas de los estudiantes generalmente no corresponden a los códigos de lenguaje usados por la ciencia, el curso magistral podría permitir a los estudiantes transcribir sus ideas al lenguaje científico y en ese sentido, formalizarlos (Duchsl, 1998; Ogborn, Kress, Martins y McGillicuddy, 1996).

Sabemos que las capacidades del estudiante no se desarrollan en un proceso genérico de desarrollo ni tampoco son particularmente diferentes en un estudiante que estudia física, de allí la resistencia de las concepciones iniciales de los estudiantes (Vosniadou, 1999 y Viennot, 1979 citados por Tiberghien, 2002). Sin embargo, es aceptado que la naturaleza específica del conocimiento, cambia en diversos dominios. En ciencias naturales, existe la corriente teórica que considera el proceso de adquisición de conocimientos científicos como un cambio conceptual, sin embargo, este término tiene diversas acepciones (Duit, 1999), ahora bien, para que este cambio se genere, las concepciones del estudiante deben parecerle incompletas o inútiles en un cierto contexto, además, la nueva concepción debe parecerle comprensible y plausible (Posner, et al, 1992).

Esta explicación tiene muchas críticas, de un lado, las que vienen de la naturaleza del conocimiento científico, ya que, el sentido dado a un concepto depende de las relaciones entre éste y otros conceptos en una teoría (Kuhn, 1983), en este sentido, la evolución de los conceptos se da en el marco de la evolución del concepto en sí mismo, pero también, de las relaciones entre diferentes conceptos que constituyen las explicaciones válidas en el marco de una teoría que les da sentido. De otro lado, los que vienen de la didáctica de las ciencias en la que se ha planteado que es erróneo pensar que el estudiante reemplaza un concepto por otro, ya que diversos esquemas explicativos pueden convivir en un estudiante y en algunos casos el concepto ingenuo permanece, constituyendo una concepción (Pozo, 1991). Las evoluciones de los conocimientos científicos pueden tomar varias formas, según Buty y Conuéjols (en Tiberghien, 2002):

- La adquisición de meta conocimientos
- La generalización
- La modelación
- El dominio de ciertas reglas semióticas
- La adquisición de estrategias para resolver problemas

En este sentido, es posible pensar que la vida cotidiana desarrolla en el niño una suerte de marco teórico ingenuo (teorías implícitas) que le permite explicar el mundo, con unas ciertas condicionantes (continuidad, inercia, etc) (Ibid). Esto puede sin embargo, o ser coherente, o estar fragmentado (diSessa, 1993). Estas teorías implícitas evolucionan por medio de diferentes mecanismos, como se dijo antes, por medio de conexiones y contrastaciones entre las ideas y actividades de los estudiantes y los conocimientos formales de la disciplina (Pozo, 1997). Estos procesos pueden incluir el enriquecimiento de lo que ya se sabe, la revisión de lo que se piensa o la revisión de una teoría implícita en conjunto, dicho de otro modo, el aprendizaje puede consistir en abandonar una concepción para adoptar una nueva, adoptar una nueva concepción de cero o adquirir una nueva forma de ver el mundo (que va a convivir con otras que ya se tenían) (Pozo, 1999).

En el discurso del profesor, es posible analizar si lo que dice y la forma en que lo dice, ayuda a construir eventos o significados comunes con los estudiantes, situándose en la ZDP y constituyendo proximidades en acto. Mercer (1987 en Tiberghien, 2002) propone, como estrategias de construcción de significados comunes: la explicitación o el parafraseo de las contribuciones de los estudiantes, remarcar conocimientos importantes y la transmisión directa. En este sentido, el curso magistral podría constituir oportunidades de establecer proximidades en acto, finalmente, entre otros, el curso magistral puede aportar a el desarrollo conceptual de los estudiantes, al desarrollo meta científico (dicho de otro modo, a la dimensión epistemológica de la comprensión científica de los estudiantes) y a lograr articular diferentes conceptos en teorías explícitas. Las proximidades en acto en las ciencias naturales podrían entenderse como los mecanismos de los profesores para la institucionalización de diversos conocimientos en ciencias, en este sentido, pueden ser de diferentes tipos:

1. Establecimiento de relaciones entre el conocimiento de sentido común o teorías implícitas y los conocimientos científicos socialmente compartidos, este tipo de proximidad en acto mostraría de qué manera lo contra intuitivo de varias explicaciones científicas es tenido en cuenta por los profesores en su discurso.
2. El trabajo de la dialéctica “mundo de objetos y de eventos / mundo de teorías y de modelos” del profesor. Este tipo de proximidad permitiría examinar cómo el profesor acompaña a los estudiantes en ese proceso de análisis de lo real, lo

que lleva a una dimensión importante de la física que es la modelación o matematización de la realidad.

3. Los saberes en científicos existen gracias a una historia., las proximidades en acto pueden ser también en la manera como los profesores hacen evidente este hecho, es decir, si los saberes que se presentan son problematizados.
4. El trabajo de volver los conocimientos de los estudiantes, aplicables, lo que puede ayudar a los estudiantes a aprender.
5. En el desarrollo la dialéctica entre el mundo de objetos y el mundo de teorías, puede haber proximidades que no son estrictamente disciplinares, de acuerdo con el sentido en el que van (ascendentes, descendentes u horizontales...) o con lo que ellas ponen a la vista (cuestionamiento, percepción concreta...) (Robert, 2015).

1.5 Un posicionamiento necesario frente al PCK

Existe una posible tensión entre un análisis que considera a los estudiantes como un genérico para el aprendizaje y un profesor que no puede adoptar automáticamente un proyecto de cambio en el cotidiano de su clase, es esto lo que justifica tener en cuenta el estricto punto de vista del profesor en la investigación (Robert, 2001), y, además, considerar las prácticas como complejas y dinámicas. Esto implica que las prácticas no son reductibles a unidades separadas (conocimientos, creencias...) porque estas unidades están en relación y ocurren de manera simultánea, constituyendo la práctica. Esta tesis tiene un posicionamiento teórico que la distingue de otras investigaciones hechas sobre la práctica de los maestros, desde otras posturas; las posturas teóricas que adopta esta investigación son didácticas en el sentido más estricto y además, no considera a los sujetos participantes en su rol genérico, ni si se quiere epistémico y en ese sentido, los sujetos no son equivalentes (Vandebrouck, y Vergnaud, 2008).

La DA propone estudiar, entre otros, la práctica efectiva del maestro, es decir, lo que se hace o no, se dice o no, interesándose menos en los conocimientos que en su puesta en funcionamiento. Es en este contexto que se considera importante analizar las diferencias entre el marco de referencia escogido y el de PCK (conocimiento didáctico del contenido por sus siglas en inglés) que es una postura teórica que predomina en el panorama actual de investigación. El PCK es un concepto propuesto inicialmente por Lee S. Shulman en 1986. Parte del estudio del pensamiento del

profesor sobre el contenido del tema objeto de estudio y su interacción con la didáctica” (Berry, Loughran y Van Driel, 2008; Garritz, 2006; Garritz y Trinidad-Velasco, 2004, citados por Acevedo, 2009). Esto llevó a elaborar una tipología de los conocimientos profesionales de los profesores (Shulman, 1986a, 1986b, 1987) que se resume como sigue:

- Conocimiento del contenido disciplinar (Content Knowledge or Subject Matter Knowledge, SMK)
- Conocimiento curricular (Curricular Knowledge)
- Conocimiento pedagógico del contenido (Pedagogical Content Knowledge, PCK)
- Conocimiento pedagógico general (general pedagogical knowledge)
- Conocimiento sobre los estudiantes y sus características
- Conocimientos sobre el contexto de la institución y de la clase
- Conocimiento sobre los objetivos y valores de la educación

El PCK se ha definido como una amalgama particular de contenido y pedagogía que es propio del profesor, en el que el profesor combina su comprensión sobre un tema con las estrategias de enseñanza propicias (Shulman, 1987). El PCK se define también como la capacidad del profesor para transformar su conocimiento del contenido en formas pedagógicamente poderosas y adaptadas a las variaciones de capacidad de trabajo de los estudiantes (Ibid). El PCK empezó a utilizarse como marco teórico en la formación del profesorado de ciencias en EE.UU. poco tiempo después de su formulación inicial y actualmente, casi un cuarto de siglo después, se continúa considerando muy útil en la investigación del desarrollo profesional docente. Acevedo, J (2009) elabora una recopilación no exhaustiva, que sin embargo permite hacerse a un panorama de los trabajos que se han hecho, basados en PCK, en las últimas dos décadas, cita 117 trabajos que abordan aspectos diversos del PCK en sí mismo como modelo teórico para la investigación sobre la formación del profesorado de ciencias, la aplicación del PCK en la enseñanza de temas de ciencias habituales en el currículo escolar y el uso del PCK en la enseñanza de temas de los currículos de ciencias reformados.

Una primera diferencia es que el PCK no se ha usado para analizar la actividad de clase, como lo enfatizan Cross y Grangeat (2014), los conocimientos profesionales de

los profesores en este contexto, casi siempre son estudiados por medio de cuestionarios y entrevistas, en efecto, el modelo de PCK se centra en las características de los profesores y no en su actividad de clase, de hecho, la cada vez mayor inclusión de videos de clase en este tipo de investigaciones presenta un problema epistemológico y metodológico que es el de la identificación de conocimientos y su movilización en la clase. Abell, (2008) se pregunta si el PCK sigue siendo una idea útil, veinte años después de su creación, asegura que los investigadores han encontrado que el PCK es dinámico y que se desarrolla en parte en la acción, partiendo de esto y de que el PCK no es sólo una serie de conocimientos organizados en categorías, sino que también se trata de la calidad de esos conocimientos y la forma en que se ponen en acción, se pregunta ¿Cómo pueden los investigadores pasar de cuantificar el PCK para entender la calidad del PCK? Y dice que esta es una pregunta importante que sigue sin respuesta. Esto nos permite ver cómo los dos enfoques, PCK y DA, son diferentes en cuanto a sus intereses y preguntas.

A pesar de las afirmaciones de Abell (2008), en esta dirección han empezado a haber trabajos, un ejemplo es el trabajo de Van Driel et al (2001) que empieza a hablar de conocimiento práctico de los profesores, usando como marco de referencia el PCK, si bien afirma que este conocimiento se construye por los profesores en el contexto de su trabajo, plantea que los profesores no tienden a arriesgarse a cambiar su propia práctica, que tiene sus raíces en el conocimiento práctico acumulado a lo largo de sus carreras. Si bien esta postura guarda similitudes con lo que hemos planteado en el marco de la DA, en la DA se estudia la práctica teniendo en cuenta la dimensión cognitiva pero también otras, lo que evidencia de nuevo, dos enfoques diferentes acerca de la comprensión de la práctica. Una última diferencia es la que deriva de estudios como los de Kind (2009) que aseguran que los profesores novatos no "nacen" con PCK, sino que adquieren un banco de habilidades y nuevos conocimientos para convertirse en profesores de ciencias profesionales. Esto sugiere que el PCK en efecto es un conocimiento que se aprende y desarrolla, al contrario, la práctica del maestro existe desde el momento en que la ejecuta por primera vez aún cuando se estabiliza con la experiencia.

Esta diferenciación con la propuesta de PCK no tiene en ningún aspecto un carácter evaluador, no es posible decir que no sea un marco teórico poderoso para estudiar el

proceso de enseñanza – aprendizaje, lo que si se quiere mostrar son los aspectos en los que esta investigación es diferente ya que se ocupa de una problemática diferente que la que da nacimiento y sentido al PCK. Dado que usar la DA y principalmente la noción de proximidades en acto, implica conocer la disciplina y el proceso de aprendizaje que tienen los estudiantes dentro de ella, un primer acercamiento al contenido disciplinar de los cursos y su análisis fue estudiar los contenidos disciplinares, relativos a las tres leyes de Newton, que es posible pensar, los estudiantes tuvieron antes de llegar a los cursos de física que se analizan en la investigación.

Capítulo 2: Perfil Conceptual del estudiante al ingresar a la formación universitaria

Cuando los estudiantes llegan al primer año universitario de física, ya han abordado contenidos ligados a la dinámica, estos contenidos permiten construir el perfil conceptual “esperado” que tienen cuando ingresan al curso magistral, es decir, los conocimientos que constituyen la base para el aprendizaje dentro de los cursos que son objeto de esta investigación. Para determinar estos contenidos se parte de los currículos de ciencias planteados por los ministerios de educación de Francia y Colombia, con la limitación que se mostró en el capítulo 1, Colombia no cuenta con un currículo propiamente dicho sino lineamientos curriculares que pueden ser adoptados o no por las escuelas, en el marco de la Ley 115 (ver página 5).

2.1 Progresión conceptual del concepto de dinámica en Francia

Los grados dentro de la educación básica en Francia donde se identifican con claridad las tres leyes de Newton o contenidos relacionados son los programas “troisième”, “seconde”, “première” y “terminal” como sigue

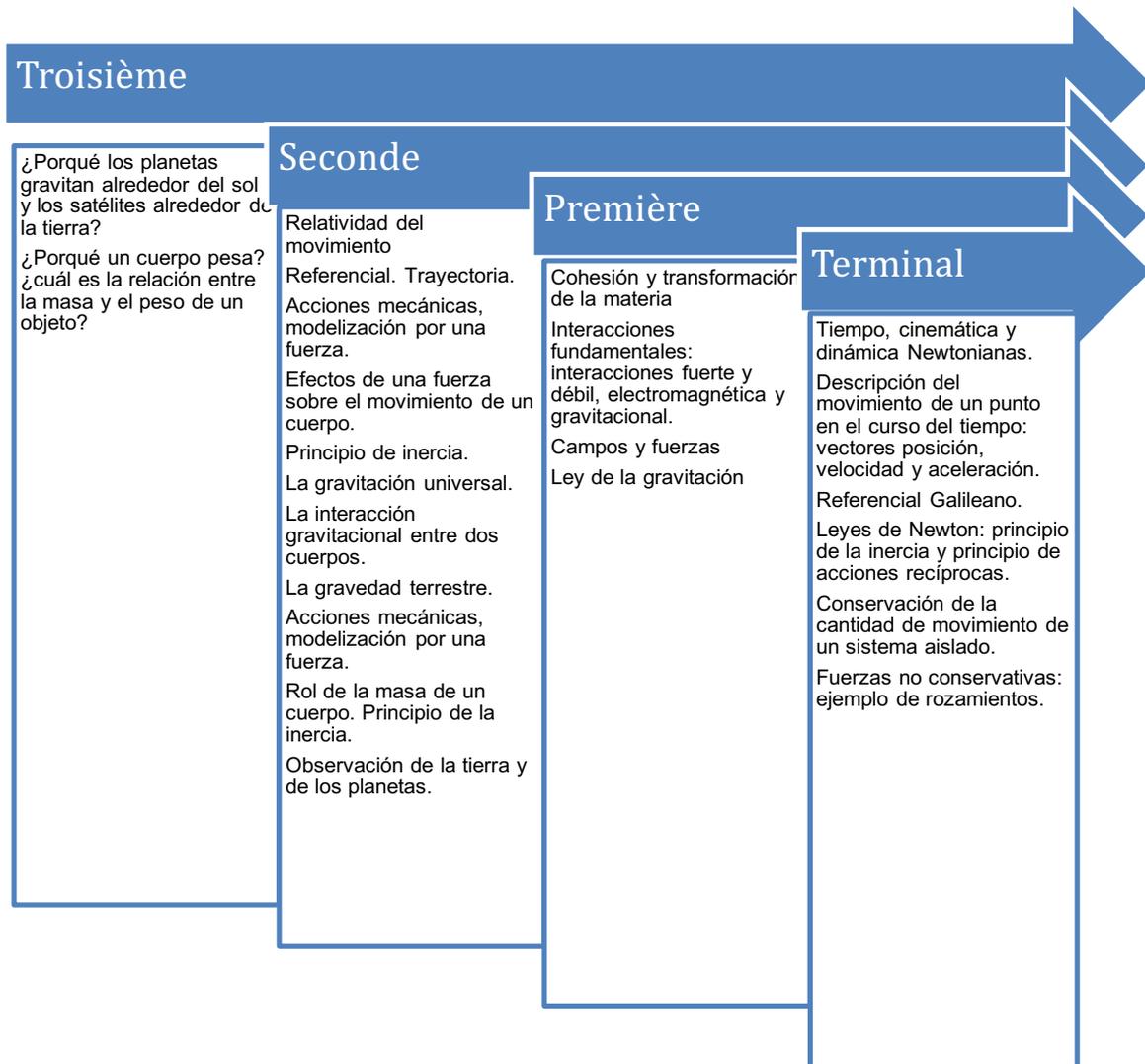


Figura 1. Progresión conceptual del concepto de dinámica en Francia

2.1.1 Programa de “troisième”

Troisième corresponde al grado octavo en Colombia, es decir al noveno año de formación en la escuela, en el programa de “troisième”, los estudiantes abordan la gravedad, el documento lo presenta como sigue: «Après une présentation du système solaire, l’enseignant introduit progressivement la gravitation comme une action attractive à distance entre deux objets ayant une masse puis comme une interaction

qui dépend de la distance entre les deux objets »¹⁰. Esto permite a los estudiantes reflexionar sobre las fuerzas a distancia aun cuando en este momento, no han abordado el concepto de fuerza. En la tabla 2 se presentan las nociones y los conocimientos previstos en este programa.

Tabla 2. Nociones y conocimientos previstos en “troisième”

| NOCIONES | CONOCIMIENTOS |
|---|--|
| ¿Porqué los planetas gravitan alrededor del sol y los satélites alrededor de la tierra? | Presentación sucinta del sistema solar. Acción atractiva a distancia ejercida por: <ul style="list-style-type: none"> • El sol sobre cada planeta • Un planeta sobre un objeto cercano a él. • Un objeto sobre otro debido a su masa La gravitación es una interacción atractiva entre dos objetos que tienen masa, depende de su distancia. <i>La gravedad gobierna todo el universo (sistema solar, estrellas y galaxias).</i> |
| ¿Porqué un cuerpo pesa? ¿cuál es la relación entre la masa y el peso de un objeto? | Acción a distancia ejercida por la tierra sobre un objeto situado en su entorno: peso de un cuerpo. El peso “P” y la masa “m” de un objeto son magnitudes de diferente naturaleza; son proporcionales. La unidad del peso es el Newton (N). La relación de proporcionalidad se traduce por $P=mg$ |

De acuerdo con estos conocimientos es posible pensar que los estudiantes comprenden que la masa y el peso de un objeto son diferentes y que existen fuerzas a distancia en el universo.

2.1.2 Programa de “seconde”

El programa de seconde corresponde al grado noveno en Colombia, es decir al décimo año de formación en la escuela. En el programa de “seconde”, en el contexto de la práctica del deporte, se plantea: « *L'étude du mouvement : l'observation, l'analyse de mouvements et le chronométrage constituent une aide à l'activité sportive. Des lois de la physique permettent d'appréhender la nature des mouvements effectués dans ce cadre* »¹¹. En la tabla 3 se presentan las nociones y los conocimientos previstos en este programa.

¹⁰ Después de una presentación del sistema solar, el profesor introduce progresivamente la gravedad como una acción atractiva a distancia entre dos objetos que tienen masa, como una interacción que depende de la distancia entre dos objetos.

¹¹ Estudio del movimiento: la observación, el análisis de movimientos y el cronometraje constituyen una ayuda en la actividad deportiva. Las leyes de la física permiten comprender la naturaleza de los movimientos efectuados en ese contexto.

Tabla 3. Nociones y conocimientos previstos en “seconde” 1

| NOCIONES Y CONTENIDOS | COMPETENCIAS ESPERADAS |
|---|---|
| Relatividad del movimiento Referencial. Trayectoria. Acciones mecánicas, modelización por una fuerza. Efectos de una fuerza sobre el movimiento de un cuerpo: modificación de la velocidad, modificación de la trayectoria. Rol de la masa del cuerpo. Principio de inercia. | Comprender que la naturaleza del movimiento observado depende del referencial escogido. Realizar y explotar videograbaciones para analizar los movimientos. Saber que una fuerza ejercida sobre un cuerpo modifica el valor de su velocidad y/o la dirección de su movimiento y que esta modificación depende de la masa del cuerpo. Utilizar el principio de la inercia para interpretar movimientos simples en términos de fuerzas. |

En ese momento los estudiantes tienen contacto directo con las leyes de Newton y necesariamente con la noción de fuerza. En el mismo programa se plantea: « *Le système solaire : l'attraction universelle (la gravitation universelle) assure la cohésion du système solaire* »¹² En la tabla 4 se presentan las nociones, los contenidos y las competencias esperadas en esta parte del programa.

Tabla 4. Nociones y conocimientos previstos en “seconde” 2

| NOCIONES Y CONTENIDOS | COMPETENCIAS ESPERADAS |
|---|--|
| Relatividad del movimiento Referencial. Trayectoria. La gravitación universal. La interacción gravitacional entre dos cuerpos. La gravedad terrestre. Acciones mecánicas, modelización por una fuerza. Efectos de una fuerza en el movimiento de un cuerpo: modificación de la velocidad, modificación de la trayectoria. Rol de la masa de un cuerpo. Principio de la inercia. Observación de la tierra y de los planetas. | Comprender que la naturaleza del movimiento observado depende del referencial escogido. Calcular la fuerza de atracción gravitacional que se ejerce entre dos cuerpos con masa distribuida esféricamente. Saber que la gravedad terrestre resulta de la atracción terrestre. Comparar el peso de un cuerpo en la Tierra y en la luna. Saber que una fuerza que se ejerce sobre un cuerpo, modifica el valor de su velocidad y/o la dirección de su movimiento y que esta modificación depende de la masa del cuerpo. Utilizar el principio de la inercia para interpretar los movimientos simples en términos de fuerzas. Analizar documentos científicos que hablan sobre la observación del sistema solar. |

Se puede suponer que los estudiantes en este momento tienen conocimiento sobre los conceptos de referencial y fuerza, aplicados al principio de la inercia.

¹² El sistema solar: la atracción universal (la gravitación universal) asegura la cohesión del sistema solar.

2.1.3 Programa de “première”

El programa de première corresponde al grado décimo en Colombia, es decir al onceavo año de formación en la escuela. En el programa de “première” plantea: « *Quelles sont les causes physiques à l'œuvre dans l'Univers ? Quelles interactions expliquent à la fois les stabilités et les évolutions physiques et chimiques de la matière ? Quels modèles utilise-t-on pour les décrire ? Quelles énergies leur sont associées ?* »¹³. En la tabla 5 se presentan las nociones y los conocimientos previstos en este programa.

Tabla 5. Nociones y conocimientos previstos en “première”

| NOCIONES Y CONTENIDOS | COMPETENCIAS ESPERADAS |
|--|--|
| Cohesión y transformación de la materia | |
| Interacciones fundamentales: interacciones fuerte y débil, electromagnética y gravitacional. | Asociar a cada edificio escogido la o las interacciones fundamentales predominantes. |
| Campos y fuerzas | |
| Ley de la gravitación | |

En ese momento los estudiantes vuelven sobre la noción de gravedad que probablemente les permite entender las fuerzas como interacciones de contacto o a distancia y, además, en este grado, de la mano con lo anterior, se introduce la noción de campo.

2.1. 4 Programa de “terminal”

El programa de terminal corresponde al grado once en Colombia, es decir al doceavo año de formación en la escuela. En la tabla 6 se presentan las nociones y los conocimientos previstos en este programa.

Tabla 6. Nociones y conocimientos previstos en “terminal”

| NOCIONES Y CONTENIDOS | COMPETENCIAS ESPERADAS |
|--|--|
| Tiempo, cinemática y dinámica Newtonianas. Descripción del movimiento de un punto en el curso del tiempo: vectores posición, velocidad y aceleración. Referencial Galileano. | Escoger un referencial de estudio. Definir y reconocer movimientos (rectilíneo uniforme, rectilíneo uniformemente variado, circular uniforme, circular no uniforme) y dar, en cada caso, las características del vector aceleración. Definir la cantidad de movimiento de un punto material. |

¹³ ¿Cuáles son las causas físicas del funcionamiento del universo?, ¿qué interacciones explican a la vez la estabilidad y la evolución física y química de la materia?, ¿qué modelos utilizamos para describirlas?, ¿Qué energías le son asociadas?

| | |
|--|---|
| <p>Leyes de Newton: principio de la inercia y principio de acciones recíprocas. Conservación de la cantidad de movimiento de un sistema aislado. Fuerzas no conservativas: ejemplo de rozamientos.</p> | <p>Conocer y operar las tres leyes de Newton, usarlas para estudiar los movimientos en un campo de gravedad y electrostático uniformes. Poner en marcha un proceso experimental para estudiar un movimiento. Extraer y usar información sobre la influencia de fenómenos disipativos sobre la problemática de la medición del tiempo y la definición de la segunda.</p> |
|--|---|

En el programa de “terminal” es posible ver los elementos completos de la dinámica, desde el punto de vista de las tres leyes de Newton. Es posible notar que los estudiantes han pasado por ver las leyes de Newton como principios y de abordar el rol de la conservación de la cantidad de movimiento en ellas.

2.1.5 Programas previos L1 en francia

Finalmente, antes de abordar la dinámica, los estudiantes de L1 han pasado por otros puntos del programa que se presentan a continuación. En la tabla 7 se presentan las nociones y los conocimientos previstos en este programa, antes de iniciar a trabajar con la dinámica

Tabla 7. Descripción de apartes del programa de L1, previo a la dinámica

| CURSO | TD ASOCIADO |
|--|---|
| Introducción a la física; enfoque de pensamiento, ODG, leyes, fuerzas fundamentales. | Órdenes de magnitudes y dimensiones: la materia y la física. Las órdenes de magnitudes “del cotidiano”, análisis dimensional de base. |
| Cinemática; insistir en las representaciones gráficas introducidas por la noción de velocidad. | Velocidad; “de la tasa de crecimiento a la derivada” y representaciones gráficas, ejemplos, análisis de gráficas. |
| Vector velocidad; proyección del vector movimiento relativo. | Composición de velocidades a 1D en cartesianos y proyección. |
| Aceleración. | Aceleración, derivada segunda, representación gráfica, parábola de Newton: caída libre 2D, movimiento oscilatorio. |

2.2 Progresión conceptual del concepto de dinámica en Colombia

En Colombia la formación está orientada a partir de los Lineamientos Curriculares y los Estándares Básicos de Competencias, que son los documentos rectores desarrollados por el Ministerio de Educación Nacional, su progresión se establece en los estándares “Con el fin de permitir un desarrollo integrado y gradual a lo largo de los diversos niveles de la educación, los estándares se articulan en una secuencia de

complejidad creciente y se agrupan en conjuntos de grados” (MEN, 2004). Los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales incluyen una dimensión llamada entorno físico que está presente durante toda la formación con diferentes niveles de profundidad, según grupos de grados. Los grupos de grados que se encuentran en estos documentos se enmarcan dentro de la educación básica y media escolar son:

- Educación básica:

Primer grupo: Primero, segundo y tercero (Aproximadamente de los 6 a los 9 años).

Segundo grupo: Cuarto, quinto y sexto. (Aproximadamente de los 9 a los 12 años)

Tercer grupo: Séptimo, octavo y noveno. (Aproximadamente de los 12 a los 15 años)

- Educación media:

Cuarto grupo: Décimo y Once. (Aproximadamente de los 14 a los 17 años).

Estos grados desarrollan contenidos relativos a las tres leyes de Newton como sigue:



Figura 2. Progresión conceptual del concepto de dinámica en Colombia

2.2.1 Primer grupo (Primero, segundo y tercero)

En estos grados se realiza un acercamiento a los conceptos de fuerza, peso, movimiento y atracción desde el reconocimiento del entorno, no se hace una mención explícita y específica de los conceptos de dinámica, pero se relacionan las primeras nociones sobre el universo con fuerza y movimiento como se muestra en la tabla 8

Tabla 8. Nociones y conocimientos previstos para Primero, segundo y tercero

| Lineamientos | Estándares |
|---|---|
| Las fuerzas y sus efectos sobre los objetos: Las cosas que flotan en el agua y en el aire y las que no. Los globos inflados con hidrógeno o helio. El columpio, las ruedas y los balancines. Levantar y empujar objetos. El peso corporal y de otros objetos. | <ul style="list-style-type: none"> • Identifico tipos de movimiento en seres vivos y objetos, y las fuerzas que los producen. • Verifico las fuerzas a distancia generadas por imanes sobre diferentes objetos. |
| La tierra en el universo: Relaciones entre Tierra, Sol y Luna, y el día y la noche. Las estrellas y los planetas. Los vientos. | <ul style="list-style-type: none"> • Registro el movimiento del Sol, la Luna y las estrellas en el cielo, en un periodo de tiempo. |

2.2.2 Segundo grupo (Cuarto, quinto y sexto)

En este grupo de grados se abordan los conceptos que se relacionan con dinámica de forma más explícita y experimental, se buscan relaciones con la vida cotidiana para comprender las nociones de peso, fuerza de atracción, movimiento, fuerza de gravedad, aunque aún no existe matematización de dichos elementos. Se empieza a trabajar sobre los enunciados de las leyes como se muestra en la tabla 9

Tabla 9. Nociones y conocimientos previstos para Cuarto, Quinto y Sexto

| Lineamientos | Estándares |
|---|--|
| Las fuerzas y sus efectos sobre los objetos: Los vasos comunicantes. La prensa de Pascal. Las prensas neumáticas. Las llantas de los carros. Cómo vuelan los aviones. | <ul style="list-style-type: none"> • Establezco relaciones entre objetos que tienen masas iguales y volúmenes diferentes o viceversa y su posibilidad de flotar. • Comparo movimientos y desplazamientos de seres vivos y objetos. • Relaciono el estado de reposo o movimiento de un objeto con las fuerzas aplicadas sobre éste. • Describo fuerzas y torques en máquinas simples. |
| La tierra en el universo: El sol, los planetas, los satélites y los cometas. El sol y otras estrellas. Las galaxias. Los cúmulos de galaxias. Los viajes espaciales. El hombre en la luna. Las comunicaciones vía satélite. Los cohetes y las naves espaciales. | <ul style="list-style-type: none"> • Describo los principales elementos del sistema solar y establezco relaciones de tamaño, movimiento y posición. • Comparo el peso y la masa de un objeto en diferentes puntos del sistema solar. • Describo las características físicas de la Tierra y su atmósfera. • Relaciono el movimiento de traslación con los cambios climáticos. |

| | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Establezco relaciones entre mareas, corrientes marinas, movimiento de placas tectónicas, formas del paisaje y relieve, y las fuerzas que los generan. |
|--|---|

2.2.3 Tercer grupo (Séptimo, octavo y noveno)

En este grupo de grados, desde los fenómenos naturales y las acciones de la vida cotidiana se establecen los conceptos de rapidez, velocidad, aceleración, fuerza, gravitación y relaciones cuantitativas entre ellos, se empieza hacer referencia a sistemas como se muestra en la tabla 10

Tabla 10. Nociones y conocimientos previstos para Séptimo, Octavo y Noveno

| Lineamientos | Estándares |
|--|--|
| Las fuerzas y sus efectos sobre los objetos: Masa, volumen y densidad. El principio de Arquímedes: los barcos, los submarinos, los globos. Movimiento de los cuerpos en la tierra: los trenes, los aviones, los automóviles, las cosas que caen; conceptos de rapidez, velocidad, aceleración, fuerza y relaciones cuantitativas entre ellos. El concepto de trabajo físico y su relación con el de energía. | <ul style="list-style-type: none"> • Verifico la acción de fuerzas electrostáticas y magnéticas y explico su relación con la carga eléctrica. • Relaciono energía y movimiento. • Verifico relaciones entre distancia recorrida, velocidad y fuerza involucrada en diversos tipos de movimiento. • Comparo masa, peso y densidad de diferentes materiales mediante experimentos. |
| La Tierra en el universo: La teoría del Big Bang y otras teorías alternativas. La evolución de la materia y de las especies. Los métodos de exploración del universo. El sol y el sistema solar; relaciones entre el sol y los planetas (distancias, masas, gravitación...). Otras estrellas. Clasificación de las estrellas. Los agujeros negros. | <ul style="list-style-type: none"> • Explico el modelo planetario desde las fuerzas gravitacionales. • Relaciono masa, peso y densidad con la aceleración de la gravedad en distintos puntos del sistema solar. • Explico las consecuencias del movimiento de las placas tectónicas sobre la corteza de la Tierra. |

2.2.4 Cuarto grupo (Décimo y once)

En este grupo de grados, reconociendo un mayor nivel de complejidad, en donde no solo se expresan las leyes, los conceptos y sus relaciones, en estos grados se realiza modelización matemática sobre las relaciones cuantitativas entre masa, fuerza, aceleración, velocidad, tiempo, distancias recorridas y gravitación universal como se muestra en la tabla 11

Tabla 11. Nociones y conocimientos previstos para Décimo y Once

| Lineamientos | Estándares |
|--|--|
| Las fuerzas y sus efectos sobre los objetos: Relaciones cuantitativas entre masa, fuerza, aceleración, velocidad, tiempo y distancias recorridas (leyes de Newton), interpretadas desde el | <ul style="list-style-type: none"> • Modelo matemáticamente el movimiento de objetos cotidianos a partir de las fuerzas que actúan sobre ellos. • Establezco relaciones entre estabilidad y centro de masa de un objeto. |

| | |
|---|---|
| principio de la conservación de la energía y sus diversas formas de transformación. | <ul style="list-style-type: none"> • Establezco relaciones entre la conservación del momento lineal y el impulso en sistemas de objetos. |
| La tierra en el universo: Modelos cuantitativos acerca de la gravitación universal. El efecto Doppler como prueba de la expansión del universo. La expansión del universo y las teorías sobre su origen. La evolución de la energía en materia, de la materia en vida y el surgimiento de seres inteligentes: la delicada trama de la vida en el planeta. | <ul style="list-style-type: none"> • Relaciono masa, distancia y fuerza de atracción gravitacional entre objetos. • Establezco relaciones entre el modelo del campo gravitacional y la ley de gravitación universal. • Establezco relaciones entre fuerzas macroscópicas y fuerzas electrostáticas. • Establezco relaciones entre campo gravitacional y electrostático y entre campo eléctrico y magnético. |

2.3 Comparación progresión conceptual del concepto de dinámica en Francia y Colombia

Como se puede notar, antes de iniciar con el abordaje de la dinámica en la Universidad, los estudiantes han abordado su estudio, sin embargo, no lo han abordado de la misma manera, mientras en Colombia se trabaja a lo largo de toda la escolaridad, en Francia se concentra en 4 grados. La matematización en ambos casos es tardía, la fuerza se convierte en una magnitud vectorial solo hasta el final de la escolaridad, aunque se haya abordado mucho antes, esto implica que los cálculos vectoriales no están en el centro de los programas de secundaria.

El punto de la matematización es relevante ya que, puede generar dificultades, los estudiantes tienden a tener problemas en la construcción de relaciones entre conceptos y el uso del formalismo matemático que tienen asociado (Albe, Venturini y Lascours, 2001), es de destacar que ni en Colombia ni en Francia, los estudiantes abordan la dinámica desde la perspectiva de las ecuaciones diferenciales que la explican y sustentan, lo que es de esperarse que si hagan en el primer año Universitario. La habilidad matemática de los estudiantes puede estar asociada con su capacidad para lograr avanzar en el aprendizaje conceptual en un curso de física; es más, según Meltzer (2002) muchos estudios parecen mostrar que la habilidad matemática es un factor común relacionado con el rendimiento de los estudiantes en cursos de física universitarios ya que a menudo, los problemas son cuantificados o cuantificables.

Capítulo 3: Metodología

En los capítulos precedentes hemos situado qué y el porqué de esta investigación, es así como se mostró que la educación superior ha sido objeto de un número creciente de investigaciones educativas en el mundo (Gibbs y Coffey, 2004, Postareff et al. 2007), que han contribuido a explorar las prácticas efectivas de los profesores universitarios, así como las representaciones que de ellas tienen los profesores y los estudiantes (Annoot y Fave-Bonnet, 2004). Nuestro trabajo se inscribe en esta vía, como una contribución metodológica al análisis de las prácticas efectivas de profesores Universitarios de Física en un contexto ordinario de enseñanza: el curso magistral. Desde este punto de vista, el presente estudio se distingue de una buena parte de los trabajos actuales, que analizan las prácticas de los profesores Universitarios en contextos de innovación pedagógica o tecnológica (Poteaux, 2013). Partiendo de que las prácticas pedagógicas de los profesores Universitarios (en ciencias) y la manera como pueden ser analizadas, sigue siendo un tema poco explorado (Prosser, 2008), nuestra investigación, en tanto que heurística, buscó la contribuir a la creación de una metodología de análisis de cursos concebidos y desarrollados por profesores universitarios, con el objetivo de comprender la complejidad de las interacciones que en ellas se dan y las razones que las sustentan. Para mostrar la manera en la que esto se hizo, en este capítulo se exponen las preguntas e hipótesis de investigación, después de esto, se muestra la metodología de recolección de datos; una vez hecho esto, se continúa con la exposición sobre la construcción de las categorías de análisis y finalmente, se hablarán sobre las dos estrategias de análisis implementadas en el análisis.

3.1 Preguntas e hipótesis de investigación

Elegimos concentrarnos en el análisis de las prácticas pedagógicas efectivas de cuatro profesores universitarios de física, apoyados en la exploración de dos preguntas:

1. *¿Cómo los profesores organizan los contenidos involucrados en el curso con respecto al libro guía del programa?*

2. *¿Qué estrategias utilizan los profesores para lograr que los estudiantes accedan a la comprensión de los contenidos previstos en el curso?*

Estas preguntas y sus respuestas, permiten definir elementos descriptores de las prácticas, descriptores que son posibles gracias a que admitimos una hipótesis general, basados en las investigaciones que expusimos en el capítulo uno: *Un conocimiento preciso de las prácticas de los profesores permite el desarrollo de acompañamientos más apropiados para los profesores y aceptados por ellos*. Esto último supone que, para enriquecer las prácticas de enseñanza de los profesores, es necesario partir del conocimiento profundo de lo que hacen y de las razones que generan y sustentan sus acciones.

3.2 Metodología de recolección de datos

Esta es una investigación cualitativa (Hernández, Fernández y Baptista, 2006). esto implica que es una investigación en la que se distingue la realidad empírica (en este caso, las prácticas efectivas de los profesores universitarios), del conocimiento que de ésta se puede construir y que correspondería a la realidad epistémica (Sandoval, 2002), es decir, lo que se hizo en esta investigación es construir definiciones, comprensiones y análisis de la realidad del aula, que no puede ser abordada ni interpretada en su totalidad. Propuestas metodológicas de este estilo, tienen sus fundamentos en el interaccionismo simbólico y la fenomenología (p. 57). El interaccionismo simbólico le da un peso específico a los significados sociales que las personas asignan al fenómeno que observan.

Para entender la conducta de un individuo, debemos conocer cómo percibía la situación, los obstáculos a los que creía tener que enfrentarse, las alternativas que se le ofrecían; sólo podremos comprender los efectos del comportamiento comúnmente invocadas si las consideramos desde el punto de vista del actor (Becker, 1960, p. 60, en Sandoval, 2002, p. 58).

Esto es coherente con la teoría de esta investigación que sustenta que, para proponer acompañamientos a los profesores o transformaciones pedagógicas en las universidades, es necesario estudiar las prácticas efectivas de los maestros, desde el punto de vista del profesor (ver capítulo 2). Ahora bien, la fenomenología trata de describir los fenómenos o experiencias sin acudir a explicaciones causales (Holstein

y Gubrium, 1994). Esto implica ver y escuchar para poder describir la experiencia o el fenómeno, siempre desde el punto de vista del autor, que en el caso de esta investigación implica un punto de vista didáctico.

3.2.1 Selección de la Muestra

Se tomó como muestra inicial dos profesores universitarios franceses del departamento de física de una Universidad de Paris, este muestreo se hizo por conveniencia (Casal y Mateu, 2003), fue un muestreo no aleatorio que buscó solamente trabajar con dos profesores que detentaran características propias de un profesor universitario de ciencias y que estuvieran dispuestos a participar en el estudio, es decir, a permitir acceder a sus prácticas efectivas. Dadas las intencionalidades metodológicas de la investigación, se trabajó el análisis con estos dos profesores y luego se replicó con una segunda muestra constituida por dos profesores universitarios colombianos de una Universidad Bogotana, que al igual que los primeros, eran representativos de los profesores universitarios de ciencias y que estuvieran dispuestos a participar en el estudio.

3.2.2 Corpus de la investigación

Se hicieron dos procesos de recolección de datos:

- Estudio preliminar: se analizó el contenido y la organización del libro de texto recomendado por los profesores de física franceses observados, este libro es presentado a los estudiantes como soporte de su curso de mecánica (Halliday, Resnick y Walter, 2014)
- Primer análisis de prácticas efectivas: se trabajó con los dos profesores franceses, cada profesor francés estaba a cargo de un curso magistral de física dirigido a estudiantes de formaciones profesionales, cada curso estaba compuesto por aproximadamente 150 estudiantes provenientes de distintas formaciones. Se grabaron y transcribieron integralmente siete horas de clase por cada profesor, estas horas correspondieron a las sesiones en las que se abordaron las tres leyes de Newton.
- Una vez hecho el análisis de la información recolectada con esta muestra, se pusieron a prueba las categorías y las estrategias de análisis con un segundo corpus constituido por dos profesores de una Universidad Colombiana, cada uno

estaba a cargo de un curso general de física para estudiantes de diversas formaciones profesionales, estos cursos cuentan con aproximadamente 50 estudiantes y conjugan un curso magistral con trabajos dirigidos y trabajos prácticos, todo dentro de la misma sección. Se grabaron y transcribieron 6 horas de clase que correspondieron a las sesiones en las que se abordaron las tres leyes de Newton.

3.3 Elementos teóricos de la propuesta de análisis

El análisis de prácticas efectivas de los profesores, en esta investigación, se hace desde una perspectiva disciplinar específica, de un lado, se han elegido clases de ciencias y de otro lado, se analizan desde una perspectiva didáctica. Ahora bien, ¿en qué consiste esta particularidad?, ¿Qué caracteriza a esta mirada específica? Es posible decir que la didáctica de las ciencias constituye un campo específico de investigación en la medida en que aborda problemáticas del proceso de enseñanza – aprendizaje de las ciencias naturales y éstas últimas son a su vez un campo específico de investigación (Gil, Carrascosa y Martínez, 2009); este planteamiento implica que las ciencias naturales no se aprenden (y por ende no deberían enseñarse) de la misma manera que otras disciplinas. De allí que sea razonable preguntarse por las particularidades de las ciencias naturales. Aparentemente existe la creencia generalizada de que hay algo especial en las ciencias naturales y en los métodos que utilizan (Chalmers, 2000), sin embargo, encontrar esta particularidad no es sencillo, como describe Martínez (2014, p 37):

Algunos autores concuerdan con una visión de ciencia donde los contenidos son el producto de un proceso en el que participan la observación y la experiencia (ver por ejemplo Perdijon, 2007; Bunge, 1969; Chalmers, 1987). En otros planteamientos, se expresa la importancia de entender un carácter dinámico (no “fijado”) de la ciencia, cuya evolución se refleja, por ejemplo, mediante las transformaciones que sufren las explicaciones al verse desprovistas de respuestas frente a un nuevo contexto, frente a un nuevo problema o por la formulación de nuevas preguntas tras la obtención de respuestas que traen consigo nuevos problemas (Meyer, 2002).

Sin embargo, es posible encontrar características que son asociadas a la ciencia: falsabilidad, exigencia de justificación, búsqueda de causas (Huneman, 2001, p 10).

Las ciencias naturales entonces, estudian de una manera particular el mundo, a través de la experiencia. los conocimientos científicos se elaboran así bajo principios de inteligibilidad de lo real y poseen un carácter predictivo y explicativo a la vez (Martinez, 2014). En este contexto, la física es una disciplina de las ciencias naturales que se distingue de otras por los objetos de los que se ocupa, aunque la física es una disciplina amplia, en esta investigación nos centramos particularmente en las Leyes de Newton.

3.3.1 Las tres Leyes de Newton

Con el objetivo de explorar las prácticas efectivas de los profesores universitarios de física en el primer año universitario, decidimos limitar el contenido disciplinar, el primer curso universitario de física se centra en la mecánica clásica cuyo concepto fundamental es la inercia, esto supone también trabajar en el movimiento, la dinámica y sus leyes, es en esta segunda parte que nos centramos en esta investigación. Es posible decir que la dinámica se interesa en el movimiento y particularmente en la noción de fuerza ya que es la fuerza la que actúa sobre un objeto cambiando su velocidad. En lo que respecta al movimiento, éste puede entenderse como el desplazamiento de un cuerpo con respecto a otro, si tenemos una esfera en un espacio, puede que la esfera se mueva, pero no se note, debido a que no hay nada alrededor con lo cual compararlo, por lo tanto, el movimiento existe con respecto a una referencia. Siguiendo con el ejemplo, si se diseña un sistema de referencia, en el que se define un punto material (partícula) como un cuerpo al que se le discriminan sus dimensiones ubicándolo dentro de un espacio – tiempo, ahora es posible observar el movimiento de la esfera.

Sin embargo, con el concepto de fuerza, el asunto es más complejo ya que implica un esfuerzo considerable entender esta noción, Maron (2015) reporta en su investigación, diferentes tipos de interpretación de la fuerza, basándose en la distinción desarrollada por Hesse (1961 citado en Maron, 2015), aclara que es posible tener una interpretación de la fuerza que sea:

- **Empírica:** en ella, el concepto de fuerza tiene un estatus independiente, pueden ser reconocidas independientemente de su rol en las tres leyes de Newton, esto implica también que el principio de inercia tiene el estatus de ley empírica que consta de (p.75):

Se asume que es posible reconocer las fuerzas

En condiciones experimentales ideales, si ninguna fuerza se ejerce sobre un objeto, su movimiento es rectilíneo y uniforme

- **Lógica:** esta interpretación supone considerar el concepto de fuerza como relativo al principio de inercia que se puede considerar como la definición de movimiento de referencia a partir del que cualquier desviación es interpretada en términos de fuerza. El principio de inercia consiste entonces en:

Una definición de movimiento inercial como movimiento de referencia

Una primera definición cualitativa de fuerza que existe en tanto transforma a ese movimiento de referencia

En los cursos abordados en este estudio, los profesores parten de la interpretación lógica, lo que corresponde con el posicionamiento de varios investigadores de la didáctica de las ciencias (Carson y Rowlands, 2005; Hestenes, 1992; Rowlands et al., 1999; Klaassen, 2005; Westra, 2006 y Coelho, 2010; citados por Maron, 2015). Desde este punto de vista, la fuerza es interpretada como la modelización de una acción mecánica, es decir, de toda causa capaz de deformar un cuerpo o de modificar su estado de movimiento o de reposo. La fuerza es definida por la aceleración que produce, esto es, dado que la aceleración y la fuerza son cantidades vectoriales, cuando una fuerza o varias actúan sobre un sistema, es posible hallar la resultante de fuerzas haciendo una suma vectorial, esta resultante nos habla del movimiento del objeto. La fuerza como concepto entonces está unida al movimiento y por ende a las leyes del movimiento, las leyes de Newton. Antes de Newton, se consideraba que una fuerza era necesaria para mantener un objeto en movimiento rectilíneo uniforme, lo que implica que el estado natural de un cuerpo sería el reposo.

Las ideas sobre el estado natural evolucionaron, si bien para Aristóteles el estado natural de un cuerpo era el reposo y por ende el movimiento natural era el de volver a su estado natural (caída libre), para Descartes y luego para Newton, esto se transformó, y el movimiento rectilíneo uniforme empezó a ser considerado como natural, redefiniendo los movimientos e interpretándolos en términos de fuerza. Es así como, en el caso límite en que un objeto se mueve en una superficie sin rozamiento, éste no se detendrá jamás; un objeto continuará en movimiento rectilíneo uniforme si ninguna fuerza se ejerce sobre él. Esto último corresponde a un enunciado posible de

la primera ley de Newton: *Todo cuerpo continúa en estado de reposo o movimiento rectilíneo uniforme, a menos que una fuerza actúe sobre él, obligándolo a cambiar de estado* (Savéliev, 1984)

Es posible decir también que, si la resultante de fuerzas que actúan sobre un sistema es nula, la velocidad del sistema no cambia y la aceleración será nula, en este caso, las fuerzas se compensan y el sistema es en equilibrio (Hewitt, 2004). Ahora bien, esto no es cierto en todos los sistemas de referencia o referenciales, sino solamente en una clase de referenciales particular que son los inerciales o galileanos – el referencial terrestre puede ser considerado como galileano si la duración de la experiencia es suficientemente corta para poder ignorar los movimientos de la tierra. En un referencial galileano, además, es posible hablar de la cantidad de movimiento, que es la noción que permite relacionar la velocidad y la masa del objeto, se expresa como:

$$\vec{P} = m\vec{V}$$

La cantidad de movimiento, al igual que la velocidad, es una cantidad vectorial; es posible re escribir la segunda ley de Newton y decir que, en ausencia de fuerzas exteriores, la cantidad de movimiento de un sistema se conserva. En este razonamiento, la fuerza aplicada a un sistema es equivalente a la variación de la cantidad de movimiento por unidad de tiempo. En este sentido, aunque la cantidad de movimiento es relativa a un referencial, su variación es independiente de él. La variación de la cantidad de movimiento permite definir la segunda ley de Newton, que se llama también principio fundamental de la dinámica y puede expresarse diciendo que en un referencial Galileano, la variación de la cantidad de movimiento es igual a la suma de fuerzas exteriores que se ejercen sobre un cuerpo. Cuando la masa es constante, la aceleración que experimenta éste, en un referencial galileano es proporcional a la resultante de fuerzas que se ejercen sobre él e inversamente proporcional a la masa (Savéliev, 1984), lo que se puede resumir en la ecuación

$$\vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt}$$

Como es conocido, las leyes de Newton o principios de la dinámica, son tres, la tercera ley de Newton es completamente original (pues las dos primeras ya habían sido propuestas de otra manera por Galileo, Hooke y Huygens), éste último postulado expone que por cada fuerza que actúa sobre un cuerpo, este realiza una fuerza de

igual intensidad, pero de sentido contrario sobre el cuerpo que la produjo. La tercera ley de Newton establece que siempre que un cuerpo ejerce una fuerza sobre un segundo cuerpo, el segundo ejerce una fuerza de igual magnitud y dirección pero en sentido opuesto sobre el primero. La formulación original de Newton es puede escribirse como: *“Con toda acción ocurre siempre una reacción igual y contraria: quiere decir que las acciones mutuas de dos cuerpos siempre son iguales y dirigidas en sentido opuesto”* (Newton, 1687, p.199). Dicho de otra forma, la fuerza, sobre una misma recta, se presenta en pares que tienen igual magnitud y dirección, pero sentido contrario, lo que se puede expresar como:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

En donde la fuerza \vec{F}_{12} ejercida por el objeto 1 sobre el objeto 2, es igual en magnitud y dirección, pero está en el sentido opuesto a la fuerza \vec{F}_{21} ejercida por el objeto 2 sobre el objeto 1. Hasta aquí se ha hablado de la acción de las fuerzas sobre un cuerpo, sin embargo, cuando dos cuerpos interactúan, es decir, cuando por cada cuerpo se resiente una fuerza ligada al otro; la tercera ley de Newton explica el fenómeno planteando que: por cada acción existe una reacción igual en magnitud y opuesta en dirección, la acción es siempre igual a la reacción (Halliday et al, 2014).

Hasta acá se ha hecho una descripción somera de las leyes de Newton, sin rozamiento, sin embargo, esto no sucede en los fenómenos naturales. El rozamiento o fricción es una fuerza que se opone al movimiento de un cuerpo que está en contacto con otro. El rozamiento puede ser estático o dinámico, el rozamiento estático es una fuerza que tiende a mantener al cuerpo estático, depende del peso aparente del cuerpo y del coeficiente de rozamiento estático (que se halla experimentalmente, en función de los materiales de las superficies en contacto), matemáticamente el rozamiento estático se puede definir como

$$f_s \leq \mu_s N$$

El rozamiento cinético se presenta cuando dos superficies se mueven una contra la otra, este tipo de rozamiento varía en función del coeficiente de rozamiento cinético que al igual que el coeficiente de rozamiento estático, se halla experimentalmente y depende de los materiales que componen las superficies y del peso aparente de los cuerpos en movimiento, matemáticamente se puede describir como:

$$f_c = \mu_c N$$

Hasta aquí hemos expuesto brevemente las leyes de Newton y los conceptos que le son asociados, ahora, se buscará establecer su relevancia para el aprendizaje de la física y la adquisición de una cultura científica general.

3.3.2 Relevancia curricular de las leyes de Newton – los conceptos estructurantes de las ciencias naturales

Entre los años 2009 y 2014, un grupo de expertos en educación en ciencias, encabezado por Wynne Harlen y en el que participaron Derek Bell, Rosa Devés, Hubert Dyasi, Guillermo Fernández de la Garza, Pierre Léna, Robin Millar, Michael Reiss, Patricia Rowell y Wei Yu, se dieron a la tarea de identificar las ideas clave que los estudiantes deberían abordar en su educación en ciencias. Alrededor de estas ideas estructurantes, circulan otros muchos saberes científicos y también, conocimientos en un nivel meta o acerca de la ciencia (Harlen, 2015), estas ideas también, guardan relación con las reglas que la ciencia ha construido para organizar causalmente el mundo y el tipo de esquemas o estructuras conceptuales que los estudiantes activan cuando las incorporan (Pozo, 1991). Las ideas estructurantes según Harlen (2015) se distinguen por dos rasgos:

- El rango: incluyen actitudes y disposiciones científicas hacia la ciencia, así como lo que suelen llamarse capacidades, prácticas, competencias o habilidades, además de ideas científicas básicas (p.16)
- El tamaño: la amplitud del rango de fenómenos que deberán explicar dichas ideas, es importante, reconociendo además que entre más grande la idea, más lejos se hallará de fenómenos particulares y, por tanto, más abstracta parecerá (p.16).

Unido a su tamaño, las grandes ideas de la ciencia deberían poder explicar una gran cantidad de objetos, sucesos y fenómenos, proporcionar una base para comprender temas complejos y tener un significado cultural (p. 19). Las diez ideas que surgieron de esta compilación son (p.22):

- Toda la materia en el Universo está compuesta por partículas.
- Los objetos pueden afectar a otros objetos a distancia

- El cambio de movimiento de un objeto requiere que una fuerza neta actúe sobre él
- La cantidad total de energía en el universo siempre es la misma pero durante un suceso puede transferirse de un depósito de energía a otro
- La composición de la Tierra y de la atmósfera y los fenómenos que ocurren en ellas le dan forma a la superficie terrestre y determinan el clima del planeta
- Nuestro Sistema Solar constituye una pequeña parte de una entre miles de millones de galaxias en el universo
- Los organismos están organizados a partir de células y tienen una vida finita
- Los organismos necesitan un suministro de energía y de materiales de los cuales con frecuencia dependen y por los que compiten con otros organismos
- La información genética se transmite de una generación de organismos a otra
- La diversidad de organismos, tanto vivos como extintos, proviene de la evolución

Como se puede ver, las leyes de Newton están relacionadas con las ideas estructurantes de la ciencia, implican comprender que todos los objetos tienen efecto sobre otros y que la acción de una fuerza sobre un objeto se puede analizar desde su efecto en el movimiento del objeto. Esto concuerda no solamente con la interpretación lógica de la fuerza sino también, con los currículos de ciencia de Francia y Colombia que como se dijo en el capítulo 3, permiten abordar las leyes de Newton desde etapas tempranas. Esta relevancia de las leyes de Newton es coherente con el hecho que la didáctica de las ciencias ha estudiado ampliamente las leyes de Newton.

3.3.3 Los estudios de la didáctica de las ciencias sobre las Leyes de Newton

La didáctica de las ciencias ha estudiado los problemas de aprendizaje que están asociados a las leyes de Newton, la dinámica Newtoniana ha sido objeto de numerosos estudios que se remontan a los inicios de la didáctica de la física (Maron, 2015). La noción de fuerza tiene explicaciones en los estudiantes, que provienen del sentido común y permanecen aún luego de la instrucción, en palabras de Viennot y Kaminski (1991), estas explicaciones constituyen un razonamiento natural que los estudiantes pueden usar en paralelo a la física que les enseñan en la escuela, sin ser conscientes de ello. Algunos de estos razonamientos, reportados por la literatura son:

- Deslocalización de magnitudes en el espacio y el tiempo (Viennot, 1994, 1996): Para relacionar las magnitudes de fuerza, masa, velocidad y aceleración, es fundamental considerar el momento en el que se analiza el fenómeno, es decir, la relación:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

podría escribirse más bien como

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} (\text{mismo } t)$$

sin embargo, los estudiantes tienen la tendencia a no considerar que la causa (fuerza) ocurre antes que su efecto (aceleración). Además del tiempo, para cuantificar o definir las posiciones y desplazamientos en un sistema, como ya se ha dicho, es importante tener en cuenta un referencial, es decir, un sistema de coordenadas espacio-temporales ligadas a observadores inmóviles los unos con respecto a los otros (de hecho, las leyes de Newton solo son reales en referenciales particulares). Los estudiantes tienen problemas al ubicar un referencial, los estudiantes combinan las magnitudes físicas sin preocuparse de conocer los referenciales en los que son definidas y también utilizan los referenciales sin ser conscientes, esto lleva entre otros, a combinar varios referenciales en un mismo razonamiento (Maury, Viennot y Saltiel, 1978)

- Noción de capital de fuerza (Saltiel et al, 1980): si bien el movimiento es definido intrínsecamente y dinámicamente a partir de una causa motriz (fuerza) que le da lugar, los estudiantes consideran que esta causa como una propiedad del objeto que es independiente del referencial (Saltiel et al, 1980). Unido a esto, los estudiantes creen que la fuerza puede acabarse, consumirse en un movimiento o disiparse gracias a la intervención de agentes resistivos (no necesariamente a partir del momento en que la fuerza se aplica).

Lebrun y de Hosson (2014) añaden a esta lista dos ideas que hacen parte de los razonamientos naturales de los estudiantes y pueden constituir un obstáculo para el aprendizaje de las leyes de Newton:

- Velocidad crítica: los estudiantes pueden tener tendencia a pensar que un objeto no puede ser acelerado indefinidamente, en consecuencia, la fuerza acelera un cuerpo hasta que llega a una velocidad crítica, ignorando que la fuerza es una

cantidad vectorial y que la velocidad limite responde a una sumatoria de fuerzas que se compensan.

- **Causa del movimiento:** los estudiantes buscan una causa del movimiento, lo que es contrario a la idea que un movimiento rectilíneo uniforme se mantiene indefinidamente si no hay alguna fuerza que se oponga a él. La fuerza no se asocia tanto a la causa del movimiento como a la causa de la variación del movimiento.
- **Asociación entre fuerza y objeto:** los estudiantes tienen dificultad para pensar que, incluso cuando se inserta un clavo en una pared, la fuerza ejercida por la pared sobre el clavo es igual (en magnitud) a la fuerza ejercida por el clavo sobre la pared. El movimiento del clavo es considerado, en este sentido, como una consecuencia de la resultante de las fuerzas que actúan sobre él (y la pared). Esto se relaciona con una inadecuada comprensión del concepto de "sistema" y problemas asociados a la correcta definición de él y las fuerzas (o pares de fuerzas) que le son internas o externas.

3.4. Elementos metodológicos de la propuesta de análisis

Con base en las preguntas de investigación este trabajo buscó estrategias metodológicas para describir las prácticas de los profesores, en dos niveles de análisis:

- A. Escenario global:** Nos servimos de mapas conceptuales para presentar el contenido explícito de las clases de manera esquemática y en este sentido, identificar los conceptos que se abordan durante las sesiones, su jerarquización y las relaciones entre ellos. Los mapas conceptuales nos permiten evidenciar la secuencia de la clase y caracterizar de manera gruesa, el discurso que los profesores presentan en torno a los conceptos, sus representaciones y la manera como estos se organizan generando un campo de conocimiento (Dinámica).
- B. Estrategias de enseñanza:** con base en la transcripción integral de las clases de los profesores, se buscó caracterizar su discurso en la clase, para esto, se usó el concepto de proximidades en acto. Se buscó analizar las prácticas de enseñanza con base en hipótesis didácticas, se trata de construir estrategias para poder comprender lo que el profesor hace y las razones que lo impulsan.

En este contexto, la investigación intenta analizar la complejidad y la coherencia de cada práctica, para esto, se consideran las elecciones recurrentes de los profesores; esto último por medio de lo que Robert y Vandebrouck (2014) llamaron “proximidades en acto”, es decir, el estudio de la manera que tiene el profesor (en su discurso y actividades) de situarse en la zona de desarrollo proximal de los estudiantes.

Además, se hicieron conteos de ideas recurrentes presentes en el discurso, ya que son indicativos de las prioridades de los profesores y finalmente, a partir de todo lo anteriormente expuesto, se buscó hacer inferencias sobre los conocimientos y las creencias de los profesores (componente personal de la práctica) y relacionarlos con sus prácticas, partiendo de la idea que las elecciones de contenidos y las proximidades que se han podido dilucidar pueden ser asociados a los conocimientos (didácticos o disciplinares) o la ausencia de ellos.

3.4.1 Los mapas conceptuales como herramienta metodológica para el análisis de las prácticas de los profesores

Los mapas conceptuales son representaciones espaciales que organizan los conocimientos relativos a los conceptos (Tiberghien, 1994, en Bosdeveix, 2015). Fueron desarrollados en 1970 por Novak quien los definió como “un recurso didáctico mediante el cual se presenta esquemáticamente un conjunto de significados conceptuales incluidos en una estructura de proposiciones de un tema” (Novack, 1998), esta herramienta “al principio puede parecer como un arreglo simple de palabras dentro de una jerarquía, pero cuando se tiene cuidado en organizar los conceptos representados por palabras, y las proposiciones o ideas son formadas con palabras de enlace bien escogidas, uno comienza a darse cuenta que un buen mapa conceptual es a la vez simple, pero también elegantemente complejo con significados profundos” (Novack y Cañas 2006). Los mapas conceptuales se diferencian de otras herramientas gráficas por la especificación de la naturaleza de las relaciones entre conceptos o elementos del discurso (Bosdeveix, 2015). Los mapas conceptuales tienen:

- Nodos: conceptos propiamente dichos o elementos del discurso que se les pueden asimilar

- Conectores: palabras de conexión que permiten entender las relaciones entre los nodos, estos distinguen los mapas conceptuales de los mapas mentales y aseguran el sentido semántico.

Dos nodos y un conector constituyen una unidad de significación, existe también la posibilidad de relacionar varios nodos construyendo enlaces entre varias ramas de un mapa conceptual que estructuran redes (Kinchin, 2001; Kinchin, Hay, y Adams, 2000 y Novak y Cañas, 2008, citados en Bosdeveix, 2015). Dicho de otra manera, los mapas conceptuales son entonces representaciones gráficas con relaciones lógicas entre los conceptos o nodos, en donde se usan líneas y preposiciones como conectores, se establece una jerarquía específica que puede ir de lo concreto a lo abstracto o de lo abstracto a lo concreto, los niveles de jerarquización establecen la organización conceptual y en el mapa conceptual se realizan conexiones cruzadas que permiten establecer relaciones entre conceptos y jerarquizarlas. En los mapas conceptuales son fundamentales los nodos como parte del discurso, puede contener conceptos, pero también pueden ser nombres propios, fechas, leyes físicas, principios estructurantes, datos empíricos, etc. (Bosdeveix, 2015, p. 276). En este sentido, si se entiende un concepto como lo hace la real academia de la lengua española, es decir, como una idea que concibe o forma el entendimiento, el mapa conceptual en su globalidad toma una dimensión conceptual por la relación que hace entre diferentes elementos del discurso y por su función de abstracción que permiten un proceso de esquematización que Bosdeveix (2015) define diciendo que:

Grize définit une schématisation comme « une représentation discursive orientée vers une destinataire de ce que son auteur conçoit ou imagine d'une certaine réalité », une façon « de faire voir quelque chose à quelqu'un » (Grize, 1996, p.50), ainsi que « son résultat virtuel qui consiste en un micro-univers proposé devant l'objecteur virtuel B » (Grize, 1982, p.152 cité par Lhoste, 2008, p.142) (p.276)¹⁴

Desde esta perspectiva un mapa conceptual permite la esquematización de un discurso, la reconstrucción de una realidad desde una interpretación específica hecha

¹⁴ Grize define una esquematización como “una representación discursiva de lo que el autor concibe o imagina de una realidad determinada, orientada a un destinatario”, una manera “de hacer cierta cosa a alguien” (Grize, 1966, p.50), es así como “su resultado virtual consiste en un micro-universo propuesto delante del objetor virtual B” (Grize, 1982, p.152 citado por Lhoste, 2008, p.142).

por quien reconstruye el esquema. Relacionado con esto, Castillo y Polanco (2005) referencian las ventajas de los mapas conceptuales como sigue:

- Es útil para diferenciar la información significativa de la superficial.
- Constituye una actividad potenciadora de la reflexión lógica personal.
- Organiza la información en torno a los conceptos relevantes del tema.
- La diferenciación de los conceptos de un tema, según sean inclusores o incluidos, y su posterior relación, facilita la memoria comprensiva y razonada del tema estudiado.
- Permite al estudiante reconsiderar su construcción final y poder revisar su forma de pensar o su capacidad lógica.
- Es una buena estrategia para realizar un estudio activo de análisis y de síntesis descubriendo las relaciones entre los conceptos mediante interrogaciones como qué es, cómo es, cómo funciona, para qué sirve, dónde está, cómo se relaciona, etc., lo que sin duda propicia el desarrollo de la capacidad de imaginación, de creatividad y de actitud crítica.

Bosdeveix, en su tesis doctoral (2015), hace un barrido de las diferentes compilaciones de la didáctica de las ciencias en torno a los mapas conceptuales:

- En 1990 la revista americana *Journal of Research in Science Teaching* consagró un número especial a los mapas conceptuales (Vol. 27, nº10).
- En 1994 la revista francesa *Didaskalia* hizo también un número sobre mapas conceptuales.
- Un coloquio internacional bianual (*Concept Mapping Conférence*) se dedica a los mapas conceptuales desde el 2004, lo que indica la existencia de una comunidad de investigación sobre el tema.

En algunos estudios reportados por Bosdeveix (2015, p.278), los mapas conceptuales se han usado por los investigadores para modelizar los conocimientos de los estudiantes (por ejemplo, Novak y Musonda, 1991) o modelizar los saberes con la intención de describir de manera sintética de los saberes de referencia (por ejemplo, Novak, 2010), o un currículo (Kinchin, 2011), también hay estudios comparativos (Mortensen, 2010). En otros estudios, los mapas conceptuales han sido realizadas por los estudiantes constituyendo una herramienta para la enseñanza (por ejemplo, Chevron, 2014) o de investigación (por ejemplo, Kinchin, 2011). Como queda

demostrado, los mapas conceptuales han demostrado ser “ayudar a estudiantes a aprender, a investigadores a crear nuevo conocimiento, a administradores a estructurar y administrar mejor las organizaciones, a escritores a escribir, y a evaluadores a evaluar aprendizaje” (Novack y Cañas 2006). Es así como los mapas conceptuales se han convertido en una herramienta metodológica que permite identificar y organizar la información, analizarla y sintetizarla. Como lo refieren Novack y Cañas (2006) el uso de los mapas conceptuales para capturar el conocimiento “tácito” de expertos está creciendo a una tasa exponencial. Usando mapas conceptuales se puede caracterizar no solo los conceptos, sino la estructura epistemológica e histórica con la que se están abordando, de esta manera el mapa conceptual recoge los elementos del discurso del experto y permite su análisis (Amundsen, Weston y McAlpine 2008).

En ese orden de ideas, ha habido investigaciones sobre mapas conceptuales que han intentado, como esta, analizar las prácticas de enseñanza de los profesores, usando mapas conceptuales. Amundsen, Weston y McAlpine (2008), usaron mapas conceptuales para analizar las decisiones que los profesores universitarios toman, en el marco de sus cursos, tratando de encontrar las intencionalidades que subyacen a esas decisiones; sin embargo, a diferencia de esta investigación, los autores de este estudio usaron los mapas para apoyar el diseño de los cursos, por medio de mapas conceptuales apoyaron a los académicos en el análisis del contenido del curso lo que derivó en una intervención de su diseño. En esta investigación se dividió el discurso de cada profesor en episodios para lograr tener unidades que pudieran ser retratadas, al menos de manera global, en un mapa conceptual, en este sentido, se usan los mapas conceptuales para analizar los diferentes elementos del discurso de los profesores Universitarios, que constituyen para nosotros, los nodos de los mapas conceptuales contruidos (por nosotros), a partir del discurso de los profesores. Esto permite analizar también la naturaleza de las palabras que los constituyen y de los conectores que les permiten hacer unidades de significación. Así como las redes que se generan por cada episodio.

3.4.2 Las proximidades en acto como herramienta metodológica para el análisis de las prácticas de los profesores

Para presentar el uso metodológico de las proximidades en acto, es importante retomar brevemente los elementos teóricos que se presentaron en el capítulo dos y constituyen la base de nuestra elección metodológica. Las proximidades en acto se inscriben en el marco teórico de la DA, particularmente, esta noción propuesta por Robert y Vanderbrouck (2014), se introduce para dar cuenta de las elecciones de los profesores, en el contexto de esta investigación, son la herramienta metodológica para analizar de qué manera el profesor “hala” la conceptualización del estudiante hacia los aprendizajes deseados en el curso.

Es importante recordar que este análisis implica aceptar como verdadera una hipótesis que podría re escribirse como: el aprendizaje del estudiante y la transformación conceptual que ésta implica, está condicionada por el hecho que las tareas propuestas para el estudiante se sitúen en su ZPD (Rogalski, 2012). Las proximidades en acto, metodológicamente hablando, permiten etiquetar lo que interpretamos como una tentativa de situar al estudiante en su ZPD, de lograr su aprendizaje, pasar de ideas ingenuas o explicaciones naturales a conceptos o explicaciones científicas. El discurso de un curso magistral es producido por el profesor, en este sentido es razonable pensar que es algo que los estudiantes no habrían podido producir solos, el curso introduce palabras, símbolos, nociones, definiciones, métodos, etc que vienen acompañadas, según sea el caso de modelos, ejemplos, aplicaciones etc.; en este sentido, diferentes profesores producen diferentes textos de un mismo saber, estos textos adoptan elementos y un orden particular que permite analizar las elecciones del profesor y la manera como busca el aprendizaje del estudiante; es a estas elecciones que etiquetamos como proximidades en acto.

Ahora bien, es importante resaltar que no podemos estar seguros que lo que etiquetamos como una proximidad, sea percibido como tal, es más, dado que el texto de un curso magistral es construido por el profesor y seguido por el estudiante, no podemos estar seguros que lo que etiquetamos como una proximidad haya sido si quiera escuchado por todos los estudiantes (por ejemplo, algunos podrían estar distraídos). Las proximidades en acto, tal como pueden ser reconstituidas en esta investigación, traducen unos tipos de acercamiento, cognitivo o no, que como

investigadores decidimos analizar, en el entendido que no es posible (en el marco de un curso magistral y con las técnicas de observación elegidas), operacionalizarlas ni apreciar sus efectos potenciales.

3.5 Categorías de análisis

Dado que las estrategias metodológicas de esta investigación se dividen en dos, las que corresponden al escenario global (asociadas a los mapas conceptuales) y las que corresponden a las estrategias de enseñanza (asociadas a las proximidades en acto), con base en los elementos teóricos y metodológicos anterior mente descritos, se han diseñado categorías diferenciadas en cada caso.

3.5.1 Categorías usadas en los mapas conceptuales

Los mapas conceptuales, como se dijo, esquematizan un contenido particular, en este caso, las tres leyes de Newton, se trataba entonces de esquematizar la manera como los profesores abordan los aspectos más profundos de los postulados de Newton, al mismo tiempo que los muestran como eficaces en la explicación de ciertos fenómenos y como constitutivos de una forma de acceder a una comprensión particular del mundo (las ciencias naturales). Para esto, se usaron varios colores que indican categorías, como se muestra a continuación:

Magnitudes o conjuntos de magnitudes físicas (amarillo): las magnitudes físicas son una propiedad o cualidad medible de un sistema, existen magnitudes básicas y derivadas, que constituyen ejemplos de magnitudes físicas: la masa, la longitud, el tiempo, la carga eléctrica, la densidad, la temperatura, la velocidad, la aceleración y la energía. Las magnitudes no siempre tienen interés de manera aislada, sino que junto con otras, permiten explicar fenómenos, es así como consideramos como un conjunto de magnitudes a un sistema o un referencial y los incluimos en esta categoría.

Características de las magnitudes o conjuntos de magnitudes (verde): Permite tener en cuenta de qué manera se presentan las magnitudes en el mundo material o el fenómeno; de igual manera permite profundizar en la manera como los profesores consideran que estas magnitudes deben ser abordadas, por qué características o comportamientos particulares.

Leyes o dominios de la física (naranja): La física como ciencia se organiza por dominios, en lo que respecta a las leyes de Newton están dentro de la mecánica clásica, particularmente dentro de la dinámica. Además, las leyes o principios de Newton constituyen enunciados generales que se construyen a partir de otros. Nos interesamos por ver de manera gráfica cómo los postulados generales se articulan con el resto de elementos que les dan sentido.

Hasta acá las categorías que hablan de la física, sin embargo, cabe resaltar que estos mapas conceptuales se organizan a partir del discurso de un profesor en su curso magistral sobre las leyes de Newton y, en palabras de Robert (2015), el curso magistral puede ser un momento en el que el profesor propone a los estudiantes elementos que les pueden servir de conexión entre sus actividades y los conocimientos más generales de la disciplina. En éste sentido incluimos una cuarta categoría:

Operadores matemáticos (rojo): Los postulados generales y las magnitudes se operan matemáticamente por medio de ecuaciones y definiciones matemáticas que incluimos en esta categoría.

Para que pueda verse de una cierta manera la organización del discurso, su complejidad y la manera como incluye otro tipo de elementos, producto de un primer análisis a priori, incluimos otras cuatro categorías:

Personajes de la física (gris): esta categoría permite ver el acercamiento que hace el profesor a la historia de la física y en últimas, los episodios de construcción del conocimiento que consideró importantes para el acercamiento de los estudiantes al saber establecido

Discurso cognitivo en referencia a los aprendizajes que están involucrados (azul): Los profesores hacen uso de sus hipótesis acerca de las dificultades de los estudiantes, para organizar la presentación de contenidos en clase, incluimos esta categoría para que estas hipótesis fueran explícitas en el mapa y estuviesen articuladas a las demás categorías.

Ejemplos (rosado): el discurso del profesor no implica solo la presentación de conceptos o ideas sino su explicación e incluso, aplicación, una de las herramientas que se usan, de manera recurrente para lograrlo, es el uso de ejemplos, en este sentido se incluyó esta categoría.

Preguntas (morado): las preguntas han sido desencadenantes de las aportaciones científicas relevantes, así como las preguntas son fundamentales en el desarrollo científico, también lo son en el proceso de enseñanza – aprendizaje de las ciencias (Bargalló y Tort, 2004), en esta lógica planteamos esta última categoría. Es importante aclarar que solo se consideraron las preguntas que el profesor hace, dejando el tiempo o el espacio para que los estudiantes reflexionen sobre ellas.

3.5.2 Tipos de proximidades en acto

Las proximidades en acto, es decir, las estrategias que usan los profesores para lograr que los estudiantes aprendan ciencias, pueden ser particulares ya que las ciencias naturales lo son a su vez, los tipos de proximidad que se proponen para este estudio son:

Tipo 1: Establecimiento de relaciones entre el conocimiento de sentido común o teorías implícitas y los conocimientos científicos socialmente compartidos, este tipo de proximidad en acto mostraría de qué manera lo contra intuitivo de varias explicaciones científicas es tenido en cuenta por los profesores en su discurso.

Tipo 2: El trabajo de la dialéctica “mundo de objetos y de eventos / mundo de teorías y de modelos” del profesor. Este tipo de proximidad permitiría examinar cómo el profesor acompaña a los estudiantes en ese proceso de análisis de lo real, lo que lleva a una dimensión importante de la física que es la modelación o matematización de la realidad.

Tipo 3: Los saberes en científicos existen gracias a una historia., las proximidades en acto pueden ser también en la manera como los profesores hacen evidente este hecho, es decir, si los saberes que se presentan son problematizados.

Tipo 4: El trabajo de volver los conocimientos de los estudiantes, aplicables, lo que puede ayudar a los estudiantes a aprender.

Ahora bien, en vista de la diversidad de estudiantes (300 en Francia y 100 en Colombia), nos interesamos en etiquetar incluir una gran gama de frases dentro de estas categorías, entendiendo que, lo que puede ser una proximidad para un estudiante, puede no serlo para otro. Esto permitirá distinguir los profesores que tienen sus propias elecciones, creencias y objetivos.

Capítulo 4: Resultados

Los análisis de las prácticas de los profesores Universitarios de física, en el marco de esta investigación en cursos magistrales, se hace, como se pudo ver en el capítulo 4, con base en las transcripciones integrales de las sesiones que estos docentes hicieron, abordando las tres leyes de Newton. Consecuentemente con la postura teórica que se expuso en el capítulo 2 y respondiendo al contexto que se esbozó en el capítulo 1; en este análisis no se tiene en cuenta la actividad del estudiante (escuchar, tomar apuntes y demás actividades que le implique su participación en el curso magistral) ni tampoco las interacciones de los estudiantes entre ellos (conversaciones, interrogantes, etc) sino que nos concentramos en el discurso de los profesores que nos permite responder a las preguntas de investigación propuestas:

1. *¿Cómo los profesores organizan los contenidos involucrados en el curso con respecto al libro guía del programa?*
2. *¿Qué estrategias utilizan los profesores para lograr que los estudiantes accedan a la comprensión de los contenidos previstos en el curso?*

Estas preguntas implican centrarse en las decisiones e intervenciones de los profesores en su exposición durante el curso, que si bien es cierto en algunos casos se dan en el marco de interacciones con los estudiantes, generalmente está constituido casi únicamente por su discurso. En esta sección se presentan los resultados de los análisis de prácticas de los profesores Universitarios de física que fueron parte de la muestra para esta investigación. Como se mostró en la metodología (capítulo 4), los resultados se dividen en dos muestras, una constituida por los profesores franceses y otra por los profesores colombianos, además de esto, en cada muestra se presentan resultados globales (mapas conceptuales) y micro (proximidades supuestas en acto), basados en el discurso de los profesores. Consecuentemente con lo anterior este capítulo presenta:

- Episodios en los que se dividieron los análisis: esta parte permite ver, de manera muy general cuáles son los temas comunes o no que se presentan en los profesores y en el libro de texto.

- Análisis macro de episodios comunes: se presentan y analizan los mapas conceptuales de los profesores franceses, correspondientes a episodios comunes elegidos.
- Análisis micro de episodios comunes: se presentan las proximidades supuestas que corresponden a los episodios para los que se hizo el análisis macro.
- Primera comparación y conclusión parcial: se hace una primera comparación de los hallazgos en la muestra de profesores franceses lo que permite unas conclusiones parciales sobre la riqueza y diversidad de estas prácticas.
- El libro de texto: se presentan los análisis macro y micro de los episodios escogidos, esta vez sobre el libro de texto lo que permite puntualizar algunas ideas esbozadas sobre las diferencias y similitudes entre un curso magistral y el libro de texto que trabaja el mismo tema.
- Metodología aplicada a una segunda muestra: se muestra cómo el análisis macro y micro permite analizar una segunda muestra de profesores.
- Discusión general: se presenta una discusión sobre los diferentes elementos que se han expuesto en esta sección.

4.1 Episodios

Las leyes de Newton constituyen entre tres y cinco sesiones de los cursos estudiados, esto implica que los datos recolectados tienen un volumen importante que oscila entre seis y ocho horas de grabación que vistos desde la transcripción son entre 58 y 101 páginas.

Tabla 12. Nociones y conocimientos previstos para Séptimo, Octavo y Noveno

| Muestra | | Tiempo de grabación | Páginas de transcripción |
|----------------|------------|---------------------|--------------------------|
| Francia | Profesor 1 | 7 | 66 |
| | Profesor 2 | 8 | 101 |
| Colombia | Profesor 1 | 7 | 86 |
| | Profesor 2 | 6 | 58 |
| Libro de texto | | | 45 |

Tratar este volumen de manera conjunta, representaba un reto mayor, y sobre todo, el riesgo de hacer análisis en extremos generales que no permitieran llegar a los descriptores de prácticas buscados. Es así como, en vista del gran volumen de información recolectada, se optó por hacer una separación por episodios, es decir,

unidades temáticas que permitieron abordar el análisis. Los episodios se eligieron de acuerdo al contenido relacionado con las tres leyes de Newton, como se expuso en el apartado 3.3.1, teniendo en cuenta no solamente cada ley por separado, sino algunos conceptos que están asociados a ellas, como sigue:

Tabla 13. Presencia de episodios

| Presente en Episodio | Muestra Francia | | Muestra Colombia | | Libro |
|--------------------------------|-----------------|-------------|------------------|-------------|-------|
| | Profesor 1F | Profesor 2F | Profesor 1C | Profesor 2C | |
| Leyes de Newton (introducción) | Si | No | Si | No | Si |
| Fuerza | No | No | Si | No | Si |
| 1º Ley de Newton Referencial | Si | Si | Si | Si | Si |
| Cantidad de movimiento | Si | Si | No | No | No |
| 2º Ley de Newton | Si | Si | Si | Si | Si |
| 3º Ley de Newton | Si | Si | Si | Si | Si |
| Ley de la gravitación | Si | No | No | No | Si |
| Ley de Coulomb | Si | No | No | No | No |
| Rozamiento | Si | Si | Si | No | Si |
| Fuerzas de recuperación | Si | Si | No | No | No |
| Movimiento curvilíneo | No | No | No | No | Si |

Como se puede ver en la tabla 13, un primer análisis a priori muestra que no todos los profesores incluyen en su discurso los mismos conceptos o temas, es decir, aunque el tema general a abordar es el mismo en todos los casos, las leyes de Newton, no todos incluyen en su discurso lo mismo. Además de esto, los episodios no son coincidentes en su totalidad con el libro de texto, lo que muestra una diferencia, aunque sea sutil, entre el libro de texto y los cursos magistrales, que no incluyen los mismos conceptos para abordar las leyes de Newton. Además de esto, los episodios no se presentaron en todos los casos en el mismo orden, esto quiere decir que las ideas no se secuencian de la misma manera en todos los casos, como se ilustra en la tabla 14 en la que se presenta la secuencia en la que cada episodio apareció en cada caso, por medio de números, en los episodios que no están presentes, se escribe N.A (No aplica).

Tabla 14. Orden de episodios

| Presente en Episodios | Muestra Francia | | Muestra Colombia | | Libro |
|--------------------------------|-----------------|-------------|------------------|-------------|-------|
| | Profesor 1F | Profesor 2F | Profesor 1C | Profesor 2C | |
| Leyes de Newton (introducción) | 1 | N.A | 1 | N.A | 1 |
| Fuerza | N.A | N.A | 2 | N.A | 2 |
| 1º Ley de Newton | 2 | 1 | 3 | 1 | 3 |

| | | | | | |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Referencial | 3 | 2 | N.A | N.A | N.A |
| Cantidad de movimiento | 4 | 7 | N.A | N.A | N.A |
| 2º Ley de Newton | 5 | 3 | 4 | 2 | 4 |
| 3º Ley de Newton | 6 | 4 | 5 | 3 | 5 |
| Ley de la gravitación | 7 | N.A | N.A | N.A | 6 |
| Ley de Coulomb | 8 | N.A | N.A | N.A | N.A |
| Rozamiento | 9 | 5 | N.A | N.A | 8 |
| Fuerzas de recuperación | 10 | 6 | N.A | N.A | N.A |
| Movimiento curvilíneo | N.A | N.A | N.A | N.A | 7 |

Los episodios que coinciden en todos los casos y permiten hacer el análisis comparado necesario para responder a las preguntas de investigación propuestas son: Primera ley de Newton, Segunda ley de Newton, Tercera ley de Newton y Rozamiento. Como se puede ver en la tabla 14 el orden en el que se presentan diferentes contenidos varía, sin embargo, es razonable decir que el orden temático general se puede esquematizar como sigue:



Figura 3. Progresión conceptual del concepto de dinámica en Francia

En este capítulo nos concentraremos en mostrar los resultados y primeros análisis correspondientes a estos episodios (primera, segunda y tercera ley de Newton).

4.2 Análisis macro de los episodios comunes (profesores Franceses)

Con base en las categorías expuestas en el capítulo cuatro:

Magnitudes o conjuntos de magnitudes físicas (amarillo)

Características de las magnitudes o conjuntos de magnitudes (verde)

Leyes o dominios de la física (naranja)

Operadores matemáticos (rojo)

Personajes de la física (gris)

Discurso cognitivo en referencia a los aprendizajes que están involucrados

Ejemplos (rosado)

Preguntas (morado)

Se comenzó por colorear, palabra a palabra el texto de la transcripción de los profesores, como sigue:

Ejemplo de categorías para mapas conceptuales profesor 1F:

P.1 On peut commencer à aborder le principe d'inertie si ce n'est qu'on a besoin d'un concept qui va amener vers un tout petit peu de philosophie mais pas trop. Un des enjeux de ce que j'ai fait la fois dernière et bien, ça a été de discuter différents types de force vraiment dans l'absolue et enfin de manière générique, une force dans le langage de tous les jours avec les sensations de nos mains, on sent ce que c'est quoi appliquer une force à un objet, à une table¹⁵.

Ejemplo categorías para mapas conceptuales profesor 2F:

P.5 Donc une force, ça va agir sur l'objet considéré et changer sa vitesse. C'est pour ça qu'avant d'aborder la notion de force on s'est intéressé à la vitesse et à l'accélération, c'est qu'il faut savoir caractériser tout ça d'une façon à les bien comprendre ce dont il s'agit quand on parle de force. En fait la relation entre une force et une accélération, ça a été compris quand même il y a un petit bouton par Newton à la fin du XVIIème siècle¹⁶.

Como convención, la P que va antes de las citas, corresponde al número de página de la transcripción. La transcripción está ordenada por episodios, por ejemplo primera ley de Newton profesor 1F y luego profesor 2F, después referencial y así

15 Podemos comenzar a bordar el principio de la inercia, aunque tenemos necesidad de un concepto que nos va a llevar a requerir un poco de filosofía, aunque no mucha. Uno de los retos de lo que hice la última vez fue discutir sobre diferentes tipos de fuerzas en el absoluto, de manera genérica, una fuerza en el lenguaje de todos los días con la sensación de nuestras manos, uno siente lo que es aplicar una fuerza a un objeto, a una mesa.

16 Entonces una fuerza va a actuar sobre un objeto determinado para cambiar su velocidad. Es por esto que antes de abordar la noción de fuerza nos interesamos a la velocidad y la aceleración, es necesario saber caracterizar todo esto, comprenderlo bien, cuando se trata de fuerza. De hecho la relación entre fuerza y aceleración fue descifrada hace un buen tiempo por Newton, al final del siglo XVII.

sucesivamente. Como se puede ver, antes de construir los mapas, se buscó identificar las 8 categorías que consideramos descriptivas del discurso en la transcripción, después de esto se ensamblaron los elementos en unidades de significado, como se dijo en el capítulo cuatro, no solamente se consideraron los conceptos sino las relaciones que entre ellos construyen los profesores.

Se construyó un mapa conceptual para cada episodio de cada profesor, sin embargo, dada la naturaleza de los mapas conceptuales, no es posible ver en ellos el número de veces que el profesor presenta o nombra cada concepto, esto se verá reflejado en un análisis posterior. Como se dijo en el capítulo 4, para construir los mapas se usó el software *cmaptools* que es un software para crear mapas conceptuales, esta herramienta permite crear conceptos y entrelazarlos entre ellos, además, los conceptos pueden tener diferentes formas y colores, lo que permite distinguir entre las categorías, en este caso, para todas las categorías se usaron conceptos rellenos del color propuesto y se combinaron dos diferentes formas, cuadradas para: **Magnitudes o conjuntos de magnitudes físicas (amarillo)**, **Características de las magnitudes o conjuntos de magnitudes (verde)**, **Leyes o dominios de la física (naranja)**, **Operadores matemáticos (rojo)** y **Personajes de la física (gris)**. Y ovaladas para: **Discurso cognitivo en referencia a los aprendizajes que están involucrados**, **Ejemplos (rosado)**, **Preguntas (morado)**.

El software también implica tener una flecha que direcciona la relación entre dos diferentes conceptos y una palabra de enlace. Además de esto, *cmaptools* permite tener una lista de conceptos integrantes del mapa con los nodos que integra, además de esto, permite comparar dos mapas y determinar si hay conceptos y nodos que sean idénticos; finalmente, el software permite generar organizaciones automáticas de los nodos, que lo hacen más legible. A continuación, se presentan los mapas de cada profesor, correspondientes a la primera y la segunda ley de Newton y al final, un análisis del conjunto.

4.2.1 Profesor 1F

Se cuenta con cinco páginas de transcripción de este profesor sobre la primera ley de Newton, dos sobre la segunda ley y tres más sobre la tercera ley, como se vio en el apartado anterior, para este profesor el mapa de la primera ley de Newton es el segundo y sigue a uno de introducción a las leyes de Newton, el mapa sobre la

segunda ley de Newton es el cuatro; entre los mapas de la Primera Ley de Newton y la segunda Ley de Newton, están los mapas sobre el referencial y la cantidad de movimiento. Finalmente, el mapa donde presenta la tercera ley de Newton es el sexto.

Como se puede ver, este mapa conceptual presenta tres conceptos centrales, en el sentido de estar incluidos en más nodos: fuerza, principio de inercia y sistema. Por conceptos centrales se entienden acá los que constituyen muchos nodos, al estar relacionados por medio de conectores con otros varios conceptos. En este análisis no se distinguen las fechas de entrada (que se dirigen desde otro concepto hasta el analizado) o de salida (las que parten del concepto analizado a otros).

Para empezar, el profesor 1F estructura buena parte de su discurso sobre el concepto de **Fuerza**, de un lado está en el centro de la definición de la primera ley de Newton que habla, como se lee en el mapa, del comportamiento de un sistema que no está influenciado por fuerzas exteriores, mantiene su movimiento (rectilíneo uniforme) o reposo, con respecto a un referencial relativamente Galileano. Esto implica introducir la noción de referencial, desde la definición misma de la primera ley de Newton, como se puede ver en los apartes de su discurso:

P.1 Que dit le principe d'inertie ? Le principe d'inertie nous dit la chose suivante qui est : au premier abord très contre intuitive, elle nous dit que si je prends un objet et que j'arrive à le mettre loin de tout, loin de la terre, loin du soleil, loin de tout par fluence c'est-à-dire qu'il n'y ait plus aucune force qui s'exerce sur lui, et bien sur cet objet sur lequel s'exercerait aucune force se déplacerait dans le vide intersidéral à vitesse constante comme ceci¹⁷.

P.3 Il existe une classe de référentiel en translation rectiligne uniforme les uns par rapport aux autres tel qu'un système tel que tout système, c'est mieux qui n'est soumis à aucune force extérieure soit animé d'un mouvement de translation rectiligne uniforme ou soit au repos¹⁸.

Como se puede ver, ligado a esto hay un discurso cognitivo, en principio a propósito del principio de la inercia que se declara como contra intuitivo y, además, a propósito de la fuerza que se dice que es difícil de comprender, al no tener una definición autónoma y al estar definida en función del principio de la inercia. En el discurso del profesor 1F, se distinguen fuerzas exteriores e interiores y de contacto y a distancia, para estas últimas, se hace la aclaración que son difíciles de imaginar y entenderlas implica un esfuerzo intelectual importante, coherentemente con esto, se presentan

17 ¿Qué dice el principio de la inercia?, El principio de la inercia nos dice lo siguiente, que es, en principio muy contraintuitivo, nos dice que si tomo un objeto y lo pongo lejos de todo, de la tierra, del sol, de toda influencia, es decir, que no hay ninguna fuerza exterior actuando sobre él, entonces ese objeto sobre el que no actúa ninguna fuerza exterior, se desplazará en el vacío intersidereal a velocidad constante como éste,

18 Existe una clase de referencial en translación rectilínea uniforme los unos con respecto a los otros de manera que todo sistema que no es sometido a ninguna fuerza exterior es animado de un movimiento de translación rectilínea uniforme o está en reposo.

ejemplos, entre ellos, una experiencia hecha en la clase con carros imantados. Finalmente, es posible notar que no se da una definición de fuerza, la palabra fuerza no está rodeada en el mapa de palabras o conectores que permitan definirla, ni siquiera en función de otros conceptos, esto tiene sentido con la idea que es difícil lograr una definición independiente de la fuerza.

Otro concepto que constituye varios nodos es el de sistema que se define desde el punto de vista de la mecánica como un conjunto de átomos, el sistema se presenta como un concepto sumamente importante dado que es sobre él que se aplican las fuerzas exteriores y que se explica el principio de la inercia y en general las leyes de la mecánica. El tercer concepto que constituye uno con **Principio de inercia**, además de decir que postula que un sistema u objeto en el que no se ejercen fuerzas exteriores, se mantendrá en movimiento rectilíneo uniforme o inmóvil, como se había dicho antes. Este concepto está ligado a un discurso meta, es decir, sobre la física, en el que se justifica por qué es un principio y no una ley, dado que no existe una definición autónoma de fuerza, en palabras del profesor 1F

*P.4 C'est un principe et pas une loi de physique. Pourquoi est-ce que c'est un principe ? Mais c'est surtout parce que dedans vous voyez bien le mot **force**, le mot **force** je ne l'ai pas défini. Alors c'est un peu embêtant parce que du coup et ben ce n'est pas vérifiable. Ce n'est pas un **principe** qui est falsifiable... C'est en ce sens que c'est **difficilement démontrable**, c'est même **difficilement testable** cette idée parce que c'est **basé sur le fait que vous avez défini la force avant mais justement je ne l'ai pas définie**. Donc on va dire que **c'est vrai et tant que ça tient**, on va **construire dessus**. C'est en ça que c'est un **principe**. Ce n'est pas tout à fait un **postulat de mathématique** parce qu'on **parle de la vraie vie** mais ce n'est pas non plus une **loi physique** dont on peut montrer qu'elle est vraie ou pas¹⁹.*

Este discurso en torno al principio de la inercia incluye también sobre cómo la experiencia cotidiana (si empujo un carrito, se detiene) es contraria al principio de la inercia y que es falso que un objeto necesite de una fuerza para moverse apoyando estos postulados por experiencias hechas en la clase con carros de lego imantados. Ahora bien, reforzando lo anteriormente expuesto, el profesor 1F incluye una explicación mostrando que Aristóteles consideraba también que una fuerza era

19 Es un principio y no una ley de la física. ¿Por qué es un principio?, es sobretodo porque contiene la palabra fuerza, no hemos definido la palabra fuerza. Entonces es un poco molesto porque no es verificable. No es un principio que sea falsable... Es en este sentido que es difícilmente demostrable, de hecho, es difícilmente comprobable esta idea porque está basada en el hecho que existe una definición de fuerza antes, pero justamente, no la he definido. Entonces, vamos a decir que es verdadero tal y como está, vamos a construir sobre esto. Esto es lo que es un principio. No es un postulado matemático porque hablamos de la verdadera vida pero tampoco es una ley física porque no podemos demostrar si es verdadera o no.

necesaria para lograr mantener un cuerpo en movimiento y que fue Galileo, a partir de un experimento con balas sobre un plano inclinado, logró transformar esta idea.

En cuanto a otros elementos del mapa, vale la pena destacar que, además de situar la mecánica y sus leyes como aplicadas a sistemas y el principio de la inercia como parte de las leyes de la mecánica, el discurso del profesor vincula también la ley de composición de velocidades, dejando por sentado que puede ser que sobre un objeto o sistema se aplique no una fuerza exterior sino varias y que para que se cumpla el principio de la inercia, la suma de fuerzas exteriores debe ser igual a cero. Este postulado fue el único que indujo a una pregunta de los estudiantes como se muestra:

P. 4 Etudiante

On ne peut pas dire aussi que toutes les forces sont égales à zéro si ... aucune force qui s'exerce sur le système ?

Professeur 1F

Alors ça, ça va être une propriété qu'on peut étendre la chose à la **somme** des **forces extérieures nulles** mais **c'est plus propre de poser le principe comme ça**²⁰.

El estudiante pregunta si es posible decir que todas las fuerzas son iguales a cero si es que ninguna fuerza se ejerce sobre el sistema, pero el profesor reacciona diciendo que, aunque es posible entenderlo así, es mejor considerarlo como que la suma de fuerzas exteriores es nula, es en este último postulado que se puede entender la ley de composición de velocidades que implica también el carácter vectorial de la fuerza. Como se pudo ver, para construir o presentar la primera ley de la dinámica el profesor 1F usa varios conceptos y nodos, nutriendo su definición.

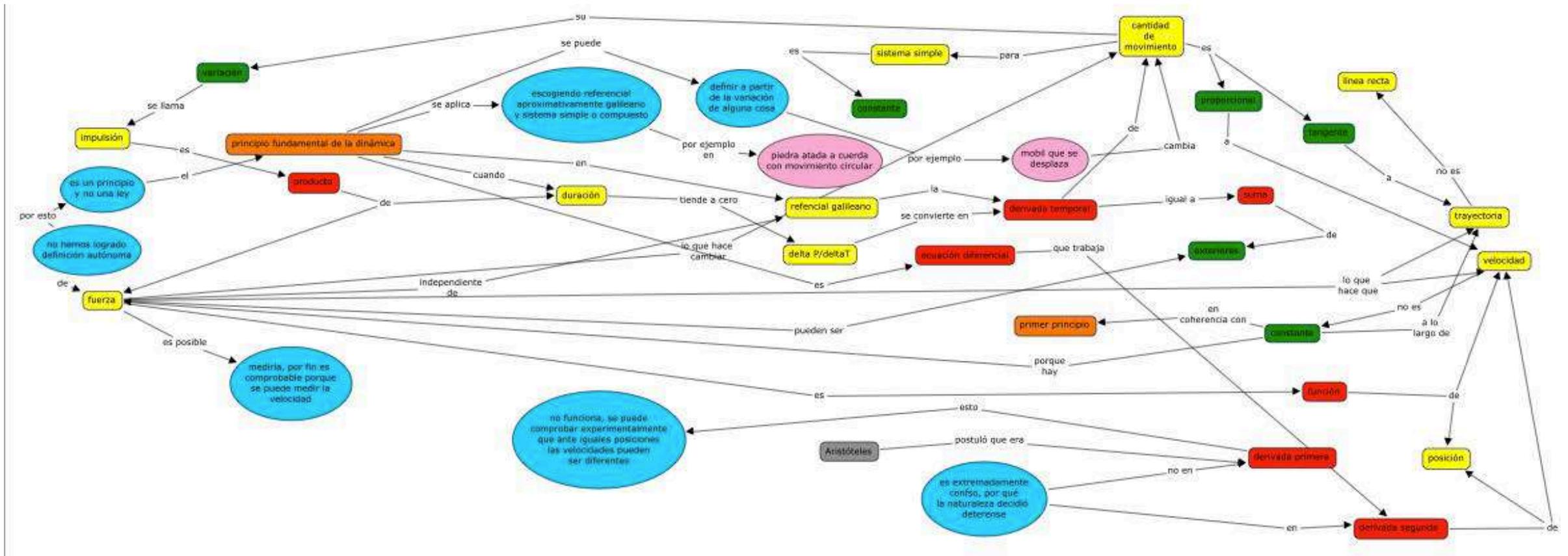
20 Estudiante:

No podemos decir que todas las fuerzas son iguales a cero si... ninguna fuerza exterior se ejerce sobre el sistema?

Profesor 1F

Entonces eso, eso va a ser una propiedad que podemos deducir de la cosa, a la suma de fuerzas exteriores nulas, pero es más correcto plantear el principio así (suma de fuerzas exteriores)

Figura 5. Mapa conceptual Segunda ley de Newton Profesor 1F



Como se puede notar, este mapa tiene menos conceptos constituyendo una cantidad similar de nodos, la organización se torna más compleja, aunque usamos la herramienta de cmaps que organiza el mapa automáticamente, hay relaciones superpuestas. En este mapa hay tres conceptos incluidos en seis o más nodos, aunque la mayoría esté en solo dos o tres, éstos son: Principio fundamental de la dinámica, fuerza y cantidad de movimiento.

Coherentemente con el mapa a propósito de la primera ley, el profesor 1F estructura buena parte de su discurso en torno al concepto de **Fuerza**, sobre la que se recalca, la separación de fuerzas interiores y exteriores y el hecho que no hay una definición autónoma, razón por la que el principio fundamental de la dinámica es un principio y no una ley, como se explicó antes. Sin embargo, esta vez la fuerza se relaciona el **principio fundamental de la dinámica** que se define cuando en un referencial galileano la duración tiende a cero, como la derivada temporal de la cantidad de movimiento, que es equivalente a la suma de fuerzas exteriores, esto implica definir el principio fundamental de la dinámica como una ecuación diferencial. Ahora bien, esta relación vuelve a presentarse para un sistema simple:

P.26 Donc pour un système simple, on déduit du principe fondamental de la dynamique que la somme des forces extérieures vaut la masse fois la dérivée de la vitesse par rapport au temps, la masse fois l'accélération²¹.

Adicionalmente, partiendo que la interpretación de Aristóteles implicaba la derivada primera, se presenta sobre esto un discurso cognitivo que va puntualizar que es confuso entender por qué la naturaleza decidió detenerse en la derivada segunda pero que, en todo caso, se puede comprobar experimentalmente que la derivada primera no funciona básicamente porque en posiciones iguales las velocidades pueden ser diferentes.

Es importante decir que el profesor 1F definió el principio fundamental de la dinámica como la derivada temporal de la **cantidad de movimiento**, en efecto este último constituye también un concepto que hace parte de muchos nodos. La cantidad de movimiento se caracteriza como proporcional a la velocidad, tangente a la trayectoria y constante para un sistema simple. Ligado a la cantidad de movimiento está la

21 Para un sistema simple, se deduce del principio fundamental de la dinámica que la suma de fuerzas exteriores es igual a la masa por la derivada de la velocidad con respecto al tiempo, la masa por la aceleración.

variación de la cantidad de movimiento que se llama impulsión y se presenta como el producto de la duración y la fuerza.

Aunque los conceptos que constituyen este mapa conceptual son coherentes con lo que se dijo para el mapa del profesor 1F de la primera ley, en este aparecen los operadores matemáticos y no hubo ninguna pregunta que implicara interacción de los estudiantes, también este segundo es un mapa menos denso, como se puede notar y es razonable ya que la transcripción de la primera ley de Newton del profesor 1F implicó cinco páginas, la de la segunda Ley de Newton, solo dos.

Como se puede notar, en este mapa hay dos conceptos incluidos en seis o más nodos, aunque la mayoría esté en solo dos o tres, éstos son: fuerza y sistema. Coherentemente con los dos mapas anteriores, el profesor 1F estructura buena parte de su discurso en torno al concepto de Fuerza, que vincula al principio de acciones reciprocas diciendo que:

P.35 Que dit le **principe de l'action et de la réaction** ? Il dit que si un **système** que nous appellerons 1 exerce une **force** sur un **système** que nous appellerons 2, et cette **force** nous allons l'écrire F2-1 sur 2 et le sur on va le mettre avec une **petite flèche**. **Ça spécifie bien que c'est 1 qui exerce la force sur 2**. Par conséquent cette **force** va arriver dans le **principe fondamental de la dynamique** de Monsieur 2 et pas de Monsieur 1. Et bien si **1 exerce une force sur 2 alors 2 exerce une force sur 1 qui vaut moins F1-2**. Elle est donc **égale en norme mais opposé en direction**²².

El profesor une esto a la noción de cantidad de movimiento diciendo que

P.36 Par conséquent je constate que la **dérivée** de la **quantité de mouvement totale** par rapport au **temps** c'est la **somme** des **forces extérieures**. Et ça c'est le **principe fondamental de la dynamique**²³.

Esta definición del principio de acciones reciprocas lo muestra como consecuencia del principio fundamental de la dinámica y relacionado con la conservación de la cantidad de movimiento, en este sentido, conceptos como la cantidad de movimiento, que fueron presentados a propósito de la segunda y la primera ley, se retoman y complejizan. El profesor además vincula ejemplos de su aplicación e indicaciones acerca de cómo escribirlo o interpretar el simbolismo que le está asociado. Adicionalmente, el profesor acompaña su explicación de varios ejemplos, que continúan aprovechando los carros de lego, esta vez interconectados con un globo y también, vincula un ejemplo del cálculo del peso de una persona que se desplaza en un ascensor. Estos dos ejemplos generan preguntas de los estudiantes, siendo la segunda vez que esto sucede. Esta última pregunta se acompaña también del discurso cognitivo del profesor que subraya, es una gran desilusión para él escuchar las respuestas, aunque ya estaba desilusionado en el curso. Finalmente, el discurso del profesor también implica decir que la denominación original de Newton para el

22 Que dice el principio de acción y reacción?, dice que si un sistema al que llamamos 1 ejerce una fuerza sobre un sistema que llamamos 2 y esta fuerza vamos a escribirla F2-1 sobre 2 y vamos a escribirla con una pequeña flecha. Esto especifica que 1 es quien ejerce la fuerza sobre 2. En consecuencia, esta fuerza llega al principio fundamental de la dinámica del señor 2 y no del señor 1. Y bien, si 1 ejerce una fuerza sobre 2 entonces 2 ejerce una fuerza sobre 1 que vale menos F1-2. Esto es entonces igual en norma, pero opuesta en dirección.

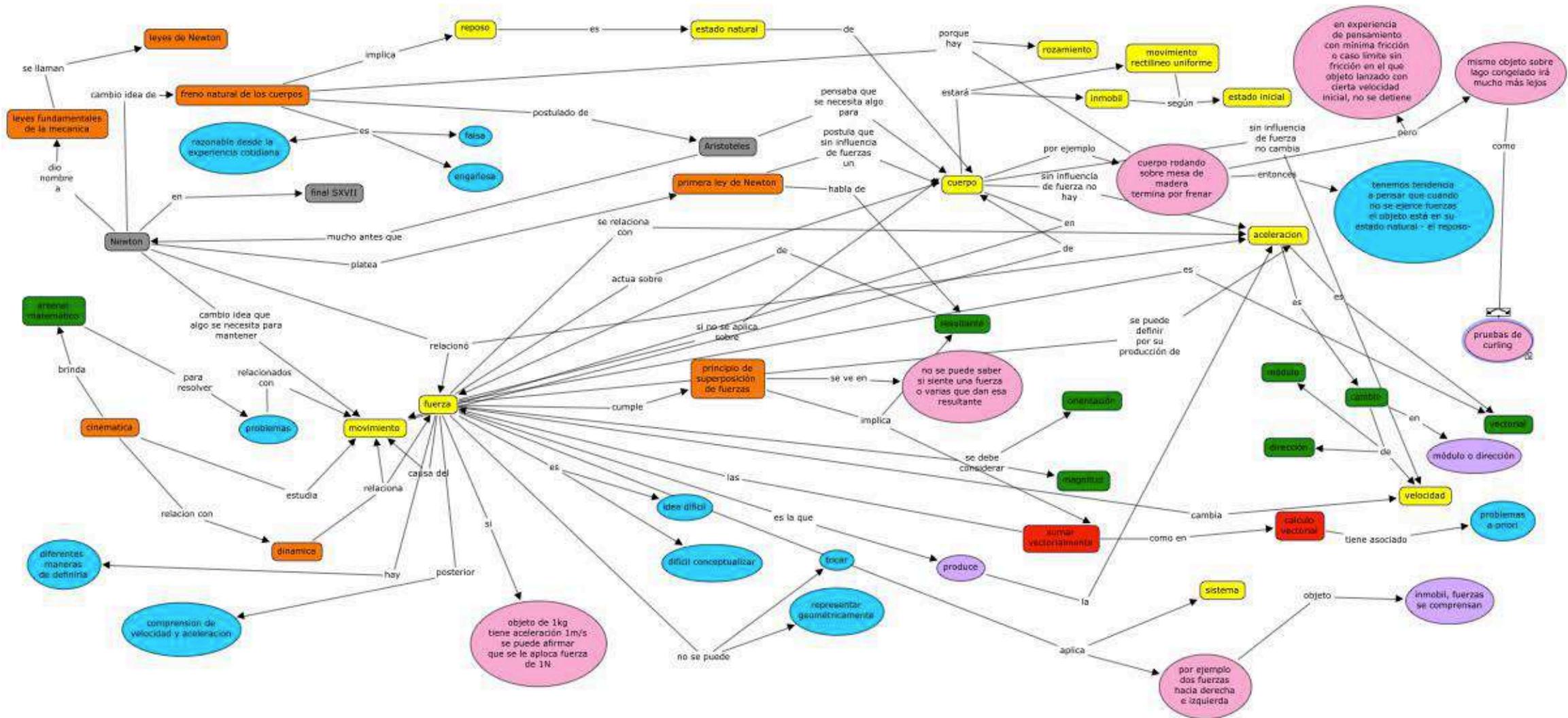
23 En consecuencia, constato que la derivada de la cantidad de movimiento total con respecto al tiempo con respecto al tiempo es la suma de fuerzas exteriores y esto es el principio fundamental de la dinámica.

principio de acción reacción fue principio de acciones reciprocas que es una denominación mejor, situándose en el nivel de un meta discurso.

4.2.2 Profesor 2F

Se cuenta con cinco páginas de transcripción de este profesor sobre la primera ley de Newton, seis más sobre la segunda ley y seis más sobre la tercera ley, como se vio en el apartado anterior, para este profesor el mapa de la primera ley de newton es el primero y el de la segunda ley de Newton es el tercero, entre los mapas de la primera ley y la segunda ley de Newton está el mapa sobre referencial. Y Finalmente, el mapa sobre la tercera ley es el cuarto, siguiendo al de la segunda ley.

Figura 7. Mapa conceptual Primera ley de Newton Profesor 2F



Este mapa tiene tres cuatro conceptos que constituyen una buena cantidad de los nodos, el concepto que más relaciones tiene es el de fuerza, pero también hay otros como Newton, cuerpo, freno natural de los cuerpos, aceleración y movimiento. Sin embargo, todas están en función de la explicación de la fuerza y su relación con la aceleración. En el discurso del profesor 2F se dice que la primera ley de Newton habla de la resultante de fuerzas lo que implica presentar el principio de superposición de fuerzas, dice que sin influencia de fuerzas exteriores o cuando la resultante de fuerzas exteriores es cero, un cuerpo se mantiene en su estado inicial que puede ser de movimiento rectilíneo uniforme o de reposo. Esto suscita una pregunta de los estudiantes sobre si cuando el objeto está inmóvil es porque las fuerzas se compensan.

El profesor 2F expresa la relación entre fuerza y aceleración diciendo:

P.6 Si aucune force n'est appliqué à un objet, la vitesse de cette objet ne change pas ». C'est-à-dire qu'il y a aucune accélération²⁴

La fuerza se define como la causa del movimiento, presentándola desde su relación con la aceleración propuesta por Newton en el siglo XVII. Sobre Newton también el profesor 2F dice que fue él quien cambió la idea del freno natural de los cuerpos (que implica que el estado natural de un cuerpo sea el reposo) y que se necesita algo para mantener un el movimiento, y quien les dio el nombre a las leyes de Newton. Como ejemplo de la fuerza se presenta que, si un objeto de 1kg tiene aceleración 1m/s, se puede afirmar que se le aplica una fuerza de 1N. Esta última presentación de la fuerza genera la pregunta de su es la fuerza la que produce la aceleración. Sobre esta última el profesor puntualiza que es vectorial, lo que implica que tiene módulo y dirección y es un cambio en la velocidad.

El profesor condensa esta información diciendo que

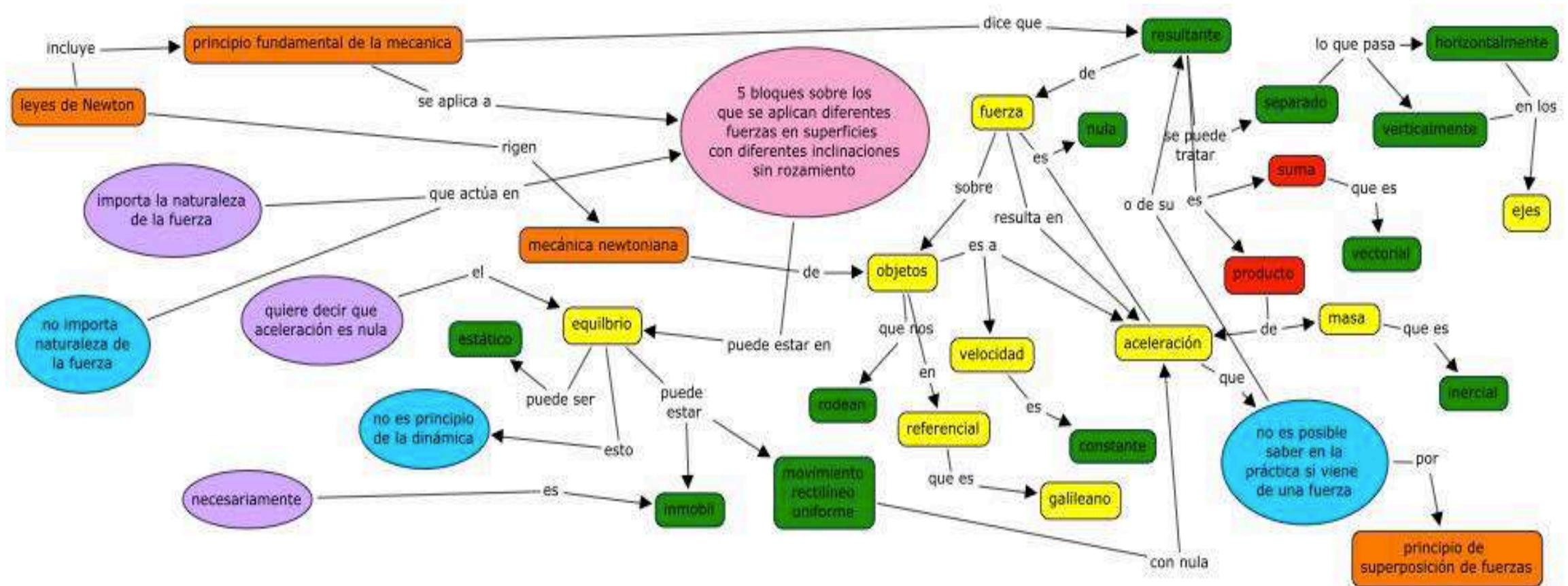
P7. la force c'est-ce qui crée le changement de vitesse d'un objet, donc changement de vitesse en module ou changement de vitesse en direction, on relie force et accélération. Si l'accélération est une quantité vectorielle, la force va être une quantité vectorielle également²⁵.

24 Si ninguna fuerza se aplica a un objeto, la velocidad de este objeto no cambia. Es decir, el objeto no tiene aceleración.

25 La fuerza es lo que crea el cambio de velocidad de un objeto, entonces, cambio de velocidad en modulo o cambio de velocidad en dirección, relacionamos la fuerza y la aceleración. Si la aceleración es una cantidad vectorial, la fuerza va a ser una cantidad vectorial igualmente.

Ahora bien, el profesor 2F aclara que antes de Newton existía la idea de Aristóteles que postulaba que el estado natural de un cuerpo era el reposo natural, lo que se vincula a un discurso cognitivo en el que el profesor asegura que es razonable desde la experiencia cotidiana ya que, por ejemplo, un cuerpo rodando sobre una mesa de madera, termina por frenar, sin embargo, el profesor 2F dice que esta idea es falsa y engañosa. Aunque, como se expresa en el mapa, tenemos tendencia a pensar que cuando no se ejerce fuerzas sobre él, el objeto está en su estado natural - el reposo-. La fuerza también se caracteriza en este discurso como una cantidad vectorial que puede sumarse vectorialmente y tiene orientación y magnitud. En otro tipo de características de la fuerza, se incluye un discurso cognitivo que presenta la fuerza como una idea difícil, pero que se puede tocar y representar geoméricamente.

Figura 8. Mapa conceptual segunda ley de Newton Profesor 2F



Este mapa, menos denso que los anteriores en el sentido que presenta menos conceptos y nodos, cuenta con algunos conceptos que hacen parte de varios nodos, estos son: equilibrio, fuerza y resultante de fuerzas, objetos y aceleración. El profesor 2F presenta el principio fundamental de la dinámica por medio de la resultante de fuerzas exteriores que actúan sobre un objeto o sistema, esta resultante es presentada como equivalente al producto entre la masa inercial del objeto o sistema y su aceleración.

Desarrollando este enunciado, se ejemplifica la aplicación del principio en cinco bloques sobre los que se aplican diferentes fuerzas y están en superficies con diferentes inclinaciones y en todos los casos sin rozamiento. El desarrollo de estos ejemplos genera en los estudiantes preguntas sobre la naturaleza de las fuerzas que se ejercen en los bloques y el significado del equilibrio, el profesor 2F incluye en su discurso que el equilibrio puede ser estático o dinámico y que la naturaleza de la fuerza no es relevante en el desarrollo de los ejercicios. También en el desarrollo de los ejemplos se puntualiza que los bloques se sitúan en un referencial galileano y que las fuerzas se consideran como sumatorias de fuerzas porque en la práctica se aplica el principio de superposición de fuerzas, en este sentido los problemas se pueden tratar vertical y horizontalmente por separado.

Este mapa conceptual se estructura en torno al concepto de fuerza y de cuerpo, el profesor 2F expone el principio de acciones reciprocas diciendo que

P.38 *la troisième loi de Newton, on l'a fait intervenir justement en réfléchissant à l'interaction entre deux corps*. C'est quoi l'interaction entre deux corps ? Quand deux corps interagissent c'est-à-dire qu'ils se poussent ou ils se tirent l'un l'autre. L'un applique une force sur l'autre et l'autre applique une force sur l'un... C'est-à-dire que lorsque deux corps sont en interaction, les forces d'un corps sur l'autre sont égales en normes, ils sont opposés en sens²⁶.

A la par de dar múltiples ejemplos que permiten evidenciar esto, el profesor 2F asegura que esta cuestión de los pares de fuerzas y su acción recíproca es fácil de conceptualizar, también asegura que no se trata de creerle al profesor, ni dejarse engañar de él sino de analizar los ejemplos, que de hecho son mayoritarios en el mapa conceptual. En el que también se enfatiza en un discurso cognitivo que enfatiza en no confundir un par de fuerzas con un equilibrio de fuerzas sobre un objeto, lo que puede ser perturbador. En este sentido, el profesor enfatiza como cada fuerza que actúa sobre un cuerpo es parte de un par de fuerzas en el sentido de la tercera ley de Newton y además de esto, el cuerpo puede o no estar en equilibrio.

5.2.3 Una comparación

Lo primero que vale la pena recordar para poder hacer un análisis inicial de los episodios presentados anteriormente es el saber de referencia de las tres primeras ley de Newton, es decir, los saberes, provenientes de la disciplina que se esperaban encontrar en los cursos, éstos se expusieron en el capítulo 4 pero se hará acá un recuento de los elementos que se esperaba (por parte de los autores), encontrar en los cursos:

- La fuerza actúa sobre un objeto cambiando su velocidad, definida por la aceleración que produce o por la variación de la cantidad de movimiento por unidad de tiempo.
- El movimiento puede notarse con respecto a una referencia. Se espera que se ubiquen referenciales y se explique su importancia.

26 La tercera ley de Newton, la hacemos intervenir justamente reflexionando sobre la interacción entre dos cuerpos. Qué es la interacción entre dos cuerpos? Cuando dos cuerpos interactúan, es decir, se empujan o se atraen el uno al otro. El uno aplica una fuerza sobre el otro y el otro aplica una fuerza sobre el primero... es decir que cuando dos cuerpos son en interacción, las fuerzas de estos cuerpos sobre el otro son iguales en norma y opuestas en sentido.

- La fuerza interpretada como la modelización de una acción mecánica en el mismo tiempo en el que la acción sucede $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ (mismo t)
- La fuerza como una cantidad vectorial.
- La evolución de las ideas sobre el estado natural de un cuerpo desde Aristóteles hasta Newton.

Con este contenido de referencia se procedió a usar la herramienta de comparación de cmaptools que como se dijo antes, permite ver si entre dos mapas conceptuales hay conceptos e incluso nodos (conceptos y relaciones entre conceptos) que sean idénticos, lo que se llama coincidencia. Esto se hizo para cada pareja de mapas como sigue:

Primera ley de Newton

Una primera comparación que es posible hacer es el de las categorías que incluye cada uno de los mapas, en la tabla 15 se relacionan las categorías presentes en los mapas sobre la primera ley de Newton de los profesores 1F y 2F y la cantidad de veces que aparecen en cada mapa:

Tabla 15. Categorías presentes en mapas sobre la primera ley de Newton profesores 1F y 2F

| Categoría | Profesor 1F | Profesor 2F |
|---|-------------|-------------|
| Magnitudes o conjuntos de magnitudes físicas (amarillo) | 20 | 12 |
| Características de las magnitudes o conjuntos de magnitudes (verde) | 5 | 7 |
| Leyes o dominios de la física (naranja) | 4 | 7 |
| Operadores matemáticos (rojo) | No | 2 |
| Personajes de la física (gris) | 2 | 3 |
| Discurso cognitivo en referencia a los aprendizajes que están involucrados (Azul) | 16 | 12 |
| Ejemplos (rosado) | 8 | 7 |
| Preguntas (morado) | 1 | 3 |
| Total | 56 | 53 |

Como se puede notar, los dos mapas conceptuales sobre la primera ley de Newton, contienen un número similar de conceptos o, dicho de otra manera, el mapa conceptual incluye un número similar de elementos. Aunque no están distribuidos de la misma manera como lo muestra el que el profesor 2F incluye operadores matemáticos y el 1F no, y que éste último tiene doce magnitudes mientras que el 1F

tiene veinte. Ahora bien, de acuerdo con el análisis comparativo de *cmaps tools*, estos dos mapas no tienen ningún nodo idéntico, sin embargo, el 31% de los conceptos que presentan (18 de 57) coinciden. Dentro de los conceptos que coinciden hay cuatro que lo hacen exactamente, es decir, con la misma formulación: fuerza, movimiento, sistema y velocidad y otros catorce que lo hacen parcialmente como cuerpos y cuerpo, fuerza a distancia, fuerza de contacto, fuerzas exteriores e interiores con fuerza o rozamientos con rozamiento.

Centrándose en los cuatro conceptos que coinciden exactamente entre los dos mapas, una primera diferencia que salta a la vista es que el profesor 2F define la fuerza como lo que causa el movimiento o a partir de la aceleración que produce, es decir, se ajusta a la definición lógica de la fuerza, que permite a los estudiantes abordarla, en todo caso según Maron (2015), el profesor 1F al contrario no presenta una definición de fuerza. Sin embargo, la primera ley de Newton se aborda en ambos casos desde el concepto de fuerza, que en ambos casos se entiende como una idea difícil de conceptualizar o difícil de imaginar, es de aclarar que esta percepción de dificultad no viene en ninguno de los dos casos de los estudiantes, sino que es presentada declarativamente por el profesor, lo que puede tener un menos impacto en el desarrollo de conflictos cognitivos (Pozo, 1999).

En cuanto a la presentación de la primera ley de Newton, en ambos casos se dice que, si un sistema o cuerpo no está influenciado por fuerzas exteriores, se mantendrá en movimiento rectilíneo uniforme o en reposo. En ambos casos también, este argumento se presenta haciendo uso de la historia y del hecho que Aristóteles consideraba que la fuerza era necesaria para mantener a un cuerpo en movimiento y fue Newton quien cambió este postulado, el profesor 1F adicionalmente se apoya en la experiencia que hizo Newton con balas cada vez más lisas en planos inclinados para argumentarlo mientras que el profesor 2F propone una experiencia de pensamiento con un objeto lanzado, en el caso límite que no haya fricción.

El hecho que ambos profesores incluyan un discurso sobre cómo en la historia de las ciencias se construyó el principio de la inercia, es coherente con que la educación científica requiere de la comprensión de los métodos que han llevado a construir el conocimiento científico, es decir, que comprender la ciencia implica también conocer acerca de la ciencia (Harlen, 2011). Sin embargo, el hecho que los profesores lo

presenten de manera anecdótica, permite unos cuestionamientos, de acuerdo con de Hosson (2011)

No es fácil involucrar a los alumnos en la dinámica compleja de un descubrimiento científico. Ello requiere que los soportes potenciales (texto original, documento iconográfico, relato histórico, réplica de experiencias...) estén adaptados a los objetivos pedagógicos y didácticos asignados. El reto consiste en evitar, en la medida de lo posible, el estilo reductor y anecdótico utilizado, por ejemplo, en muchos manuales escolares, cuya eficacia resulta discutible en términos de aprendizaje (Mathy, 1997; Slisko, 2008, citados por de Hosson, 2011, p.116).

En su presentación del análisis del movimiento el profesor 1F incluye el concepto de referencial mientras que el profesor 2F no lo hace, como se dijo antes, los profesores tienen tendencia a no considerar el referencial y deslocalizar los fenómenos en el espacio y el tiempo (Viennot, 1994, 1996), es por esto que el hecho que el profesor 1F presente el concepto de referencial es importante porque busca que los estudiantes comprendan y manipulen correctamente el discurso.

Ahora bien, el aprendizaje de las ciencias naturales implica que los estudiantes puedan cuestionar o nutrir lo que saben y para esto, es importante favorecer la actividad (aunque sea cognitiva) del estudiante (Pozo, 1999), es por esto que, en este caso, puede que no sea suficiente presentar la idea de referencial o advertir que es necesario definir un referencial galileano. El mismo razonamiento se puede hacer para los discursos cognitivos de ambos profesores ya que en ambos casos el profesor dice que la fuerza y el principio de la inercia son difíciles de conceptualizar o contraintuitivos pero esta idea viene del profesor y no suscita un análisis o reacción del estudiante.

Aunque en ambos casos se presentan varios ejemplos, no se busca ejemplificar las mismas categorías: el profesor 1F usa ejemplos para describir las fuerzas de contacto y a distancia, para mostrar como el movimiento es relativo al referencial y para ejemplificar la fuerza (en ausencia de definición), también usa ejemplos para ilustrar los postulados de Galileo y para resaltar movimientos en los que sin influencia de fuerzas exteriores, un cuerpo se mueve a velocidad constante. El profesor 2F en cambio, utiliza ejemplos para ilustrar el principio de superposición de fuerzas, el freno natural de los cuerpos y la fuerza.

Como se puede notar, el profesor 1F utiliza más ejemplos que el profesor 2 pero además lo hace para ilustrar la influencia de las fuerzas en el movimiento y con mecanismos de naturaleza diferente. Si se analizan los ejemplos del profesor 1F corresponden a pequeños experimentos hechos con carros imantados construidos con piezas de lego, bolas de billar o bolas en una rampa inclinada, todos corresponden a ejemplos cotidianos u observados directamente en clase, en paralelo el profesor 2F trabaja con ejemplos de pruebas de curling, experiencias de pensamiento o bolas en una mesa de madera, lo que podría resultar para algunos estudiantes lejano de su realidad cotidiana.

Relacionado con los ejemplos, el profesor 2F para explicar las fuerzas a distancia usa la idea de campo, es decir, presenta la idea de fuerza a distancia con una analogía con la idea de campo. Una analogía significa hacer una entre al menos dos conceptos, buscando que uno sea conocido, y a partir de las características compartidas, permita acceder a la comprensión sobre otro concepto menos conocido; las analogías tienen el riesgo que los estudiantes traspasen todas las características de los conceptos que conocen al desconocido, incurriendo así en errores o que los dos conceptos sean desconocidos (Galakovsky y Adúriz-Bravo, 2001), en este caso, el concepto de campo entraña también obstáculos de comprensión importantes ya que de hecho “los estudiantes no diferenciarán fácilmente entre los conceptos de campo y fuerza eléctrica” (Furió y Guisasola, 1998, p.131).

Finalmente, en el mapa del profesor 1F se referencia una pregunta y en el caso del profesor 2F se presentan 3 preguntas, es importante recordar que las preguntas que se consideran en los mapas no son todas las preguntas que formula el profesor sino las que o están formuladas por los estudiantes o contaron con una reacción por parte de ellos. Es importante que haya cuestionamiento porque es este el que posibilita algunos procesos cognitivos de los estudiantes, el hecho que los estudiantes reaccionen a las preguntas de los estudiantes genera ciclos de actividad cognitiva que promueven el aprendizaje de los estudiantes (De Longhi, Ferreyra, peme, Bermudez, Quse, Martínez, Iturralde y Campaner, 2012).

Segunda ley de Newton

El análisis de las categorías que incluye cada uno de los mapas, se condensa en la tabla 16 donde se relacionan las categorías presentes en los mapas sobre la segunda

ley de Newton de los profesores 1F y 2F y la cantidad de veces que aparecen en cada mapa:

Tabla 16. Categorías presentes en mapas sobre la segunda ley de Newton profesores 1F y 2F

| Categoría | Profesor 1F | Profesor 2F |
|--|-------------|-------------|
| Magnitudes o conjuntos de magnitudes físicas (amarillo) | 11 | 8 |
| Características de las magnitudes o conjuntos de magnitudes (verde) | 6 | 12 |
| Leyes o dominios de la física (naranja) | 2 | 4 |
| Operadores matemáticos (rojo) | 7 | 2 |
| Personajes de la física (gris) | 1 | No |
| Discurso cognitivo en referencia a los aprendizajes que están involucrados | 7 | 3 |
| Ejemplos (rosado) | 2 | 1 |
| Preguntas (morado) | No | 3 |
| Total | 36 | 33 |

Como se puede notar, los dos mapas conceptuales sobre la segunda ley de Newton, contienen, al igual que en el caso anterior, un número similar de conceptos, o dicho de otra manera, el mapa conceptual incluye un número similar de elementos. Aunque no están distribuidos de la misma manera como lo muestra el que el profesor 1F incluye personajes de la física y el 2F no, al contrario, el mapa del profesor 1F no incluye preguntas y el del profesor 2F incluye tres. También hay diferencias en la cantidad, el profesor 1F tiene siete referencias a operadores matemáticos mientras que el profesor 2F tiene solo dos, y el profesor 2F presenta doce características de magnitudes y el profesor 1F seis.

De acuerdo con el análisis comparativo de cmaps tools, estos dos mapas no tienen ningún nodo idéntico, sin embargo, el 30% de los conceptos que presentan (11 de 36) coinciden. Dentro de los conceptos que coinciden hay cinco que lo hacen exactamente, es decir, con la misma formulación: fuerza, velocidad, constante, producto, suma y otros seis que lo hacen parcialmente como referencial galileano con referencial aproximativamente galileano. Centrándose en los cinco conceptos que coinciden exactamente entre los dos mapas, es importante decir que buena parte del mapa se estructura sobre el concepto de fuerza, además de lo que se presentó en el análisis de la sección anterior, es importante decir que en este segundo mapa el profesor 2F incluye la noción de referencial. Por lo demás, en estos dos mapas se

encuentra el concepto de fuerza y la presentación del principio fundamental de la dinámica como

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

En este sentido, los dos mapas cuentan con la fuerza como una categoría necesaria para explicar el principio fundamental de la dinámica, categoría que está inserta dentro de la expresión, sin embargo, el profesor 1F habla de la cantidad de movimiento, deja explícito que el principio fundamental de la dinámica incluye la derivada temporal de la cantidad de movimiento; mientras tanto, el profesor 2F incluye que cuando la resultante de fuerzas es nula, entonces el sistema está en equilibrio.

En ambos casos hay una formalización de la relación matemática solo que en el caso se del profesor 2F se detallan la resultante de fuerzas mientras que en el caso 1F se operacionaliza matemáticamente y se introduce la noción de cantidad de movimiento. Son dos organizaciones diferentes que pueden tener implicaciones pedagógicas, los estudiantes de primer año vienen de una matematización tardía de los conceptos ligados a las leyes de Newton, como se dijo en el primer capítulo. El profesor 1F opta por presentar el principio fundamental de la dinámica desde una ecuación diferencial, ahora bien, los estudiantes tienden a tener problemas en la construcción de relaciones entre conceptos y el uso del formalismo matemático que tienen asociado (Albe, Venturini y Lascours, 2001), en este sentido, la explicación de la ecuación diferencial implica un reto mayor de comprensión.

Aunque en ambos casos los mapas cuentan con ejemplos, al igual que en el caso de la primera ley de Newton, son de diferente naturaleza, manteniendo la misma línea que se mostró en el apartado anterior, es decir, el profesor 1F trabaja fundamentalmente sobre pequeños experimentos en clase y el profesor 2F sobre ejemplos que se podrían llamar teóricos con bloques sobre diferentes superficies. Se puede decir a groso modo que el profesor 1 ejemplifica la cantidad de movimiento y la segunda ley de newton mientras que el profesor 2 ejemplifica las aplicaciones de la relación

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

El profesor 1F continúa con carros de lego imantados que, con distintas masas y ejercicios, muestra la variación de la cantidad de movimiento o impulsión y que la

cantidad de movimiento se conserva; también hace otro pequeño experimento en clase que es una pequeña piedra atada a una cuerda con la que provoca un movimiento circular, con base en esa experiencia habla del principio fundamental de la dinámica en un referencial galileano. El profesor 2F en cambio, muestra cinco ejercicios en los que se aplica el principio fundamental de la dinámica a un bloque sobre una superficie, suponiendo que no hay rozamiento, pero aumentando el grado de inclinación y el número de fuerzas que se ejercen sobre el bloque.

Para finalizar, el discurso cognitivo del profesor 2F se refiere al principio de superposición de fuerzas, sobre el hecho que si una persona está de espaldas y lo tiran o empujan, esta persona no puede saber si siente la fuerza debida a una persona o una sumatoria de fuerzas. Al contrario, el profesor 1F recalca que el principio fundamental de la dinámica es un principio y no una ley, dado que la fuerza no cuenta con una definición autónoma, sin embargo, aclara que el concepto de cantidad de materia permite medir la fuerza porque la velocidad puede medirse en la expresión matemática

$$\vec{P} = m \cdot \vec{v}$$

El profesor 2F, hablando del principio fundamental de la dinámica dice que es muy confuso el que la naturaleza no haya decidido pararse en la primera derivada de la velocidad como consideraba Aristóteles sino en la segunda, en este caso la dificultad – confusión- es también presentada declarativamente por el profesor, como en la primera ley de Newton.

Tercera ley de Newton

Como en los dos casos anteriores, se hace una primera comparación con las categorías que incluye cada uno de los mapas, en la tabla 17 se relacionan las categorías presentes en los mapas sobre la tercera ley de Newton de los profesores 1F y 2F y la cantidad de veces que aparecen en cada mapa, como sigue:

Tabla 17. Categorías presentes en mapas sobre la tercera ley de Newton profesores 1F y 2F

| Categoría | Profesor 1F | Profesor 2F |
|---|-------------|-------------|
| Magnitudes o conjuntos de magnitudes físicas (amarillo) | 13 | 15 |

| | | |
|--|-----------|-----------|
| Características de las magnitudes o conjuntos de magnitudes (verde) | 10 | 8 |
| Leyes o dominios de la física (naranja) | 4 | 3 |
| Operadores matemáticos (rojo) | 3 | 1 |
| Personajes de la física (gris) | 1 | No |
| Discurso cognitivo en referencia a los aprendizajes que están involucrados | 5 | 3 |
| Ejemplos (rosado) | 4 | 9 |
| Preguntas (morado) | 2 | 1 |
| Total | 42 | 40 |

Como se puede notar, los dos mapas conceptuales sobre la tercera ley de Newton, contienen, a diferencia de los dos mapas anteriores, producto del análisis comparativo de cmaptools se encuentra que estos mapas tienen dos nodos idénticos que son “igual en forma” y “opuestas en sentido”, lo que es lógico ya que los dos profesores presentan el principio de acciones recíprocas diciendo que cuando dos cuerpos están en interacción se ejercen mutuamente fuerzas que son iguales en forma pero opuestas en sentido.

Además de esto, los dos mapas coinciden en un 30% de los conceptos que presentan (13 de 42), dentro de los conceptos que coinciden, cinco lo hacen exactamente, estos conceptos son: sistema, iguales, norma, opuestas, sentido. El análisis de estos cinco conceptos nos lleva de nuevo a que los dos profesores presentan la tercera ley de Newton desde el mismo argumento. Aunque el profesor 2F da mas ejemplos de pares de fuerzas y el profesor 1F tiene un discurso mas amplio sobre la física y el aprendizaje ligado a esta ley, que incluye precisiones sobre el título del principio, por ejemplo.

Como se pudo ver, los mapas conceptuales son útiles para organizar y analizar los discursos de los profesores, lo que permite distinguir algunos de los elementos que presentan, así como compararlos, gracias no solo a que son organizadores gráficos sino también a que cmaptools permite hacer una búsqueda de coincidencias entre dos mapas conceptuales. Este primer análisis deja la puerta abierta a la búsqueda de detalles en el discurso que puedan aclarar de mejor manera la forma como los dos profesores intentan que sus estudiantes aprendan, ya que los mapas conceptuales no permiten analizar en detalle el discurso, ni ver, por ejemplo el número de repeticiones sobre una idea o concepto, para esto, en la siguiente sección se hace un análisis de las proximidades in acta supuestas que los investigadores deducimos del discurso de los dos profesores, en el desarrollo de las dos leyes de Newton.

4.3 Análisis micro de los episodios comunes (profesores Franceses)

Con base en los tipos de proximidades expuestos en el capítulo cuatro:

Tipo 1: Establecimiento de relaciones entre el conocimiento de sentido común o teorías implícitas y los conocimientos científicos socialmente compartidos, este tipo de proximidad en acto mostraría de qué manera lo contra intuitivo de varias explicaciones científicas es tenido en cuenta por los profesores en su discurso.

Tipo 2: El trabajo de la dialéctica “mundo de objetos y de eventos / mundo de teorías y de modelos” del profesor. Este tipo de proximidad permitiría examinar cómo el profesor acompaña a los estudiantes en ese proceso de análisis de lo real, lo que lleva a una dimensión importante de la física que es la modelación o matematización de la realidad.

Tipo 3: Los saberes en científicos existen gracias a una historia., las proximidades en acto pueden ser también en la manera como los profesores hacen evidente este hecho, es decir, si los saberes que se presentan son problematizados.

Tipo 4: El trabajo de volver los conocimientos de los estudiantes, aplicables, lo que puede ayudar a los estudiantes a aprender.

Las proximidades en acto, es decir, las estrategias que usan los profesores para lograr que los estudiantes aprendan ciencias, se buscaron en el marco de la transcripción, básicamente sobre el texto coloreado con las categorías pertenecientes a los mapas conceptuales, como se mostró en el apartado anterior, se subrayaron los extractos que podían suponerse como un intento intencionado de lograr el aprendizaje de los estudiantes. A partir de una reflexión acerca de lo que significa la física en si misma se definieron las categorías anteriormente definidas, como se mostró en el capítulo cuatro, lo que se hizo en la búsqueda de proximidades en acto fue analizar las ayudas que los profesores proveen a los estudiantes para poder acceder a ella.

Es importante puntualizar una vez más que en esta investigación no tenemos manera de saber si estas proximidades en acto fueron efectivas ya que esto depende de múltiples factores, entre ellos los estudiantes (su involucramiento, saberes previos, etc), lo que se buscó más bien fue una descripción del discurso de los profesores vista desde la teoría del doble acercamiento y concretamente del concepto de proximidades

en acto. Lo anterior con la intención de analizar las distintas posibilidades que hay en un curso magistral de integrar elementos que, al criterio de los investigadores, son importantes para el aprendizaje, es decir, dimensiones que se han presentado en los capítulos precedentes y son de importancia para la didáctica de las ciencias.

En el entendido que un curso magistral tiene varios retos asociados a la necesidad de lograr que el estudiante aprenda, se asume que estos retos pueden ser asumidos de diferentes maneras, en ese sentido, para un mismo contenido, dos profesores pueden tomar decisiones diferentes que intentamos resaltar y analizar. Ahora bien, es posible suponer que dado que una proximidad en acto habla del intento del profesor de situarse en la zona de desarrollo proximal del estudiante, éstas dependerán en buena medida del interlocutor del que no tenemos información particular al no haber actividad autónoma; por lo anterior, y dada la diversidad de estudiantes que se tienen en los cursos (aproximadamente 150 estudiantes en Francia por cada curso), nos interesamos en etiquetar incluir una gran gama de frases dentro de estas categorías, entendiendo que, lo que puede ser una proximidad para un estudiante, puede no serlo para otro.

Como tenemos proximidades en acto de cuatro tipos, se presentarán las proximidades de cada tipo asociadas a cada profesor a lo largo de su discurso sobre la primera, segunda y tercera ley de Newton. Las P que se encuentran antes de cada proximidad corresponden a la página en la que se encuentra en la transcripción que está ordenada como se dijo en el apartado anterior.

4.3.1 Profesor 1F

Como se dijo antes, la transcripción completa de la primera, segunda y tercera ley de Newton del profesor 1F, equivalen a quince páginas de transcripción, las proximidades en acto supuestas para este profesor, para cada tipo de proximidad se hará la lista de proximidades en acto supuestas.

Proximidades en acto de tipo 1

Las proximidades en acto de este tipo que se dedujeron del discurso se listan a continuación

P.1 Et ces deux exemples vous donnent deux grandes catégories de forces les unes faciles à imaginer qui sont les forces de contact.²⁷

P.1 Et ça c'est un effort conceptuel important que d'accepter cette idée qu'à distance il peut y avoir une force.²⁸

P. 1 Pour ces forces à distance, une manière qui a été ... qui rend pratique l'idée que à distance on peut exercer une force, c'est l'idée de champ : un champ électrique, un champ magnétique, un champ de pesanteur qui vous dit que ce que fait la terre c'est de créer un champ ici, c'est-à-dire des vecteurs à tout point de l'espace G. Et ce que la craie sente ce n'est pas directement la terre, c'est le champ.²⁹

P.1 Bon ceci étant dit, on sent aussi que cette notion de force elle est un peu évanescence et vous allez voir qu'il y a une légère difficulté ici de comprendre ce qu'est une force d'arriver à la définir.³⁰

P.2 Que dit le principe d'inertie ? Le principe d'inertie nous dit la chose suivante qui est : au premier abord très contre intuitive, elle nous dit que si je prends un objet et que j'arrive à le mettre loin de tout, loin de la terre, loin du soleil, loin de tout par fluence c'est-à-dire qu'il n'y ait plus aucune force qui s'exerce sur lui, et bien sur cet objet sur lequel s'exercerait aucune force se déplacerait dans le vide intersidéral à vitesse constante comme ceci.³¹

P.2 Pourquoi est-ce que c'est contre-intuitif ? Parce que l'expérience courante nous dit en apparence le contraire et c'est une difficulté qui a mis des siècles à se résorber. Par conséquent c'est normal d'avoir une difficulté de compréhension.³²

P.2 L'expérience courante dit que si j'essaie de pousser un mobile, le mobile il s'arrête. Alors pour qu'il avance, il faut en apparence que je maintienne une force. Cette chose-là est une idée fautive. Elle est fautive parce que dans la vraie vie on a toujours des frottements qui arrivent qui sont des forces d'une autre nature.³³

27 Y estos dos ejemplos les dan grandes categorías de fuerza, unas fáciles de imaginar que son las fuerzas de contacto

28 Y eso es un esfuerzo conceptual importante que es el de aceptar esta idea que a distancia puede haber una fuerza

29 Para estas fuerzas a distancia, una manera que fue... que vuelve práctica la idea que a distancia podemos ejercer una fuerza, es la idea de campo: un campo eléctrico, un campo magnético, un campo gravitacional que les dice que lo que hace la tierra es generar un campo acá, es decir, vectores en todos los puntos del espacio G. Y lo que la tiza siente no es directamente la tierra sino el campo.

30 Bueno, dicho esto, sentimos que esta noción de fuerza es un poco vaporosa y ustedes van a ver que hay una ligera dificultad aquí en comprender lo que es una fuerza, lograr definirla

31 Qué dice el principio de la inercia?, el principio de la inercia nos dice lo siguiente que es a primera vista muy contra intuitivo, nos dice que si yo tomo un objeto y logro ponerlo lejos de todo, lejos de la tierra, lejos del sol, lejos de toda influencia, es decir, que no haya ninguna fuerza que se ejerza sobre él, bueno, entonces este objeto sobre el que no se ejerce ninguna fuerza se desplazará en el vacío intersidéral a velocidad constante como esto.

32 Por qué es contraintuitivo?, porque la experiencia cotidiana nos dice en apariencia lo contrario, y es una dificultad que tomó siglos en resolverse. En consecuencia es normal tener una dificultad de comprensión

33 La experiencia cotidiana dice que si yo ensayo empujar un móvil, el móvil se detiene. Entonces para que avance es necesario en apariencia que yo mantenga una fuerza. Eso es una idea falsa. Ella es falsa porque en la vida cotidiana tenemos siempre rozamientos que son fuerzas de otra naturaleza.

P.3 Donc il faut vraiment oublier cette question, cette idée qu'une vitesse signifie qu'il y a une force dessus c'est une idée la plus fondamentalement fausse. Et ce n'est pas de votre faute si vous l'avez en tête c'est que d'autres gens l'ont dans leur tête pendant des siècles³⁴

P. 5 J'insiste une dernière fois et après je considérerai que c'est bon dans votre tête. Si je vois qu'un système est à vitesse constante, il bouge, ce n'est pas pour ça qu'il y a une force dessus. Quand je lance une flèche dans l'air, une fois que la flèche a quitté l'arc, en première approximation - bien sûr il y a la gravité, il y a l'air autour mais en première approximation, la flèche va tout droit à vitesse constante - et bien pendant ce bout de trajectoire, pas parce qu'elle bouge qu'il y a une force dessus.³⁵

P.5 Donc il y a deux choses qu'il faut vous mettre dans la tête fermement : je peux avoir une vitesse nulle et des forces qui s'exercent sur un objet. Par exemple sur cet objet ici, j'ai la gravité qui s'exerce, j'ai une force exercée par la table sur le poids, donc je peux bien avoir des forces sans qu'il y ait du mouvement et réciproquement, je peux avoir un mouvement sans qu'il y ait de force. Ce mouvement c'est le mouvement de translation rectiligne uniforme par rapport à un référentiel Galiléen³⁶.

P.10 Il faut bien avouer que la dénomination qu'avait trouvée Newton pour ce principe qu'il appelait une loi était beaucoup mieux trouvée que l'action et réaction qui est trompeur. Donc entre nous on ne va pas l'appeler comme ça mais comme tout le monde l'appelle comme ça vous retenez mais on va l'appeler principe des actions réciproques. 1:16:02.0 de manière symétrique l'action et la réaction.³⁷

Las proximidades de este tipo muestran el establecimiento de relaciones entre el conocimiento de sentido común o las teorías implícitas que investigadores suponen, los profesores suponen en los estudiantes y el conocimiento científico. Como se puede ver, durante su presentación de las tres leyes de Newton del profesor 1F logramos identificar once intervenciones en las que consideramos se puede deducir esta proximidad ya que el profesor incluye alusiones a las ideas contraintuitivas que pueden estar asociadas a varias explicaciones científicas relacionadas a las primeras dos leyes de Newton.

34 Entonces toca hay que olvidar verdaderamente esa cuestión, esa idea que una velocidad significa que se está ejerciendo una fuerza, esa idea es la más falsa. Y no es su culpa si la tienen en la cabeza, fue que otras personas lo tuvieron en su cabeza durante siglos.

35 Insisto una última vez y después consideraré que está bien en sus cabezas. Si yo veo que un sistema tiene velocidad constante, se mueve, no es que haya una fuerza influenciándolo. Cuando lanzo una flecha al aire, una vez que la flecha se separó del arco, una primera aproximación (por supuesto que está la gravedad, hay aire alrededor, pero una primera aproximación), la flecha va derecho a velocidad constante y durante ese pedazo de trayectoria, no es porque se mueva que hay una fuerza.

36 Entonces hay dos cosas que es necesario que metan en su cabeza: puedo tener una velocidad nula y fuerzas que se ejercen en un objeto. Por ejemplo, en este objeto de acá, tengo la gravedad que se ejerce, tengo una fuerza ejercida por la mesa sobre el peso, entonces puedo tener fuerzas sin que haya movimiento y recíprocamente, puedo tener movimiento sin que haya fuerza. Este movimiento es el movimiento de traslación rectilínea uniforme con respecto a un referencial Galileano.

37 Es necesario reconocer que la denominación que encontró Newton para este principio que el llamaba ley, era mucho mejor que el de acción reacción que es engañoso. Entonces entre nosotros no vamos a llamarlo así como todo el mundo lo llama, aunque se van a acordar que así lo nombra la gente, acá lo vamos a llamar principio de acciones recíprocas ... de manera simétrica a acción y reacción.

Entre las diez hay cuatro intervenciones, con las que de hecho el profesor inicia su discurso ya que se encuentran en la página uno, que hacen referencia a la facilidad que entraña la comprensión de ciertas ideas (fuerzas de contacto) y la dificultad de algunas otras, entre estas últimas están las fuerzas y las fuerzas a distancia. Estas frases pueden mostrar una postura del profesor y no del estudiante ya que son enunciadas declarativamente por el primero, ahora bien, es importante que los profesores organicen los contenidos, teniendo en cuenta el nivel de dificultad que implican (Zapata, 2005).

Estas frases pueden mostrar entonces la conciencia del profesor sobre la dificultad diferenciada que presentan las ideas del curso y su intención de lograr que los estudiantes tengan conciencia del reto al que se enfrentan, sin embargo, el hecho que la dificultad sea presentada declarativamente por el profesor y no provenga de la actividad o el análisis del estudiante, puede tener menor impacto en los procesos de cambio conceptual o representacional que llevan de las ideas intuitivas a las científicas (Pozo, 1999). Un intento explícito de convertir una idea difícil un poco más fácil, es la analogía que hace el profesor entre fuerzas a distancia y campo, sin embargo, como se dijo en el apartado anterior; el concepto de campo implica también obstáculos de comprensión importantes ya que de hecho “los estudiantes no diferenciarán fácilmente entre los conceptos de campo y fuerza eléctrica” (Furió y Guisasola, 1991, p.131).

Este profesor menciona también explícita y declarativamente que el principio de la inercia presenta una idea que a primera vista es contra intuitiva, además de decirlo así, el profesor explica por qué es contraintuitiva, básicamente porque la experiencia cotidiana permitiría llegar a otras conclusiones que son falsas porque lo que estaríamos viendo es el efecto del rozamiento. Si tenemos en cuenta que un proceso de cambio conceptual se puede entender como uno en el que se explicitan las ideas iniciales (en este caso contraintuitivas) del estudiante, luego se ponen a prueba demostrando su limitación o equivocación y finalmente se formaliza la idea coherente con el saber científico establecido (Pozo y Rodríguez, 2001).

Es razonable pensar que el profesor, con esta explicación presentó el proceso completo de cambio conceptual y los argumentos que lo sustentan, probablemente interesado en que los estudiantes puedan seguirlo, hacer las ideas contraintuitivas que generalmente son implícitas, explícitas es importante para el aprendizaje (Pozo,

1995). Sin embargo, el cambio conceptual es un proceso cognitivo, en este sentido es el estudiante el que debería seguir el proceso presentado por el profesor, en sus propios razonamientos, de lo contrario, es posible también que sus ideas contra intuitivas y las presentadas en el curso, convivan en algunos estudiantes (Moreira y Greca, 2003).

Finalmente, el profesor presenta unas ideas en donde se puede ver un imperativo de olvidar que una velocidad significa que se está aplicando una fuerza y guardar bien en la cabeza que si un sistema está a velocidad constante o se mueve no es porque se le esté aplicando una fuerza, de hecho, el profesor dice que después de haberlo repetido esa vez, lo va a considerar aprendido. Es interesante ver como el profesor insiste en mostrar cómo estas ideas no funcionan o en las relaciones que espera que construyan, visitar una idea es uno de los factores importantes para aprenderla (Bransford, Brown y Cocking, 2000), sin embargo, aprender es un proceso complejo y que se diferencia de un estudiante a otro, en ese sentido no se puede considerar que algo está aprendido porque se diga varias veces ni tampoco se aprende una idea que es compleja para el estudiante porque el profesor lo diga, la evaluación permanente podría ayudar al profesor a saber si se han incorporado las ideas que se esperan (López, 2013).

Proximidades en acto de tipo 2

Las proximidades en acto de este tipo que se dedujeron del discurso se listan a continuación

P.1. **une force** dans le **langage de tous les jours** avec les **sensations de nos mains**, on sent ce que c'est que appliquer une force à un objet, à une table.³⁸

P.1 **On comprend aussi une fois qu'on a conceptualisé le fait que la craie qui tombe est attirée par la terre, que la terre exerce une force dessus**³⁹.

P.1 **Les autres forces qui sont plus dures à imaginer, qui sont les forces qui s'exercent à distance**. Par exemple la terre sans toucher la craie, elle exerce une force dessus⁴⁰.

P.1 **Un autre exemple que vous avez ici, là j'ai mis des aimants sur les chariots Lego. Donc il y a deux aimants par chariot Lego. Les deux chariots sont strictement identiques comme**

³⁸ Una fuerza en el lenguaje cotidiano, con la sensación de nuestras manos, sentimos lo que es aplicar una fuerza a un objeto, a una mesa.

³⁹ Comprendemos también una vez que hemos conceptualizado el hecho que la tiza que cae es atraída por la tierra, que la fuerza ejerce una fuerza sobre la tiza.

⁴⁰ Las otras fuerzas que son más difíciles de imaginar, que son las fuerzas a distancia. Por ejemplo, la tierra sin tocar la tiza, ejerce una fuerza sobre ella.

ça il y a si j'approche l'aimant sans que ça se touche, et bien ils s'exercent une force dans le sens qui est que ça a mis en mouvement le second chariot⁴¹.

P.3 ce n'est pas parce que c'est en mouvement qu'il y a une force. Ici moi je me déplace, regarde l'objet, il bouge, et pourtant pouvez-vous convaincre que si je me mets là, là vous êtes convaincus qu'il n'y a pas de force horizontale, il n'y a rien qui appuie dessus. Pourtant il bouge dans un certain référentiel⁴².

P. 3 Donc ce que je raconte que un objet qui n'est soumis à aucune force va en ligne droite, on dira a une trajectoire rectiligne uniforme, avance à vitesse constante le long d'une droite et bien, ça ne peut pas être vrai dans tout référentiel puisque si c'est vrai dans un référentiel et que moi je choisis un autre qui tourne ce n'est plus vrai. Par conséquent ça ne peut-être vrai que dans des référentiels particuliers. Ces référentiels particuliers on les appellera Galiléen⁴³.

P.4 C'est un principe et pas une loi de physique. Pourquoi est-ce que c'est un principe ? Mais c'est surtout parce que dedans vous voyez bien le mot force, le mot force je ne l'ai pas défini. Alors c'est un peu embêtant parce que du coupe et ben ce n'est pas vérifiable. Ce n'est pas un principe qui est falsifiable⁴⁴.

P.4 C'est en ce sens que c'est difficilement démontrable, c'est même difficilement testable cette idée parce que c'est basé sur le fait que vous avez défini la force avant mais justement je ne l'ai pas définie. Donc on va dire que c'est vrai et tant que ça tient, on va construire dessus. C'est en ça que c'est un principe. Ce n'est pas tout à fait un postulat de mathématique parce qu'on parle de la vraie vie mais ce n'est pas non plus une loi physique dont on peut montrer qu'elle est vraie ou pas⁴⁵.

P.4 à l'intérieur de ça si la boule elle tient ensemble, c'est parce que un bout de la boule attire l'autre bout de la boule sinon ça tomberait en morceau. Et ce n'est pas le cas. Donc ça il y a des forces de cohésion là-dedans qui agissent, qui s'exercent sur une partie sur l'autre partie. Mais si c'est à l'intérieur de la boule, c'est que ça s'exerce d'un sous-système sur l'autre sous-système. Mais sur le système complet, ces forces ne s'exercent pas⁴⁶.

⁴¹ Otro ejemplo que tienen aquí, allá yo puse imanes sobre los carros de lego. Entonces hay dos imanes por carro de lego. Los dos carros son estrictamente idénticos, así, si yo acerco los imanes, sin que se toquen, entonces ellos se ejercen una fuerza en el sentido que es esto lo que puso en movimiento el segundo carro.

⁴² No es porque está en movimiento que hay una fuerza. Acá yo me desplazo, observen el objeto, se mueve y, por tanto, ustedes pueden convencerse que si yo me meto allá, allá ustedes están convencidos que no hay fuerzas horizontales, no hay nada que lo empuje pero se mueve en cierto referencial.

⁴³ Entonces, lo que cuento que un objeto que no está sometido a ninguna fuerza va en línea recta, diremos una trayectoria rectilínea uniforme, avanza a velocidad constante a lo largo de una recta y bien, esto no puede ser cierto en todo referencial porque si es cierto en un referencial y que yo escojo otro que gira, en este caso no es cierto. En consecuencia, esto no puede ser cierto sino en ciertos referenciales particulares. Estos referenciales particulares los llamaremos Galileanos.

⁴⁴ Es un principio y no una ley de la física. ¿Por qué es un principio? Es sobretodo porque adentro ustedes pueden ver la palabra fuerza, la palabra fuerza no la he definido. Entonces es un poco molesto porque no es verificable. No es un principio que sea falsable.

⁴⁵ En este sentido es difícilmente demostrable, es también difícilmente comprobable esta idea porque se basa en que ustedes han definido la fuerza antes pero justamente yo no la he definido. Entonces vamos a decir que es cierto en tanto que funciona, vamos a construir sobre esto. No es un principio. No es tampoco un postulado matemático porque hablamos de la verdadera vida, pero no es tampoco una ley de la física de la que podemos mostrar si es verdadera o no.

⁴⁶ Al interior de eso, si la bola se mantiene junta es porque un pedazo de la bola atrae al otro, si no, se separaría en pedazos y no es el caso. Entonces hay fuerzas de cohesión dentro que actúan, que se ejercen de una parte sobre la otra. Pero si es al interior de la bola, es que se ejercen de un sub-sistema a otro sub-sistema. Pero sobre el sistema completo, las fuerzas no se ejercen.

P.35 Je constate que la dérivée de la quantité de mouvement totale par rapport au temps c'est la somme des forces extérieures. Et ça c'est le principe fondamental de la dynamique. Donc le principe fondamental de la dynamique il s'applique non seulement à un système simple à un seul composant mais puisque l'action et la réaction sont opposées et bien, ça s'applique encore à un système composé de sous-systèmes puisque les forces intérieures s'éliminent quand je les additionne.⁴⁷

Las proximidades en acto de este tipo buscan la manera como el profesor trabaja en una cuestión importante de las ciencias, la dialéctica del objeto y la teoría, cómo busca que los estudiantes tejan esa relación entre lo real y su modelización o matematización. Logramos identificar diez apartados del discurso de este profesor en las que el profesor combina estas dos dimensiones o ayuda a los estudiantes a hacerlo, esto por medio de ejemplos y de pequeñas experiencias en la clase. Algunos de estos ejemplos están orientados a trabajar sobre ideas típicas de los estudiantes o concepciones que se han presentado antes, como la importancia de tener en cuenta un referencial, cuando el profesor muestra que un objeto puede estar en movimiento o no según el referencial desde el que se analice.

Este tipo de intervenciones ayudan a transferir ideas que están en el terreno de la teoría a observaciones concretas que se ubican en el terreno de lo real u observable, este tipo de intervenciones pueden tener la intención de establecer un vínculo entre dos tipos de registros que, de estar separados, dificultan la comprensión de los fenómenos en ciencias (Taber, 2013). Dicho de otro modo, el profesor puede buscar desarrollar pensamiento científico, éste último necesita de los hechos empíricos para la comprensión de los conceptos y la asociación de las matemáticas con la experiencia, el profesor puede entonces buscar que el estudiante aprenda “por medio de construcciones no palpables obtenidas gracias a la interacción con lo palpable y es la interacción con el entorno, lo real, lo “natural” lo que lo hace posible” (Martínez, 2014, p.39)

Hay otros tipos de intervenciones entre las encontradas que están en un terreno un poco más abstracto, como la explicación sobre por qué el principio de la inercia es un principio y no una ley de la física, en este tipo de intervenciones se muestra un poco qué es la física y cómo se problematiza. Cuando el profesor presenta estos postulados

47 Constato que la derivada de la cantidad de movimiento total con respecto al tiempo es la suma de las fuerzas exteriores. Y eso es el principio fundamental de la dinámica. Entonces el principio fundamental de la dinámica se aplica no solamente a un sistema simple con un solo componente, pero dado que la acción y la reacción son opuestas, se aplica también a un sistema compuesto de sub-sistemas porque las fuerzas interiores se eliminan cuando las adicióno.

dice implícitamente que la ciencia debe ser comprobable y falsable, pero también que construye explicaciones que, como éstas, funcionan en el sentido que permiten construir explicaciones. Según Martínez (2014) la comprensión de la ciencia está asociada regularmente al proceso por el que se lleva a cabo se trata entonces, entre otras cosas, de distinguir los argumentos para diferenciar los conocimientos específicos que en el caso de la física parecen estrechamente relacionadas con la medición, que por medio del principio son posibles.

Proximidades en acto de tipo 3

Las proximidades en acto de este tipo que se dedujeron del discurso se listan a continuación

P.2 Mais ce qui a convaincu Galilée que cette idée-là *était fausse* après des siècles de physique dominés par les idées d'Aristote disant que pour qu'un *corps* soit en *mouvement* il faut lui *appliquer en permanence* une *force* dessus - Qu'est-ce qui a convaincu Galilée que cette idée était fausse ? L'expérience suivante donc il a pris une *balle* qu'il a mise sur un *plan incliné*. Je n'ai pas ramené de plan incliné mais ça n'a pas d'importance, je vais le faire sans⁴⁸.

Las proximidades en acto de este tipo buscan encontrar si los profesores dan cuenta que los saberes científicos se inscriben en una historia que puede ayuda a su comprensión, al entender cómo se construyó el conocimiento actualmente validado (Maron, 2015). Solo se encontró una frase en la que suponemos esto está ocurriendo porque no solo presentó a Aristóteles sino sus ideas y lo que hizo que se transformaran a los postulados de Newton, el profesor de hecho hizo la misma experiencia que Galileo para deducir que la interpretación de Aristóteles, en palabras del profesor, era falsa. Sin embargo, como ya se dijo, no se puede decidir que el profesor busque en esta intervención que los estudiantes problematicen ese conocimiento, lo confronten, etc, al presentarlo declarativamente puede caerse en un estilo reductor o anecdótico y su eficacia es discutible, si del aprendizaje de los estudiantes se trata (Mathy, 1997 y Slisko, 2008, citados por de Hosson, 2011).

⁴⁸ Pero, qué convenció a Galileo que esta idea era falsa después de siglos de física dominados por las ideas de Aristóteles que planteaban que para que un cuerpo esté en movimiento es necesario aplicar una fuerza en permanencia sobre él. ¿Qué convenció a Galileo que esta idea era falsa? La siguiente experiencia, él puso una bala sobre un plano inclinado. Yo no traje un plano inclinado, pero no tiene importancia, lo voy a hacer sin esto.

Proximidades en acto de tipo 4

Las proximidades en acto de este tipo que se dedujeron del discurso se listan a continuación

P.3 depuis Galilée, on a envoyé des objets dans l'espace dans lequel on a obtenu des approximations de mieux à mieux de systèmes qui sont soumis à aucune influence extérieure. Et ces systèmes dont quelque chose qui commence à ressembler au vide intersidéral avance en ligne droite⁴⁹.

P.4 Alors comment on sait que ces référentiels sont en translation rectiligne uniforme les uns par rapport aux autres ? Et bien je reprends la composition des vitesses qui est juste au dessus. Je considère un objet sur lequel n'agit aucune force extérieure. Dans un référentiel Galiléen, il va à vitesse constante. Je prends un autre référentiel R' en translation par rapport à R. Et bien la loi de composition des vitesses vous dit que la vitesse elle est encore constante⁵⁰.

P.26 Cette relation ne signifie pas que toute force est proportionnelle à la masse, ce n'est pas comme ça qu'on lit cette relation. Les forces, elles vivent leur vie pour la gravité elles sont proportionnelles à la masse mais pour d'autres forces, elles vont rien à avoir avec la masse auquel cas, ça veut dire que pour la même force, plus la masse est grande plus l'accélération est petite. Plus la masse est petite, plus l'accélération est grande⁵¹.

P.27 vous voyez que c'est une équation différentielle qui porte sur la vitesse, sur la dérivée seconde de la position. Implicitement ça signifie que la force est une fonction des positions et des vitesses et d'elles seulement⁵²

P.27 les forces ne dépendent que de la position et de la vitesse des particules et pas des dérivées supérieures⁵³.

P. 27 Donc quand on veut traiter un problème de mécanique il faut donc choisir un référentiel, de préférence Galiléen ou approximativement Galiléen. Deuxièmement il faut choisir un système. Un système qui va quand il est fermé est composé toujours de mêmes atomes et c'est à lui qu'on va appliquer le principe fondamental⁵⁴.

⁴⁹ Desde Galileo se han enviado objetos al espacio en el que se han obtenido aproximaciones cada vez mejores de sistemas que no son sometidos a ninguna influencia exterior. Estos sistemas en los que las condiciones comienzan a parecerse al vacío intersidéral, avanzan en línea recta.

⁵⁰ Entonces cómo sabemos que esos referenciales están en traslación rectilínea uniforme los unos con respecto a los otros?. Bueno, retomo la composición de velocidades que es justo abajo. Considero un objeto sobre el que no actúa ninguna fuerza exterior. En un referencial Galileano, va a velocidad constante. Tomo otro referencial R' en traslación con respecto a R. Y bien, la ley de composición de velocidades nos dice que la velocidad es aún constante.

⁵¹ Esta relación no significa que toda fuerza es proporcional a la masa, no es así como leemos esta relación. Las fuerzas, ellas viven su propia vida, para la gravedad es proporcional a la masa, pero para otras fuerzas la relación con la masa es inexistente, esto quiere decir que para la misma fuerza entre más grande sea la masa, la aceleración será más pequeña. Cuanto menor sea la masa, más grande va a ser la aceleración.

⁵² Ven que es una ecuación diferencial que trata sobre la velocidad, sobre la derivada segunda de la posición. Implícitamente esto significa que la fuerza es una función de posiciones y velocidades y de ellas solamente.

⁵³ Las fuerzas no dependen de la posición y de la velocidad de las partículas, como tampoco de derivadas superiores

⁵⁴ Cuando queremos tratar un problema de mecánica es necesario escoger un referencial, de preferencia Galileano o aproximativamente Galileano. Después hay que decidir un sistema, un sistema

P.28 Mon système c'est le caillou. Quelles sont les **forces** qui s'appliquent dessus ? La **pesanteur**, on va l'appeler le **poids**, la force de **traction**. Alors on va toujours dire pour s'habituer mécaniquement la **force** exercée par le **fil sur le caillou**. Comme ça il y a toujours le mot « sur » qui dit qui est-ce qui exerce qui est-ce qui reçoit. Donc ça fait deux forces. La somme de ces deux forces c'est l'**accélération**.⁵⁵

P.35 Que dit le **principe de l'action et de la réaction** ? Il dit que si un **système** que nous appellerons 1 exerce une **force** sur un **système** que nous appellerons 2, et cette **force** nous allons l'écrire F2-1 sur 2 et le sur on va le mettre avec une **petite fleche**. Ça spécifie bien que c'est 1 qui exerce la force sur 2.⁵⁶

P.35 Alors c'est parce que moi j'ai pris comme convention que **direction** ça voulait dire **direction** et **sens** en même temps. D'accord. Donc opposé en **sens**, porté par un même **axe**. Les **vecteurs directeurs unitaires** sont opposés.⁵⁷

Las proximidades en acto de este tipo buscan encontrar si el profesor ayuda a volver los conocimientos de los estudiantes aplicables, si los ayuda a que puedan hacer cosas con lo que saben. Encontramos nueve intervenciones que suponemos van en esa dirección. La primera que aparece en la lista tiene que ver con que los estudiantes vean cómo las ideas de Galileo se han venido probando sus postulados, esto es importante para entender que los procesos de aplicación son complejos y pueden tomar tiempo, requerir de tecnología, etc.

Otras de estas intervenciones están relacionadas con la manera como deben interpretarse algunos postulados expuestos, que quieren decir y qué no, qué relaciones presentan, ahora bien, los estudiantes pueden tener problemas con el tratamiento matemático de éstas ideas y en ese sentido, el profesor no puntualiza. Por ejemplo, aunque el profesor diga que en la ecuación diferencial que subyace a la segunda ley se deduce que la fuerza es una función de la posición y la velocidad y nada más, esto no permite necesariamente saber cómo solucionar esta ecuación. También hay intervenciones que muestran una ruta sobre cómo tratar los problemas, qué se debe tener en cuenta, qué hacer y en qué orden, esto puede ayudar a los

que está cerrado y está compuesto siempre de los mismos átomos, es a éste que aplicamos el principio fundamental de la dinámica.

⁵⁵ Mi sistema es la piedra, ¿qué son las fuerzas que se aplican sobre ella?, La gravedad la vamos a llamar el peso, la fuerza de tracción. Entonces vamos a decir siempre, para habituarse mecánicamente, la fuerza ejercida por la cuerda sobre la piedra. Así estará siempre la palabra “sobre” que indica quien ejerce y quien recibe. Entonces esto hace dos fuerzas, la suma de estas dos fuerzas es la aceleración.

⁵⁶ Que dice el principio de acción reacción?, dice que si un sistema que llamaremos 1 ejerce una fuerza sobre un sistema que llamaremos 2, y esta fuerza la escribimos F2-1 sobre 2 y vamos a ponerla con una pequeña flecha, Esto especifica bien que es 1 quien ejerce la fuerza sobre 2.

⁵⁷ Entonces es porque yo tome como convención que dirección quería decir dirección y sentido al mismo tiempo. De acuerdo. Entonces opuestas en sentido, en un mismo eje. Los vectores directores unitarios son opuestos.

estudiantes a enfrentarse a los procedimientos propios de la física, o de la dinámica particularmente.

Repeticiones

De la mano con las proximidades anteriormente mencionadas, nos preguntamos por los elementos que los profesores repiten en su discurso, ya que son indicadores que permiten analizar, cuáles son los elementos que se consideran importantes y deben tener un cierto énfasis para que los estudiantes los incorporen de manera más decidida, también permiten evidenciar, en qué tipo de proximidad, insisten los profesores, los elementos encontrados, se describen a continuación:

Tabla 18. Repeticiones en el discurso del profesor 1F

| Idea | Número de repeticiones | Proximidades supuestas asociadas |
|---|------------------------|----------------------------------|
| No hay una definición autónoma de fuerza, aunque se pueda entender como lo que hace cambiar la cantidad de movimiento, por ello las leyes de Newton con mas bien principios | 17 | Tipo 1 y Tipo 2 |
| Las fuerzas a distancia son una idea difícil pero que se puede ejemplificar | 6 | Tipo 1 y Tipo 2 |
| Un sistema que no sufre ninguna influencia externa, estará a velocidad constante o en reposo | 12 | Tipo 1 y Tipo 2, |

Como se puede notar, las repeticiones del profesor 1F están centradas en insistir sobre tres ideas principales, asociadas con proximidades de tipo 1 y 2, es decir, en las que se busca establecer relaciones entre el sentido común y el conocimiento científico o las que describen cómo el profesor trabaja en la dialéctica del objeto y la teoría, cómo busca que los estudiantes tejan esa relación entre lo real y su modelización o matematización; en este sentido, en ambos casos se está centrado en lo teórico, desde el punto de vista de su construcción (que implica en algunos casos abandonar ideas previamente construidas) o de su relación con lo real.

4.3.2 Profesor 2F

Como se dijo antes, la transcripción completa de la primera, segunda y tercera ley de Newton del profesor 2F, equivalen a veinte páginas de transcripción, las proximidades en acto supuestas para este profesor, para cada tipo de proximidad se hará la lista de proximidades en acto supuestas

Proximidades en acto de tipo 1

Las proximidades en acto de este tipo que se dedujeron del discurso se listan a continuación,

P.6 Alors ces idées paraissaient raisonnable quand même à priori puisque vue notre expérience quotidienne, si on envoie un objet glisser, ben il finit effectivement par ralentir et s'arrêter⁵⁸.

P.6 Si j'envoie un objet glisser sur mon bureau, là un bureau en bois, il va finir par ralentir et s'arrêter. Donc effectivement il pourrait avoir tendance à penser que la position naturelle de l'objet c'est-à-dire qu'il nécessite aucune force serait un état de repos naturel, posé au sol⁵⁹.

P.6 Alors en fait, on peut se détacher un petit peu de ça parce que si vous faites la même expérience, donc là je vous disais que je lance un objet sur mon bureau mais si je lance ce même objet sur un lac gelé, sur un lac gelé par exemple, vous regardez les épreuves de curling, vous lancez un objet sur une patinoire, déjà l'objet va aller beaucoup beaucoup plus loin⁶⁰.

P.6 Donc en fait l'expérience de l'arrêt naturel de l'objet c'est assez trompeur, c'est assez faux. C'est-ce qu'on voit parce qu'on ne peut pas se détacher des frottements dans le monde tel qu'on le touche au quotidien⁶¹.

P.6 Mais si on fait cette expérience de pensée donc de se placer sur une surface qui offre le moins de friction possible, le moins de frottement possible, on va donc atteindre le cas limite d'une surface qui est totalement sans frottement, et à ce moment-là, on aurait un objet qui lancé avec une certaine vitesse initiale, ne s'arrêterait jamais⁶².

P.21 Donc la force ressentie par 1 due à la présence de 2. Donc ça c'est vrai je vous disais que c'est vrai que ça s'attirent ou que ça se repoussent, c'est vrai aussi si je suis statique ou si je suis en mouvement. Maintenant c'est peut-être pas facile à conceptualiser ces trucs de paires de forces F1, c'est un peut bizarre lorsque je vous dis qu'à chaque fois qu'il y a une interaction en faite, on n'a pas une force mais une paire de forces, une attraction et une pulsion.⁶³

⁵⁸ Entonces esas ideas parecían razonables en todo caso a priori porque desde el punto de vista de nuestra experiencia cotidiana, si enviamos un objeto a deslizarse, el termina por efectivamente frenar y pararse.

⁵⁹ Si envío un objeto a deslizarse en mi escritorio, allá, un escritorio en madera, va a terminar por frenar y pararse. Entonces puede haber una tendencia a pensar que la posición natural del objeto, es decir, que no necesita ninguna fuerza, sería un estado de reposo natural, en el piso.

⁶⁰ Entonces de hecho, uno puede distanciarse un poco de todo esto porque si ustedes hacen la misma experiencia, entonces ahí yo les decía que yo lanzo un objeto sobre mi escritorio, pero si lanzo el mismo objeto sobre un lago congelado, sobre un lago congelado, por ejemplo, ustedes ven las pruebas de curling, ustedes lanzan un objeto sobre una patineta, entonces el objeto va a ir muchísimo más lejos.

⁶¹ Entonces, de hecho, la experiencia del freno natural del objeto es suficientemente engañosa, es falsa. Lo que uno ve es porque no podemos separarnos de los rozamientos en el mundo como lo vivimos cotidianamente.

⁶² Pero si hacemos esta experiencia de pensamiento de desplazarse sobre una superficie que ofrece la menos cantidad de fricción posible, el menor rozamiento posible, vamos a llegar al caso límite de una superficie que es completamente sin rozamiento y en ese momento tendremos un objeto que, siendo lanzado con una cierta velocidad inicial, no se detiene jamás.

⁶³ Entonces la fuerza que experimenta 1 debido a la presencia de 2. Entonces es cierto lo que les decía que es verdadero si se atraen o se repelen, es cierto también si estoy estático o en movimiento. Ahora, no es de pronto fácil de conceptualizar esto de los pares de fuerzas F1, es un poco extraño

P.43 Donc ce n'est pas une paire au sens de la troisième loi de Newton, mais on peut équilibrer la force que met le sac sur la table donc la force que la table ressent due à la présence du sac au poids qui est la force que ressent le sac due à la présence de la terre. Et c'est pour ça qu'on a envie de confondre les deux. C'est un point un peu perturbant la troisième loi de Newton⁶⁴

Las proximidades de este tipo muestran el establecimiento de relaciones entre el conocimiento de sentido común o las teorías implícitas que los profesores suponen en los estudiantes. Como se puede ver, durante su presentación de las dos leyes de Newton del profesor 2F logramos identificar siete intervenciones en las que consideramos esta proximidad ya que el profesor incluye alusiones a las ideas contraintuitivas que pueden estar asociadas a varias explicaciones científicas asociadas a las dos primeras leyes de Newton.

Este profesor menciona explícita y declarativamente que el principio de la inercia presenta una idea que a primera vista es contra intuitiva, además de decirlo así, el profesor explica por qué es contraintuitiva, básicamente porque la experiencia cotidiana permitiría llegar a otras conclusiones que son falsas porque lo que estaríamos viendo es el efecto del rozamiento. Si tenemos en cuenta, como se dijo antes que un proceso de cambio conceptual se puede entender como uno en el que se explicitan las ideas iniciales (en este caso contraintuitivas) del estudiante, podemos ver que este profesor lo hace mediante ejemplos que muestran que la idea del freno natural de los cuerpos es una idea que parece razonable en lo cotidiano. Aunque no medie la discusión sobre si los estudiantes en realidad presentan esta idea o harían esta interpretación.

Después, mediante una experiencia de pensamiento el profesor presenta que, si el mismo ejercicio se hace en una superficie con cada vez menor rozamiento, podría haber un caso límite en que el rozamiento sea cero y el cuerpo continúe en su movimiento eternamente. En esta explicación el profesor confronta, por medio de las ideas, el freno natural de los cuerpos, probablemente interesado en que los estudiantes puedan hacer ese mismo razonamiento. Sin embargo, el cambio conceptual es un proceso profundo y complejo que requiere de involucrar sus propios

cuando les digo que cada vez que hay una interacción de hecho no tenemos una fuerza sino un par de fuerzas, una atracción o una repulsión.

64 Entonces no es un par de en el sentido de la tercera ley de Newton pero no se puede igualar la fuerza que ejerce el bolso sobre la mesa, entonces la fuerza que la mesa experimenta debido a la presencia del bolso, a su peso, que es la fuerza que experimenta el bolso debido a la presencia de la tierra. Y por esto tenemos ganas de confundirlas. Es un punto un poco perturbador de la tercera ley de Newton.

razonamientos, como se explicó antes. Finalmente, es interesante como el profesor incluye el término experiencia de pensamiento, mostrando que en ciencias es posible usar la imaginación para investigar en ciencias, el profesor usa un escenario hipotético probablemente para ayudar a comprender el fenómeno (Haug, 2014).

Finalmente, el profesor 2F hace alusiones a la dificultad que tienen algunos conceptos diciendo que los estudiantes pueden tener tendencia a confundirse o que puede ser difícil entender la explicación tal cual se las dan, sin embargo, esta dificultad se enuncia por parte del profesor, lo que podría tener un menor efecto sobre el aprendizaje de los estudiantes.

Proximidades en acto de tipo 2

Las proximidades en acto de este tipo que se dedujeron del discurso se listan a continuación,

P.6 Alors en fait pour comprendre un petit peu la notion de **force**, on va la voir de **plusieurs façons différentes** cette notion de **force**. Mais on peut la comprendre dans un premier temps en s'appuyant sur ce qu'on a fait les semaines précédentes. La notion de **force**, on peut la **définir** de façon à **être mesurée** par l'**accélération qu'elle produit** sur un **objet**⁶⁵.

P.6 C'est-à-dire que pour un **objet** de **masse 1Kg**, si on arrive à tirer l'**objet** de façon à mesurer une **accélération** de **1m/s**, on peut affirmer ou plutôt même définir qu'on est en train d'appliquer à l'**objet** une **force** de **1Newton**. Avec une **accélération** de **2m/s**, on applique une **force** de **2Newton**, etc, etc⁶⁶.

P.22 Mais attention, quand on considère la **troisième loi de Newton**, c'est les deux corps qui sont en **interaction**. Là vous voyez j'ai trois acteurs, le sac, la table et la terre. Le sac interagit d'une part avec la terre, la terre interagit avec le sac, d'une part. Le sac interagit avec la table, la table interagit avec le sac, d'autre part. Mais l'**interaction** table/sac, **pas** la **force** table/sac et la **force** terre/sac ne sont **pas des paires** au sens de la **troisième loi de Newton**.⁶⁷

Las proximidades en acto de este tipo buscan la manera como el profesor trabaja en una cuestión importante de las ciencias, la dialéctica del objeto y la teoría, cómo busca

⁶⁵ Entonces, de hecho para comprender un poco la noción de fuerza, vamos a verla de muchas maneras diferentes esta noción de fuerza. Pero podemos comprenderla en un primer momento, apoyándonos sobre lo que hicimos las semanas precedentes. La noción de fuerza, podemos definirla de manera que sea medida por la aceleración que produce sobre un objeto.

⁶⁶ Es decir que para un objeto de masa 1Kg, si logramos halar el objeto de manera que se pueda medir una aceleración de 1m/s, podemos afirmar o mejor aún definir que estamos aplicando a un objeto una fuerza de 1Newton. Con una aceleración de 2m/s, aplicamos una fuerza de 2Newtons, etc, etc.

⁶⁷ Pero cuidado, cuando consideramos la tercera ley de Newton, son los dos cuerpos que son en interacción. Allá ven, tengo tres actores, el bolso, la mesa y la tierra. El bolso interactúa de un lado con la tierra y la tierra interactúa con el bolso, de un lado. El bolso interactúa con la mesa, la mesa interactúa con el bolso, de otro lado. Pero la interacción mesa/bolso no la fuerza tierra/bolso y la fuerza tierra/bolso no son pares de fuerzas en el sentido de la Tercera ley de Newton.

que los estudiantes tejan esa relación entre lo real y su modelización o matematización. Identificamos tres apartados del discurso de este profesor en las que el profesor combina estas dos dimensiones o ayuda a los estudiantes a hacerlo, esto por medio de conceptos ya conocidos y trabajados en clase. Particularmente, para explicar la noción de fuerza el profesor se apoya de la noción de aceleración que ya han trabajado antes en el curso.

Apoyarse sobre lo que los estudiantes ya saben o al menos deberían saber y han trabajado, es coherente con la idea de situarse en la zona de desarrollo proximal propuesta por Vigotsky. Partir de lo que los estudiantes ya conocen, en este caso la aceleración y darles un ejemplo de cómo la fuerza puede considerarse como lo que produce la aceleración, podría interpretarse como algo que los estudiantes no serían capaces de hacer por sí solos pero que son capaces de hacer con ayuda del profesor, que en este caso es quien provee el ejemplo y hace la asociación que si un objeto de masa 1Kg que adquiriera una aceleración de 1m/s entonces está siguiendo una fuerza de 1Newton.

Adicionalmente, el profesor 2F también hace una referencia a como modelizar los pares de fuerza en el sentido de la tercera ley de Newton y no confundirlos, con otro tipo de interacciones, este discurso alusivo al concepto y la manera como se modela en ejemplos concretos, habla también de cómo el profesor presenta esta dialéctica, en este caso desde aplicaciones o ejercicios prototípicos que podrían ser ejemplo de un ejercicio de examen y por ende, útil para el estudiante.

Proximidades en acto de tipo 3

Las proximidades en acto de este tipo que se dedujeron del discurso se listan a continuación,

P.5 En fait la **relation** entre une **force** et une **accélération**, ça a **été compris** quand même il y a un petit bouton par Newton à la fin du XVIIème siècle⁶⁸

P.5 avant que Newton établit ses **théories**, on pensait que quelque chose était **nécessaire** pour assurer le **mouvement** d'un **objet**, pour **maintenir** un **objet** en **mouvement rectiligne** et **uniforme** et que son **état** de **repos** naturel, donc quelque chose qui ne nécessite rien, était

⁶⁸ De hecho la relación entre una fuerza y una aceleración, fue comprendida hace un tiempo ya por Newton, al final del siglo diecisiete.

cet objet posé au sol tout simplement et au repos. Donc ça c'était la pensée d'Aristote et beaucoup plus en amont que Newton⁶⁹.

Las proximidades en acto de este tipo buscan, como ya se dijo, encontrar si los profesores dan cuenta que los saberes científicos se inscriben en una historia que puede ayudar a su comprensión (Maron, 2015). Se encontraron dos frases en las que el profesor muestra que la relación entre aceleración y fuerza fue comprendida por Newton en el siglo XVII, unido a esto, muestra que antes de Newton hubo otras teorías marcadas por el pensamiento de Aristóteles que consideraba que el estado natural de un cuerpo era el reposo. Sin embargo, como ya se dijo, al presentar declarativamente este proceso, que además no tiene ningún apoyo empírico (aunque se haya hecho una experiencia de pensamiento) puede pasar que se quede en la anécdota para los estudiantes y no permita que ellos dimensionen el proceso de construcción científica.

Proximidades en acto de tipo 4

Las proximidades en acto de este tipo que se dedujeron del discurso se listan a continuación

P.7 Et donc pour une force, vous ferez attention, on doit considérer sûr la magnitude et l'orientation de la force, objet vectoriel. Donc vous ferez bien attention à ça lorsque vous intéressez à un problème de dynamique⁷⁰.

P.8 Ce qui se passe lorsque vous avez plusieurs forces, comme les forces sont des quantités vectorielles, vous pouvez ajouter vectoriellement ces forces. Et ça va vous donner une résultante de forces, qu'on l'appelle une résultante de force. Donc vectoriellement 2 forces ou plus qui s'appliquent à quelque chose, qui s'appliquent à un système, c'est ça c'est-ce qu'on appelle la résultante⁷¹.

P.29 quand j'écris ça, je l'écris j'ai écrit la somme vectorielle, donc on pourrait dire si vous êtes à deux dimensions, vous pouvez projeter notre principe fondamentale de la dynamique⁷².

P.29 Alors et ensuite verticalement si je projette ça la somme des forces extérieures, la résultante des forces extérieurs, composante verticale peut-être relier à la masse, à

⁶⁹ Antes que Newton estableciera sus teorías se pensaba que alguna cosa era necesaria para asegurar el movimiento de un objeto, para mantener un objeto en movimiento rectilíneo y uniforme y que su estado de reposo natural, cuando no necesita nada, era el objeto en el suelo simplemente en reposo. Entonces eso era el pensamiento de Aristóteles mucho antes que Newton.

⁷⁰ Entonces para una fuerza, ustedes pondrán atención, debemos considerar la magnitud y la orientación de la fuerza, objeto vectorial. Entonces ustedes pondrán atención a eso cuando se interesan en un problema de dinámica.

⁷¹ Lo que pasa cuando ustedes tienen varias fuerzas, como las fuerzas son cantidades vectoriales, pueden sumarlas vectorialmente y eso les da la resultante de fuerzas que llamamos una resultante de fuerzas. Entonces vectorialmente dos fuerzas o más que se aplican a cierta cosa, que se aplican a un sistema, es esto lo que se llama la resultante.

⁷² Cuando escribo esto, escribo la suma vectorial, entonces se podría decir que si ustedes están en dos dimensiones, pueden proyectar nuestro principio fundamental de la dinámica.

l'**accélération** composante verticale. Ça vous allez l'utiliser énormément dans les déviations⁷³.

P.29 Autre précision avant le démarrage comme ça on n'aura pas à le dire à chaque fois. J'aime bien être sûre à chaque fois 0:05:59.6 dans le **référentiel terrestre** que je suppose galiléen pour la durée de mon expérience. Le **système** que je vais regarder à chaque fois sera un **système bloc**. Alors on va regarder un petit peu différents cas. Toujours avec le même **système**, toujours avec le même **référentiel**⁷⁴.

P.29 Et effectivement on va avoir la **force** F1 que j'applique. Donc si je calcule la **résultante des forces**. Donc quand je calcule la **résultante** de mes **forces** je rappelle on fait la **somme vectorielle** des différentes **forces**. Donc somme **Forces extérieures** au **système** là on a vu que P, R et F1 sont les **forces extérieures** au **système**, ce n'est pas interne au **système**⁷⁵.

P.29 On peut s'avoir qu'elles s'annulent de toute façon parce que si on regarde le **bloc ne s'enfoncé pas dans la table**. Il n'y a pas de **mouvement vertical**, il est posé sur la table. Donc horizontalement il n'y a **pas d'accélération**. Donc les **forces** elles se **récompensent**⁷⁶.

P.30 Si je projette ça, pour connaître a_x , pour connaître la composante horizontale de l'**accélération** qui est dans ce cas 0:09:42.7 d'ailleurs égale à la norme de l'**accélération** ce serait donc, F1 est horizontale, quand je la projette, ça me donne la norme de F1. Et il est dans le bon sens, il est dans le sens positive de x F1/F. Donc si je fais un petit **calcul** pour terminer tout ça, si je suppose que F1 vaut 4Newton, la norme de F1 et la masse, je ne sais plus combien j'ai pris, 200g je crois. La **masse** du **bloc**⁷⁷.

P.33 Votre **accélération** est nulle et votre bloc va rester en **mouvement à vitesse constante** que se soit **vers la gauche ou vers la droite**, je m'en fiche. **Accélération** égale à zéro, ça veut dire que je n'ai pas de **variation de vitesse**⁷⁸.

P.33 Pas de **variation de vitesse**, je reste à **vitesse constante**. Donc effectivement **accélération égale zéro**, vous avez eu une très bonne remarque ça peut correspondre à deux cas, **ça peut correspondre à un cas statique, cas d'équilibre statique** et un cas où vos **forces se compensent**, pardon, et vous restez à **vitesse constante**⁷⁹.

⁷³ Después verticalmente si proyecto la suma de fuerzas exteriores, la resultante de fuerzas exteriores, componente vertical puede ligar a la masa y a la aceleración en su componente vertical. Esto lo van a utilizar mucho en las desviaciones.

⁷⁴ Otra precisión antes de comenzar con eso no tendremos que decirlo cada vez. Me gusta estar seguro cada vez 0:05:59.6 en el referencial terrestre que supongo galileano para la duración de mi experiencia. El sistema que voy a analizar cada vez será un sistema bloque. Entonces vamos a analizar un poco diferentes casos. Siempre con el mismo sistema, siempre con el mismo referencial.

⁷⁵ Y efectivamente se tiene la fuerza F1 que yo aplico. Entonces si calculo la resultante de fuerzas. Entonces cuando calculo la resultante de mis fuerzas recuerdo que se hace la suma vectorial de diferentes fuerzas. Entonces suma de fuerzas exteriores al sistema, ahí hemos visto que P, R y F1 son las fuerzas exteriores al sistema, no son internas al sistema.

⁷⁶ Se puede saber que ellas se anulan de todas maneras porque si miramos el bloque no se hunde en la mesa. No hay movimiento vertical, está puesto en la mesa, entonces horizontalmente no hay aceleración. Entonces las fuerzas se compensan.

⁷⁷ Si proyecto esto para conocer a_x , para conocer la componente horizontal de la aceleración que está en este caso 0:09:42.7 que es de hecho igual a la norma de la aceleración, será entonces, F1 es horizontal, cuando la proyecto, esto me da la norma de F1. Y si en el buen sentido, está en el sentido positivo de x F1/F. Entonces si hago un pequeño cálculo para terminar todo esto, si supongo que F1 vale 4Newtons, la norma de F1 y la masa, no se cuánto puse, 200g –creo– la masa del bloque

⁷⁸ Su aceleración es nula y su bloque va a mantenerse en movimiento a velocidad constante sea hacia la izquierda o hacia la derecha, me tiene sin cuidado. Aceleración igual cero, esto quiere decir que no tengo variación de velocidad.

⁷⁹ No variación de velocidad, yo sigo a velocidad constante. Entonces efectivamente aceleración igual a cero, hicieron un buen apunte, esto puede corresponder a dos casos, puede corresponder a un caso

P.34 Qu'est-ce que nous dit l'équilibre statique vertical de mon bloc, c'est-à-dire que mon bloc ne bouge pas verticalement individuellement. Je vous disais tout à l'heure sur le PFD, non je vous l'ai dit la semaine dernière « quand on fait PFD, on peut traiter séparément ce qui se passe horizontalement et verticalement, ceux qui se projettent sur chacun des axes, c'est-à-dire qu'on va pouvoir avoir une réaction sur y, une réaction sur x et tirer des conclusions sur ce qu'on voit verticalement et horizontalement⁸⁰.

P.39 Qu'ils s'attirent ou qu'ils se repoussent, c'est vrai quelque soit la nature de ta force que se soit une force à distance ou une force de contact que ça s'attirent ou que ça se repoussent quand tu as une interaction, deux corps qui interagissent, deux corps qui se tirent ou qui se repoussent, tu as à chaque fois un couple de force tel que F senti par 1 due à la présence de 2 est égale à moins la force sentie par 2 due à la présence de 1. Ça c'est la troisième loi de Newton⁸¹.

Las proximidades en acto de este tipo buscan encontrar si el profesor ayuda a volver los conocimientos de los estudiantes aplicables, si los ayuda a que puedan hacer cosas con lo que saben. Encontramos doce intervenciones que suponemos van en esa dirección, se refieren a interpretaciones, formas, rutas o procedimientos que los estudiantes deben seguir al enfrentarse a los problemas de dinámica, de hecho, el profesor resuelve cinco casos con ellos, haciendo las precisiones sobre definir un referencial, un sistema, estudiar las fuerzas que se aplican sobre él, proyectar en el eje x o y etc. Les muestra cómo analizar, qué hacer y en qué orden, esto puede ayudar a los estudiantes a enfrentarse a los procedimientos propios de la física o de la dinámica y a los ejercicios típicos a los que se van a enfrentar no en la vida cotidiana o profesional, pero si particularmente en los libros de texto, los trabajos dirigidos (sesiones en pequeños grupos de resolución de ejercicios) o en los exámenes.

Repeticiones

De la mano con las proximidades anteriormente mencionadas, al igual que con el profesor 1F, buscamos los elementos que los profesores repiten en su discurso, al permitirnos dilucidar cuáles son los elementos que se consideran importantes y deben

estático, un caso de equilibrio estático y un caso donde sus fuerzas se compensan, perdón, y se mantienen a velocidad constante.

80 Que nos dice el equilibrio estático vertical de mi bloque, es decir que mi bloque no se mueve verticalmente individualmente. Les decía ahora sobre el principio fundamental de la dinámica, no, se los dije la semana pasada, cuando se hace principio fundamental de la dinámica se puede tratar separadamente lo que pasa horizontal y verticalmente, estos dos se proyectan sobre cada uno de los ejes, es decir que vamos a tener una reacción sobre y, una reacción sobre x y sacar conclusiones de lo que vemos verticalmente y horizontalmente.

81 Que se atraigan o se repelan, es verdadero sin importar la naturaleza de la fuerza, si es una fuerza a distancia o una fuerza de contacto que se atraigan o que se repelan cuando tu tienes una interacción, dos cuerpos que interactúan, dos cuerpos que se atraen o que se repelen, tu tienes en cada caso un par de fuerzas de tal manera que F resiente por 1 dado a la presencia de 2 es igual a menos la fuerza experimentada por 2 debido a la presencia de 1. Esta es la tercera ley de Newton.

tener un cierto énfasis y relacionarlos con los tipos de proximidad asociados, éstos elementos se describen a continuación:

Tabla 19. Repeticiones en el discurso del profesor 2F

| Idea | Número de repeticiones | Proximidades supuestas asociadas |
|---|------------------------|----------------------------------|
| La fuerza es la causa del movimiento, cambian la velocidad de los cuerpos | 8 | Tipo 2, Tipo 4 |
| La fuerza es una cantidad vectorial que se puede operar consecuentemente | 12 | Tipo 4 |
| Las fuerzas se presentan en pares | 5 | Tipo 2 |
| Los sistemas y cuerpos pueden estar en equilibrio estático o dinámico | 10 | Tipo 4 |
| Un sistema que no sufre ninguna influencia externa, estará a velocidad constante o en reposo | 8 | Tipo 1 |
| Cuando dos cuerpos están en interacción se ejercen mutuamente fuerzas que tienen igual magnitud, pero sentido contrario | 4 | Tipo 1 |

Como se puede notar, las repeticiones del profesor 2F, están principalmente asociadas a proximidades de tipo 4, es decir, en la aplicación de los conocimientos, también se presentan proximidades de tipo 1, y 2, que al igual que en el profesor 1F, revelan un esfuerzo por establecer relaciones entre el sentido común y el conocimiento científico o en trabajar en la dialéctica del objeto y la teoría, presentándose entonces también, repeticiones sobre los aspectos teóricos de las leyes de Newton.

4.3.3 Una comparación

Un primer indicador que permite poner a los dos profesores en comparación es ver el tipo de proximidades que están presentes en mayor medida en cada discurso como se muestra a continuación

Tabla 20. Tipos de proximidades supuestas por los en el discurso de los profesores 1F y 2F

| Categoría / Tipo de proximidad en acto supuesta | Profesor 1F | Profesor 2F |
|--|-------------|-------------|
| Tipo 1. Relaciones sentido común – conocimiento científico | 11 | 7 |
| Tipo 2. Dialéctica mundo de objetos y eventos / mundo de teorías y modelos | 10 | 3 |
| Tipo 3. Inscripción en la historia de los saberes científicos | 1 | 2 |
| Tipo 4. Aplicación del conocimiento de los estudiantes | 9 | 12 |

Como se puede ver, las estrategias que suponemos utilizan los dos profesores para lograr que los estudiantes aprendan, son diferentes y esto nos puede permitir hacer algunas inferencias sobre el perfil de los profesores en cuestión. De acuerdo con la tabla 18, en el discurso del profesor 1F se infirieron principalmente proximidades de tipo 1 y 2, mientras que en el discurso del profesor 2F se infirieron de preferencia proximidades de tipo 4. Esto puede implicar que el profesor 2F ayuda a los estudiantes, principalmente, a poder usar sus conocimientos mientras que el profesor 1F se centra en que los estudiantes puedan tener conocimiento teórico que les permitan superar ideas provenientes del sentido común y ligar la teoría con las observaciones posibles.

Es importante aclarar que estos énfasis de ninguna manera significan una mejor o peor práctica dado que no tenemos ninguna evidencia de su efectividad, lo que si indican es que hay una gama de posibilidades para desarrollar un curso y para acercarse a los estudiantes. Ahora bien, en lo que respecta a cada tipo de proximidad, es posible hacer algunas inferencias sobre los diferentes acentos o no que tienen los extractos que hemos considerado como proximidades en acto:

- *Proximidades de tipo 1*: la manera como se deduce que los dos profesores establecen relaciones entre el conocimiento de sentido común y el conocimiento científico, está en el profesor 1F por las alusiones a la dificultad que encarnan los conceptos presentados y por varios llamados a olvidar ideas que corresponden al sentido común e incorporar las explicaciones presentadas en el curso; elementos que están ausentes en el discurso del profesor 2F. En ambos casos se desarrollan, aunque de distintas maneras, reflexiones tendientes a mostrar que, aunque la experiencia cotidiana muestre que los objetos requieren de fuerzas para mantenerse en movimiento, esta observación tiene que ver con la presencia de fuerzas de rozamiento. Sin embargo, estos análisis son presentados en forma declarativa por los profesores 1F y 2F.
- *Proximidades de tipo 2*: en cuanto a las estrategias que se dedujeron utilizan los profesores para trabajar en que los estudiantes relacionen lo proveniente del mundo real con su modelización o matematización, Inferimos que el profesor 1F mantiene un nivel de abstracción mayor con reflexiones que se relacionan con la epistemología de las ciencias, el profesor 2F en cambio, trabaja sobre

conceptos ya conocidos o trabajados en clase para construir las nociones nuevas.

- *Proximidades de tipo 3*: sobre la manera como se dedujo que los profesores 1F y 2F dan cuenta que los saberes científicos se inscriben en una historia, los dos presentan a Aristóteles, sus ideas y los argumentos que llevaron a Galileo a hacer otros postulados, sin embargo, en ambos casos se presenta de una manera declarativa, sin embargo, el profesor 1F argumenta esto desde la reproducción de los experimentos de Galileo.
- *Proximidades de tipo 4*: en cuanto a la manera como se dedujo que los profesores ayudan a los estudiantes a volver sus conocimientos aplicables, ambos profesores brindan pistas sobre los aspectos a tener en cuenta para resolver un problema de dinámica, escoger un referencial, escoger un sistema, etc. Sumado a esto, el profesor 1F provee acerbo probatorio a las ideas de Galileo y explicaciones sobre cómo deben interpretarse algunos de los postulados expuestos.

4.4 Una primera conclusión parcial

Como se ha visto en los dos apartados anteriores, los análisis macro y micro son útiles a analizar las formas que tienen los profesores y las elecciones que toman, a la hora de enseñar un contenido en particular. Es importante retomar que las prácticas de un profesor tienen varios componentes (Robert, 2003):

- Componente cognitivo: se refiere al conocimiento de los contenidos y su organización
- Componente de mediación: se refiere a los discursos, las instrucciones, a las explicaciones, a las improvisaciones, a la ayuda que se brinda a los estudiantes;
- Componente personal: se refiere a las representaciones y creencias de los profesores, a los riesgos que pueden tomar, así como a la seguridad que necesitan, etc;
- Componente institucional: se relaciona con diferentes limitaciones que son compartidas por todos los maestros: la organización de la escuela, los planes de estudio, la administración, etc.

- **Componente social:** se relaciona principalmente con el hecho de que los profesores son miembros de una escuela y por consiguiente sujetos a las expectativas del director, colegas, padres, etc

En el caso de esta muestra de se tienen dos profesores que se desenvuelven en el mismo contexto, contando así con condiciones institucionales similares, esto podría dar lugar a esperar prácticas muy cercanas, sin embargo, como se pudo ver, hay diversidad en las prácticas, tanto en la organización del contenido como en las estrategias que se puede deducir, los profesores utilizan para lograr que los estudiantes aprendan. Esto permite inferir elementos de la componente personal, es decir, permite deducir acerca de los conocimientos y las creencias de los profesores, dicho de otro modo, las elecciones de contenidos y las proximidades que se han podido dilucidar pueden ser asociados a los conocimientos (didácticos o disciplinares) o la ausencia de ellos

En cuanto a la organización de los contenidos, es posible consultar la sección 5.2.3 para constatar que, aunque los dos discursos están centrados en el concepto de fuerza, incluyen ideas diferentes y las relacionan de formas diversas. En cuanto a las estrategias que se deducen los profesores usan para lograr que los estudiantes aprendan, es posible consultar la sección 5.3.3 para constatar que los profesores 1F y 2F no usan las mismas estrategias en todos los casos y aunque las usen (por ejemplo, el uso de ejemplos), difieren en su naturaleza.

Con base en la caracterización que se ha hecho hasta acá, se buscará construir un perfil de cada profesor:

Profesor 1F

Este profesor organiza su discurso desde el concepto de fuerza que sin embargo no define y el de cantidad de movimiento; trabaja con los estudiantes en demostraciones y pequeños experimentos que permitan observar los fenómenos, estos ejemplos son diversos, las bolas en el plano inclinado, los carros de lego imantados, la piedra atada a la cuerda, etc; también busca pasar a niveles más abstractos en los que desarrolla discusiones epistemológicas acerca de por qué por ejemplo las leyes de Newton son principios y no leyes. En general su discurso podría catalogarse como centrado en el por qué, lo que puede llevarlo a dar prioridad a las relaciones entre el sentido común y el conocimiento científico, que se expresa principalmente, remarcando las

concepciones erróneas o ingenuas que supone presentes en los estudiantes, lo que puede implicar que tiene la concepción que las concepciones de los estudiantes deben explicitarse y al tiempo, que pueden corregirse, conociendo la explicación científica, de hecho, el profesor 1F dice que el curso magistral es “L’endroit où on installe les concepts, où on fait comprendre les principes conceptuelles...qui son extrêmement difficiles... pas du tout intuitives”⁸².

Este profesor también da prioridad a las relaciones entre el mundo de los objetos y eventos y el de las teorías y los modelos, lo que puede indicar que este profesor considera que el curso magistral cumple también el papel de ligar los conocimientos conceptuales con otros, lo que se constata en su idea que el curso magistral debe permitir “analyser la réalité par apport aux concepts... produire des raisonnements logiques”⁸³, finalmente, unido a esta idea, el profesor también da elementos de aplicación del conocimiento, lo que debe permitir, en sus palabras “relier ces connaissances à être capable de faire un exercice... avec des éléments de réflexion”⁸⁴. Como se puede sugerir que hay una relación entre lo que considera el profesor acerca del curso magistral y lo que considera acerca de la física, que se puede ejemplificar en los argumentos “sont des courses assez philosophiques, assez peu techniques parce que finalement les mathématiques sont plus faciles... il y a un contenu philosophique de l’existence des lois, comment on trouve des lois... cela on l’évalue pas dans les examens... on peut faire les exercices sans rien comprendre”⁸⁵; con las prioridades de su clase que, como se dijo antes, se considera aborda principalmente los por qué.

Profesor 2F

Este profesor organiza su discurso desde el concepto de fuerza que define coherentemente con la definición lógica de la fuerza (Maron, 2015) como aquello que produce una aceleración; trabaja con los estudiantes en aplicar los enunciados en ejemplos o ejercicios que podrían decirse académicos. En general su discurso podría catalogarse como centrado en el cómo, lo que puede estar relacionado con que en su

82 El lugar donde instalamos los conceptos, donde hacemos comprender los principios conceptuales... que son extremadamente difíciles... para nada intuitivos.

83 Analizar la realidad con referencia en los conceptos... producir razonamientos lógicos

84 Relacionar los conocimientos a ser capaz de hacer un ejercicio... con elementos de reflexión

85 Son cursos suficientemente filosóficos, no tan técnicos porque finalmente las matemáticas son más fáciles... hay un contenido filosófico de la existencia de leyes, cómo encontramos las leyes... eso no lo evaluamos en los exámenes... es posible hacer ejercicios sin comprender nada.

discurso primen las prioridades de tipo 4, que están enfocadas en lograr que los estudiantes encuentren las aplicaciones de los conocimientos, y de tipo 1, que relacionan el conocimiento científico con el de sentido común, el profesor 2F concibe la utilidad del curso magistral en el sentido que “on les ramènes les notions en les détachant de côté pratique dans un premier temps... on les donne une structure qui va pouvoir structuré leur abord de la chose... tu le donne un guide avant de le mettre dans de cas pratiques...en tout cas pour L1 il s’agit d’structuration et définition des notions”⁸⁶, esto muestra que si bien, el profesor 2F considera que es importante definir o estructurar nociones, lo que está relacionado con pasar de conocimientos comunes a científicos, y que esto es posible hacerlo con explicaciones, también da un lugar protagónico a la aplicación, la importancia de darle a los estudiantes una estructura o guía, que también proviene del profesor y les permite abordar los casos prácticos, lo que podría indicar que hay una relación entre lo que considera el profesor acerca del curso magistral y de los estudiantes de L1, con las prioridades de su clase que, como se dijo antes, se considera centrada principalmente en el cómo.

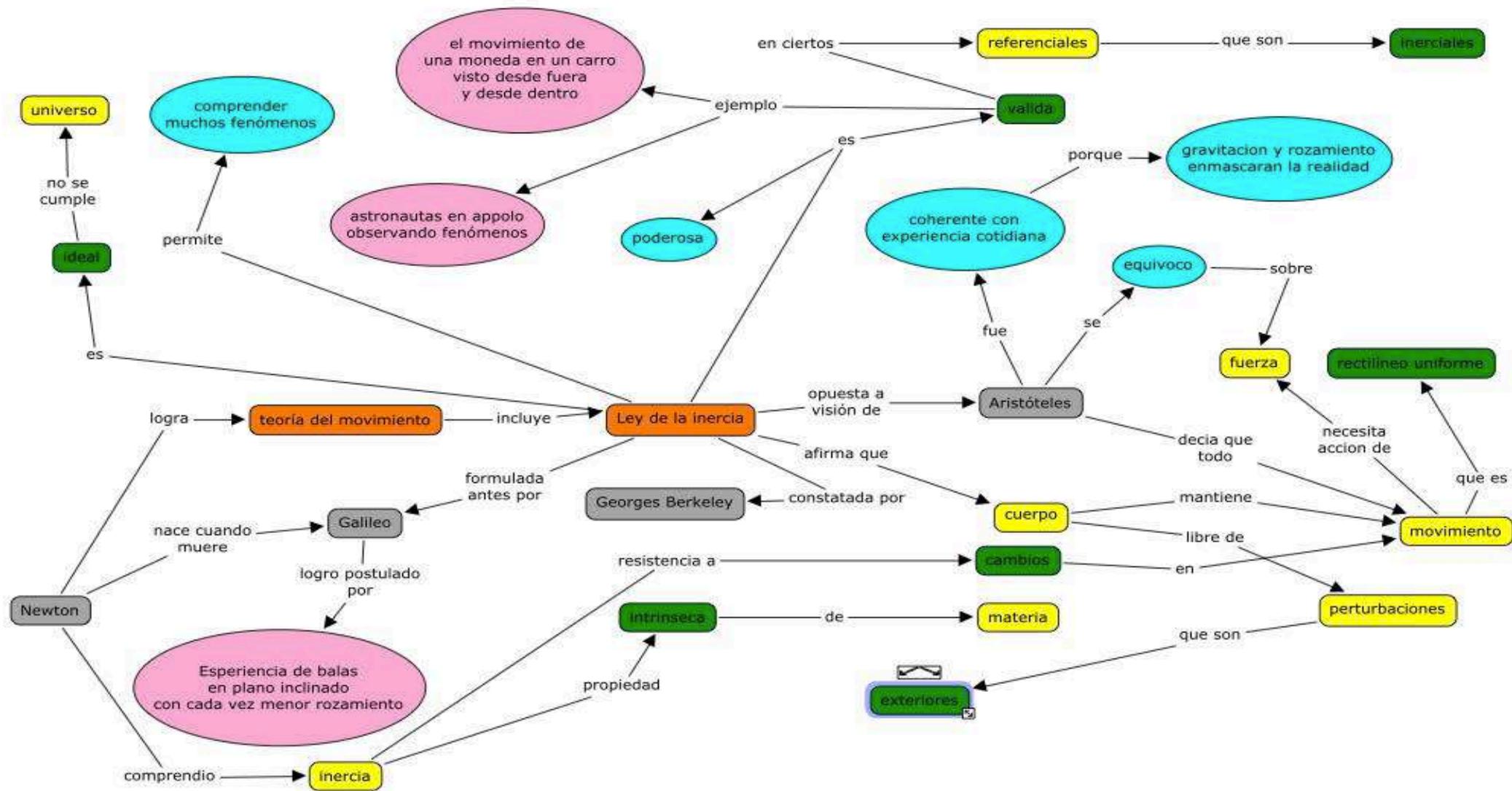
4.5 Una contrastación con el libro de texto

El libro de texto que utilizan los profesores 1F y 2F como referencia es el de fundamentos de física de Halliday, Resnick y Walter (2014) en su primera edición. Como se mostró anteriormente (ver tablas 13 y 14), los capítulos 4 y 5 de este libro, que corresponden a las tres leyes de Newton, cuentan con nueve episodios o divisiones en los que la primera ley de Newton es el tercero, y la segunda ley de Newton es el cuarto, viniendo después de introducción a leyes de Newton y fuerza. En este apartado mostraremos los mapas conceptuales asociados a la primera y la segunda ley de Newton hechos a partir del libro de texto, que se construyeron en la misma lógica que los mapas hechos para los profesores, se comenzó por transcribir el libro de texto, luego se coloreó palabra por palabra el texto de la transcripción de acuerdo a los colores provenientes de las categorías y finalmente se construyó un mapa conceptual para cada episodio usando cmaptools.

⁸⁶ Les traemos las nociones separándolas, en un primer momento del lado práctico... les damos una estructura que les permite estructurar su abordaje del asunto... tu les das una guía antes de introducirlos en los casos prácticos... en todo caso para L1 se trata de una estructuración y definición de las nociones

Es importante decir que para el libro de texto no se hizo un análisis de las proximidades en acto ya que, tal como ha estado concebida – las maneras que buscan los profesores para situarse en la zona de desarrollo proximal de los estudiantes y lograr que éstos aprendan -, no aplica para el manual de texto. A continuación, se presentan los mapas correspondientes a la primera y la segunda ley de Newton para el libro de texto y al final, un análisis del conjunto que busca comparar el libro de texto con los cursos magistrales.

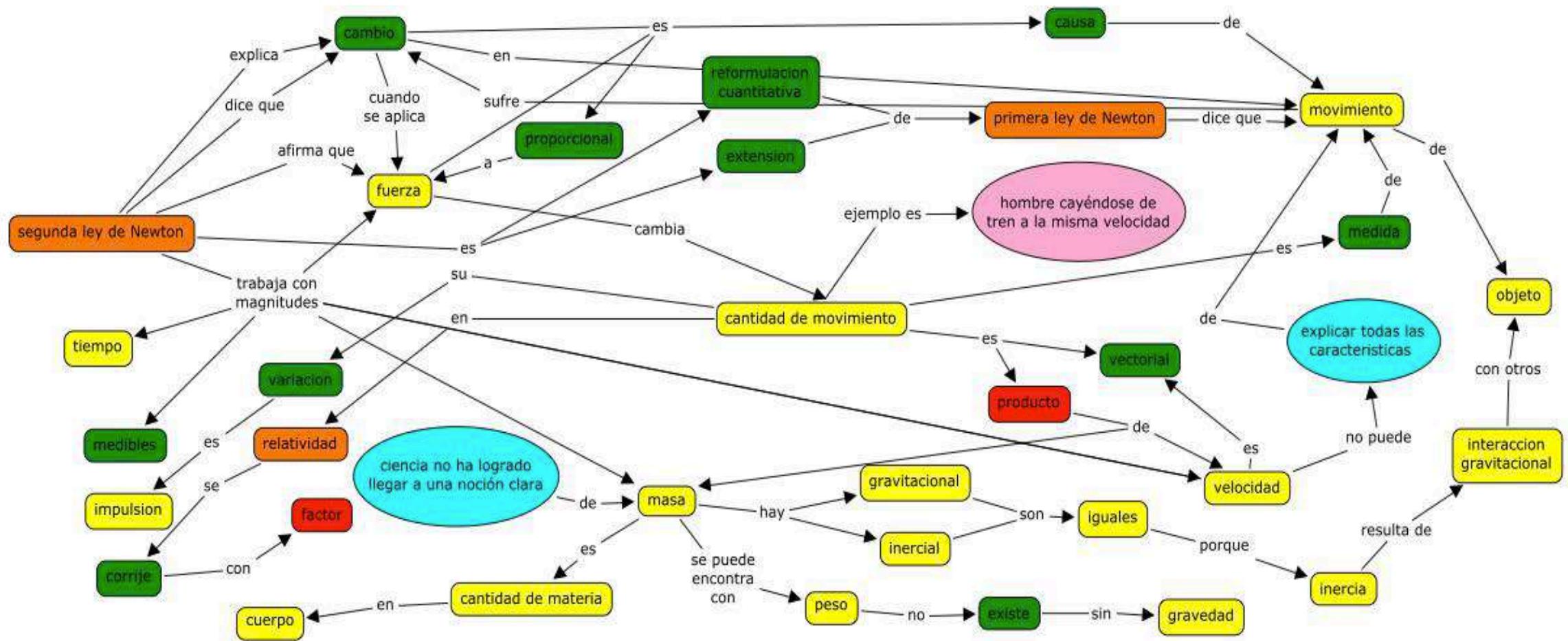
Figura 10. Mapa conceptual primera ley de Newton libro de texto



Como se puede ver, este mapa conceptual presenta dos conceptos centrales, en el sentido de estar incluidos en más nodos: ley de inercia y movimiento. Para empezar, el libro presenta el principio de la inercia diciendo que un cuerpo que no es sometido a ninguna perturbación externa, se mantendrá en movimiento rectilíneo uniforme. A la presentación del principio de la inercia se une un discurso cognitivo en el que se dice que es un principio ideal ya que no se cumple en ninguna parte del universo, porque en ninguno se logra estar sin ninguna influencia exterior, también se dice que sin embargo es poderoso porque permite explicar una gran cantidad de fenómenos. También se dice que este principio solo se aplica en referenciales inerciales, presenta dos ejemplos además de este tipo de referenciales.

Las dos ideas anteriores, es decir, el hecho que es un principio ideal que no se cumple en el universo y que es un principio que se cumple en referenciales inerciales, pueden resultar contradictorias sin una reflexión más profunda de lo que significa cada una de estas afirmaciones. La idea de movimiento viene relacionada con personajes de la historia: Newton comprendió la inercia que puede entenderse como la resistencia a cambios de movimiento y que le da nacimiento a la ley de la inercia o primera ley de Newton, que fue constatada por George Berkeley y había sido formulada antes por Galileo, quien basó sus argumentos en experiencias con bolas sobre planos inclinados con rozamientos cada vez menores. También presenta que esta ley contradice las ideas de Aristóteles que eran falsas pero coherentes con la experiencia cotidiana que nos dice que se necesita una fuerza para poder mantener un cuerpo en movimiento.

Figura 11. Mapa conceptual Segunda ley de Newton libro de texto

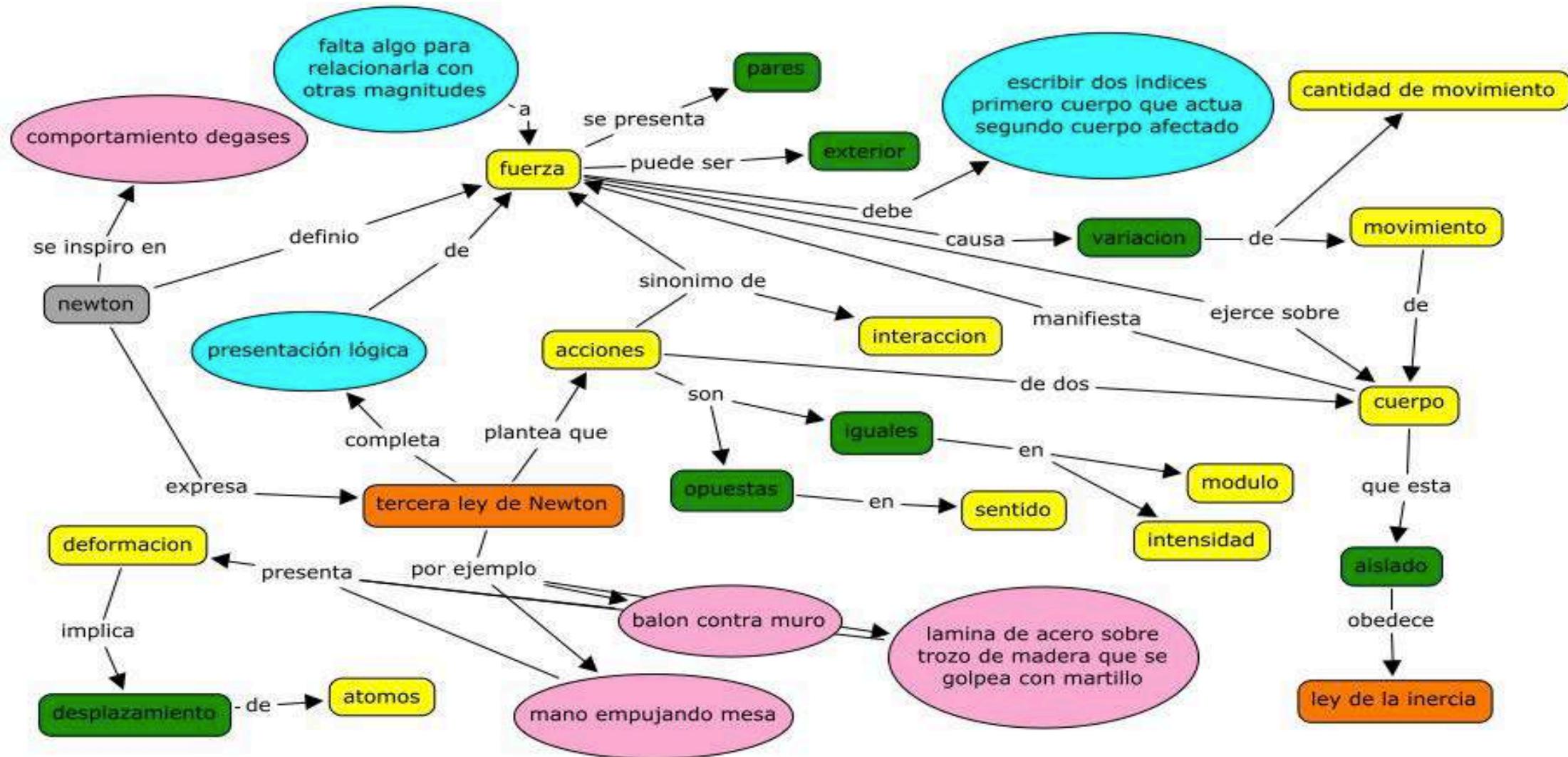


Como se puede notar, en este mapa la organización se torna más compleja, aunque usamos la herramienta de cmaps que organiza el mapa automáticamente, hay relaciones superpuestas. En este mapa hay cinco conceptos incluidos en varios nodos y que constituyen un punto central del mapa, éstos son: movimiento, cambio, fuerza, masa y cantidad de movimiento. Este mapa relaciona la primera ley de Newton con la segunda, en esta ocasión asegura que la fuerza es la causa del cambio de movimiento, a partir de ahí se formula la segunda ley como la reformulación cuantitativa de la primera.

La segunda ley de Newton se presenta enunciando que la fuerza ejercida sobre un cuerpo es igual a la variación resultante de la cantidad de movimiento dividida por la duración del evento. La cantidad de movimiento se caracteriza diciendo que es vectorial, para lo que se presenta un ejemplo de un hombre que se lanza de un tren a la misma velocidad que éste lleva, también diciendo que es el producto de la masa y la velocidad y que su variación se llama impulsión. El libro aclara que el producto de masa por velocidad, debe corregirse con un factor cuando se examina desde la relatividad. También puntualiza que la variación de la cantidad de movimiento se llama impulsión. Ligado a esto hay un discurso que se podría entender como meta ya que asegura que la velocidad no puede explicar todas las características del movimiento, es una idea interesante, aunque se podría explicar en detalle.

También, ligado a esta última definición, incluye el concepto de masa, sobre él se dice que la ciencia no ha llegado a una idea clara, sin embargo, se define como la cantidad de materia, además se aclara que se puede medir con el peso (que no existe sin gravedad), finalmente, se distingue entre masa inercial y masa gravitacional aunque después se dice que son equivalentes porque la inercia resulta de la interacción gravitacional, esta última idea puede ser confusa ya que no se explica la utilidad de hacer la distinción.

Figura 12. Mapa conceptual tercera ley de Newton libro de texto



Como se puede notar, este mapa se estructura en torno al concepto de fuerza que cuenta con diez relaciones, seguido por el concepto de cuerpo que cuenta con cinco relaciones. Este relaciona la primera ley de Newton con la tercera, en esta ocasión recalca que la fuerza es la causa la variación de movimiento, a partir de ahí se formula la tercera ley diciendo que las de dos cuerpos son opuestas en sentido e iguales en módulo o intensidad. Adicionalmente, proporciona tres ejemplos de la aplicación de esta ley, haciendo énfasis en cómo los cuerpos se deforman lo que implica desplazamiento de sus átomos. Finalmente, este mapa cuenta con un discurso cognitivo que tiene que ver con explicar el simbolismo que acompaña a las fuerzas y que además presenta la tercera ley de Newton de diciendo que es el paso siguiente en el marco de la presentación del concepto fuerza, pero que resalta también que hace falta relacionar la fuerza con otras magnitudes, que es lo que finalmente permite la tercera ley de Newton, dando así visos de sus aplicaciones.

Ahora bien, teniendo en cuenta el conocimiento de referencia que se presentó para el análisis de los cursos en el apartado 5.2.3, se procedió igualmente a usar la herramienta de comparación de cmaptools para comparar los mapas producto del libro de texto y los que se construyeron para los profesores 1F y 2F. Una primera comparación que es posible hacer es el de las categorías que incluye cada uno de los mapas, en la tabla 19 se relacionan las categorías presentes en los mapas sobre la primera, segunda y tercera ley de Newton de los profesores 1F y 2F y del libro de texto, teniendo en cuenta la cantidad de veces que aparecen en cada mapa

Tabla 21. Categorías presentes en mapas sobre las leyes de Newton de los profesores 1F y 2F y el libro de texto

| Categoría | Profesor 1F | Profesor 2F | Libro de texto |
|--|-------------|-------------|----------------|
| Magnitudes o conjuntos de magnitudes físicas (amarillo) | 44 | 35 | 36 |
| Características de las magnitudes o conjuntos de magnitudes (verde) | 21 | 27 | 24 |
| Leyes o dominios de la física (naranja) | 10 | 14 | 7 |
| Operadores matemáticos (rojo) | 10 | 5 | 2 |
| Personajes de la física (gris) | 4 | 3 | 5 |
| Discurso cognitivo en referencia a los aprendizajes que están involucrados | 28 | 18 | 10 |
| Ejemplos (rosado) | 14 | 17 | 8 |
| Preguntas (morado) | 3 | 7 | 0 |
| Total | 134 | 126 | 92 |

Como se puede notar, los mapas de los profesores son más nutridos que el mapa proveniente del libro, si miramos las categorías diseñadas para los mapas conceptuales, es posible decir que:

Magnitudes o conjuntos de magnitudes físicas (amarillo): las magnitudes que presenta el libro son similares ligeramente más que en el profesor 2F y ahora bien, es razonable que se coincida en las magnitudes físicas empleadas para presentar las leyes de Newton ya que en todos los casos, los postulados deben incluir las mismas magnitudes.

Características de las magnitudes o conjuntos de magnitudes (verde): en esta categoría también se cuenta con una cantidad similar de conceptos entre el libro de texto y los profesores, el libro sin embargo tiene un poco más de conceptos en esta categoría que el profesor 1F. Ahora bien, al ser esta una categoría que habla de las características que se le asignan a las magnitudes, de cómo se considera que éstas magnitudes deben ser abordadas, por qué características o comportamientos particulares; la cantidad de conceptos no nos permite analizar mucho sobre este aspecto.

Leyes o dominios de la física (naranja): en esta categoría el libro de texto presenta un número similar de postulados que el profesor 1F, y la mitad que el profesor 2F. Las leyes o principios de Newton constituyen enunciados generales que se construyen a partir de otros, en este sentido, se puede decir que el libro de texto y el profesor 1F lo asocian a un número similar de enunciados mientras que el 2F a más.

Operadores matemáticos (rojo): El libro de texto presenta dos, menos que el profesor 2F y también que el profesor 1F, esto implica que el libro de texto incluye menos alusiones a la operacionalización matemática de los conceptos que los profesores 1F y 2F.

Personajes de la física (gris): en todos los casos se incluye un número similar de personajes de la física.

Discurso cognitivo en referencia a los aprendizajes que están involucrados (azul): esta categoría es importante ya que hace referencia al uso de hipótesis acerca de las dificultades de los estudiantes, es decir, alusión a las dificultades de aprendizaje o razonamientos típicos. En esta categoría el libro de texto tiene menos conceptos

que el profesor 2F y aún menos que el profesor 1F, el libro hace entonces menos alusión a este tipo de ideas.

Ejemplos (rosado): el libro presenta menos ejemplos que el profesor 1F y 2F, esto puede tener que ver con la estructura fragmentada del texto en la que se presentan las ideas antes y luego, en un apartado posterior, ejemplos (ejercicios resueltos) y ejercicios.

Preguntas (morado): esta categoría trata sobre las preguntas que el que se hacen a los estudiantes, las reflexiones que se les plantean. No se encontraron alusiones en este sentido en el libro de texto.

Ahora bien, para entrar un poco más en detalle, se hizo un análisis comparativo de cmaptools para ver las coincidencias que existen entre los mapas de los profesores en cada ley y el libro de texto, como se muestra a continuación:

- Primera ley libro de texto y profesor 1F: Estos mapas no tienen ningún nodo idéntico, sin embargo, el 37% de los conceptos que presentan (11 de 29) coinciden. Dentro de los conceptos que coinciden exactamente están Aristóteles, Galileo, fuerza y movimiento; hay otros conceptos que coinciden parcialmente como inercia y principio de la inercia, cuerpo y cuerpos, referenciales y referencial.
- Primera ley libro de texto y profesor 2F: Estos mapas no tienen ningún nodo idéntico, sin embargo, el 32% de los conceptos que presentan (9 de 29) coinciden. Dentro de los conceptos que coinciden exactamente están Newton, cuerpo, fuerza y movimiento.
- Segunda ley libro de texto y profesor 1F: Estos mapas no tienen ningún nodo idéntico, sin embargo, el 22% de los conceptos que presentan (8 de 29) coinciden. Dentro de los conceptos que coinciden exactamente están cantidad de movimiento, fuerza, producto, proporcional y velocidad
- Segunda ley libro de texto y profesor 2F: Estos mapas tienen un nodo idéntico que es producto de masa y velocidad, además, el 27% de los conceptos que presentan (10 de 30) coinciden. Dentro de los conceptos que coinciden exactamente están fuerza, inercial, masa, vectorial y velocidad.

- Tercera ley libro de texto y profesor 1F: estos dos mapas tienen un nodo idéntico que corresponde a opuestas en sentido, además de esto, el 35% de los conceptos incluidos (10 de 28) coinciden, estos son cantidad de movimiento, fuerza opuestas en sentido y newton. Lo que evidencia que la definición de la tercera ley de Newton es similar en ambos casos.
- Tercera ley libro de texto y profesor 2F: estos dos mapas tienen un nodo idéntico que corresponde a opuestas en sentido, además de esto, el 42% de los conceptos incluidos (12 de 28) coinciden, estos son movimiento, pares de fuerzas, opuestas en sentido y tercera ley newton. Lo que evidencia, como en el caso anterior que la definición de la tercera ley de Newton es similar en ambos casos.

Como se pudo ver, las coincidencias entre el libro de texto y los profesores 1F y 2F están relacionadas en general con las magnitudes y sus características, incluso en el caso de la definición de la tercera ley de Newton, que se hace desde las magnitudes iguales en todos los casos (se ejercen dos cuerpos uno al otro una fuerza de igual magnitud, pero en sentido contrario) lo que es razonable porque en los tres casos el contenido es el mismo. Con este análisis no se pretende calificar al libro de texto ni tampoco a los dos profesores, sin embargo, es posible decir que las clases magistrales ofrecidas por estos profesores, no son iguales a una repetición del libro de texto, esto puede dar pistas para rebatir propuestas que pugnan por el reemplazo de la magistralidad con libros de texto.

Según Trucker (2012), la clase invertida propone que lo que tradicionalmente se hace en clase, se realice en casa, y lo que se realiza por costumbre como tarea se haga en la clase. Esto implica que la presentación del contenido se haga en casa, con ayuda de libros de texto y otros tipos de documentos. Aunque como se mostró en el capítulo uno, propuestas que se enmarcan en el auge de la innovación, pugnan por este tipo de organización (Trucker, 2012 y Herreit y Schiller 2013). Sin embargo, esta comparación permite a priori mostrar la necesidad de hacer más investigación sobre este asunto ya que este análisis parece indicar que las clases magistrales presentan una riqueza en comparación con el libro de texto de referencia, sobre todo en lo que tiene que ver con los ejemplos y el discurso cognitivo ligado a las explicaciones.

4.6 Metodología aplicada a una segunda muestra

Con base en las mismas categorías y estrategias expuestas en este capítulo para la muestra de profesores 1F y 2F, se hizo el ejercicio de hacer el análisis con los datos de los profesores colombianos, 1C y 2C. A continuación, se presentan estos análisis

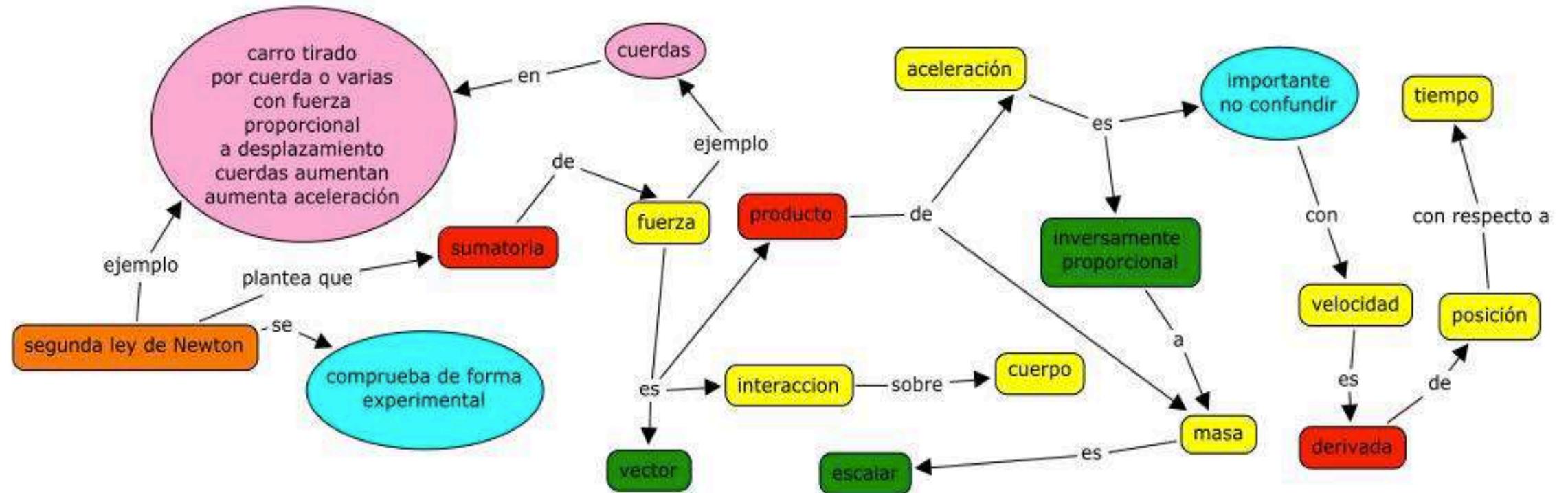
4.6.1 Análisis macro de los episodios comunes (profesores Colombianos)

Se cuenta con diez páginas de transcripción del profesor 1C y nueve del profesor 2C referentes a las tres leyes de Newton, a continuación, se presentan los mapas conceptuales hechos a partir de estas transcripciones.

Este mapa presenta como conceptos centrales: ley de la inercia, movimiento y aceleración. El profesor 1C presenta la ley de la inercia diciendo que, si ninguna fuerza neta actúa sobre un cuerpo, este mantendrá su movimiento, su aceleración será nula, antes de presentar esta formulación, el profesor 1C hace un pequeño experimento de curso. El profesor preparó un riel por el que lanzó una bola, también lanzó la bola en otras superficies mostrando que en diferentes superficies va más o menos lejos. Los estudiantes deducen que lo que pasa es que el rozamiento disminuye.

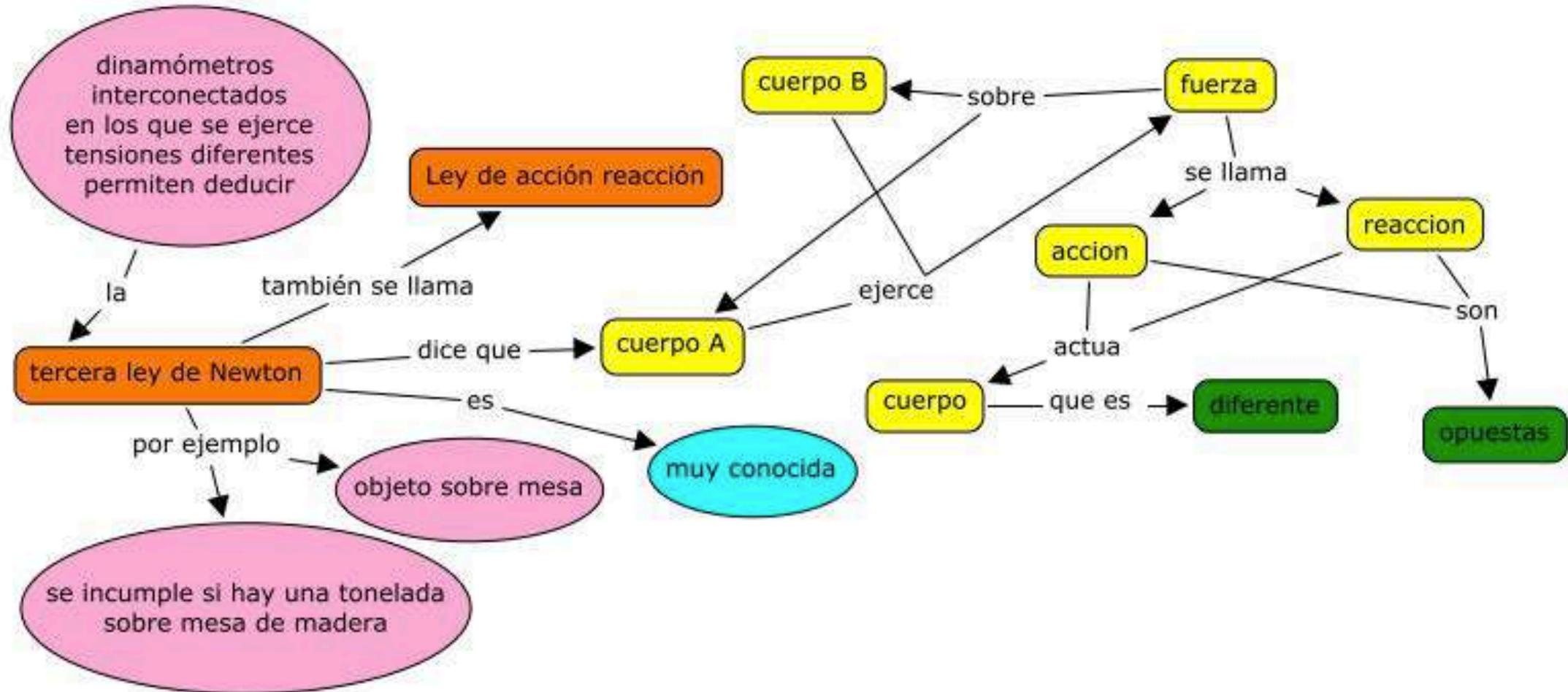
A partir de esto deduce el principio de la Inercia que aclara fue formulado por Galileo, antes de Newton, lo presenta diciendo que, si sobre un cuerpo no actúa ninguna fuerza neta, entonces este cuerpo se mueve con velocidad constante o se mantiene en reposo ya que su aceleración (derivada de la velocidad) es cero. También aclara que esto es válido en un sistema de referencial inercial, para explicar este concepto de referencial inercial el profesor usa un ejemplo de un cuerpo cayendo dentro de un tren. Se puede notar que este profesor no define el concepto de fuerza ni tampoco describe el proceso histórico que llevó a la primera ley de Newton, es decir, no presenta las ideas que hubo antes de Galileo y finalmente, no hace ninguna alusión al proceso cognitivo de los estudiantes.

Figura 14. Mapa conceptual Segunda ley de Newton Profesor 1C



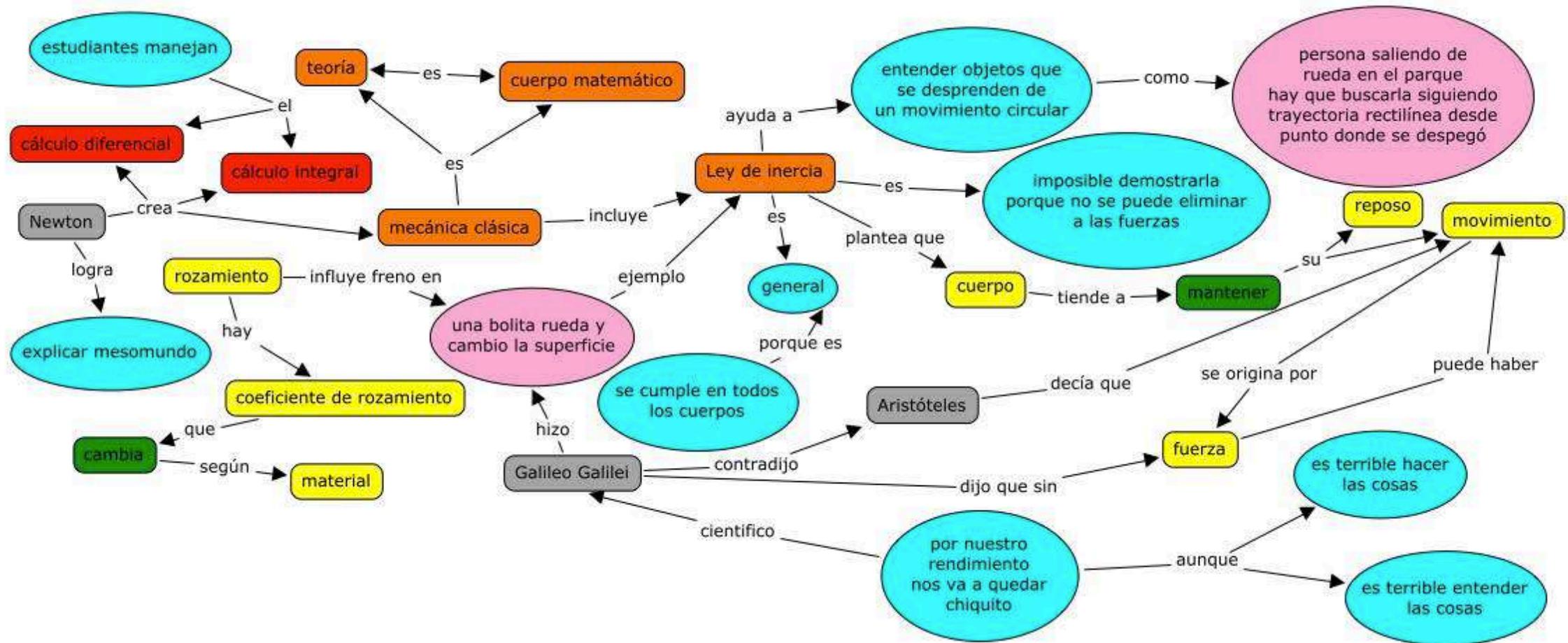
En este mapa hay tres conceptos que están involucrados en varios nodos, segunda ley de Newton, masa y fuerza. El profesor presenta la fuerza esta vez como la interacción sobre los cuerpos, con esa idea en mente, propone un experimento en clase, con un carro amarrado a cuerdas elásticas muestra que la fuerza es proporcional a la aceleración. Aumentando la masa del carro muestra también que la aceleración es inversamente proporcional a la masa construyendo la expresión de fuerza (vectorial) es igual al producto de la masa (escalar) por la aceleración (vectorial). Este mapa conceptual incluye además un discurso cognitivo en el que el profesor aclara que no debe confundirse la aceleración con la velocidad ya que ésta última es la derivada de la posición con respecto al tiempo, aunque no se brinda una definición de aceleración. Además, resalta que con el experimento propuesto se comprobó experimentalmente la segunda ley de Newton.

Figura 15. Mapa conceptual Tercera ley de Newton Profesor 1C



Este mapa es menos denso que otros que se han presentado, aunque la mayoría de conceptos tienen tres reacciones o menos, el de tercera ley de Newton cuenta con cinco lo que permite decir que el discurso se estructura alrededor de este concepto. El profesor dice que la tercera ley de Newton es muy conocida y se puede deducir por medio de una experiencia en la que se interconectan dinamómetros a tensiones que están influenciadas unas por otras, luego de esta experiencia describe la ley diciendo que cuando un cuerpo A ejerce una fuerza sobre un cuerpo B se puede llamar acción y a su vez el cuerpo B ejercerá una fuerza sobre el cuerpo A que se puede llamar reacción. Finaliza puntualizando que estas dos (acción y reacción) que son opuestas, sin profundizar en opuestas en que sentido, finalmente, vuelve a ejemplificar este fenómeno diciendo que además hay casos donde no se cumple, como el de un yunque sobre una mesa, esto último refuerza el que los estudiantes consideran que el objeto de mayor tamaño o masa ejerce una fuerza mayor sobre el de menor tamaño o masa (Lebrun y de Hosson, 2014).

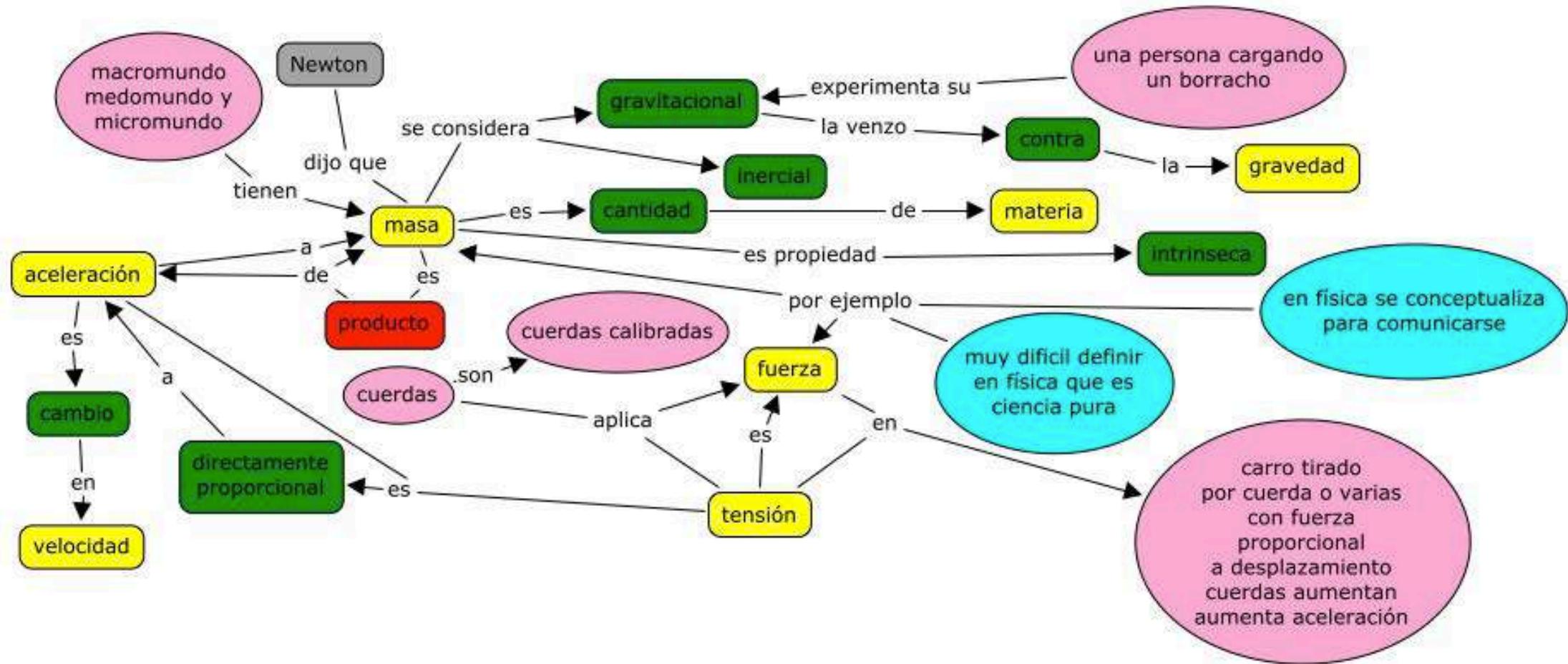
Figura 16. Mapa conceptual Primera ley de Newton Profesor 1C



Este mapa está centrado en el concepto de ley de la inercia, aunque los conceptos movimiento, Galileo Galilei y Newton, también hacen parte de varios nodos. El profesor 2C dice que Newton creó la mecánica clásica, que es un cuerpo matemático, lo que asimila a una teoría. Aunque dice que con la mecánica clásica Newton logra explicar el mesomundo, no dice explícitamente a qué se refiere con esto. Además de esto presenta a Newton como el creador del cálculo diferencial y el cálculo integral que aclara, los estudiantes ya manejan. Ahora bien, para introducir el principio de la inercia, el profesor propone una observación lanza una bola en diferentes superficies mostrando que en diferentes superficies va más o menos lejos. Los estudiantes deducen que lo que pasa es que el rozamiento disminuye. Puntualiza que ésta fue la experiencia que hizo Galileo Galilei contradiciendo las ideas de Aristóteles quien sostenía que el movimiento se origina a causa de una fuerza.

El profesor 2C presenta la ley de la inercia diciendo que todo cuerpo tiende a permanecer en su estado sea en movimiento rectilíneo uniforme o en reposo, sin embargo, dice también que no se puede demostrar porque no es posible eliminar las fuerzas. El discurso del profesor además está marcado por intervenciones cognitivas, dice que la ley de la inercia se cumple en todos los cuerpos y que habla de su utilidad, pero también del esfuerzo que implica hacer y entender las cosas, finalmente habla del desempeño de los estudiantes diciendo que Galileo va a quedar chiquito al lado de ellos.

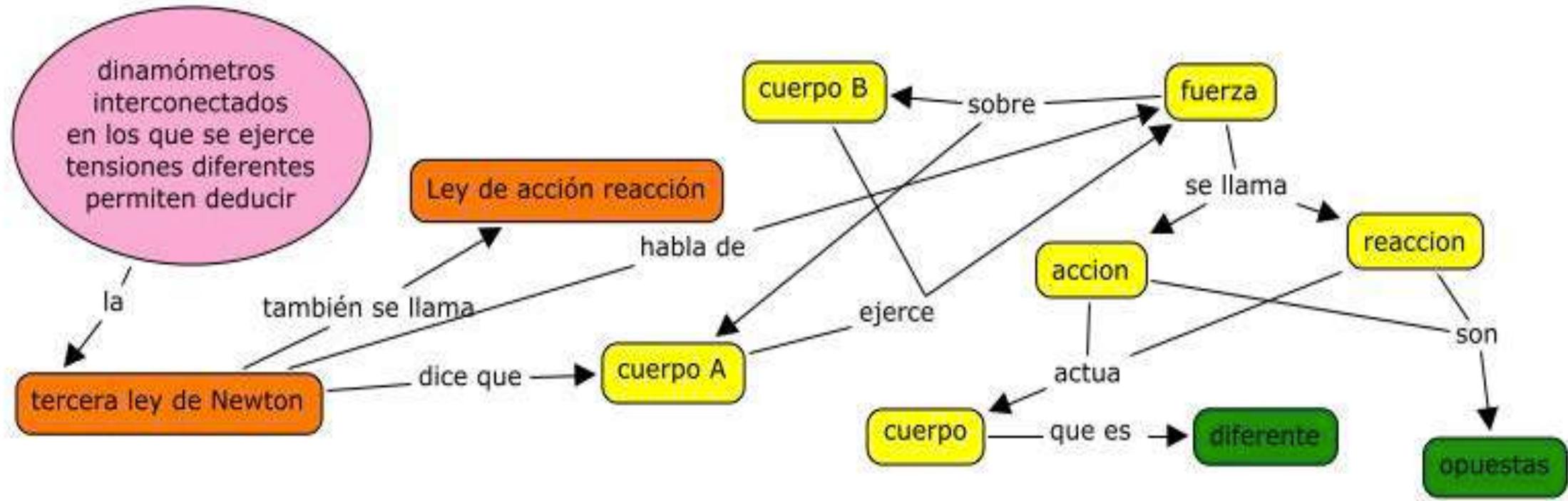
Figura 17. Mapa conceptual Segunda ley de Newton Profesor 2C



En este mapa conceptual se observan dos conceptos que constituyen una buena cantidad de los nodos que son los conceptos de masa y aceleración. El profesor parte de una observación de una experiencia hecha en la clase, con un carro amarrado a cuerdas elásticas muestra que la fuerza es proporcional a la aceleración. Aumentando la masa del carro muestra también que la aceleración es inversamente proporcional a la masa construyendo así la expresión de fuerza (o tensión) es igual al producto de la masa por la aceleración, que se presenta como la formulación de Newton.

De esta expresión, se hace una explicación detallada de la masa que se presenta como una propiedad intrínseca de los cuerpos, que equivale a su cantidad de materia que se puede interpretar de dos maneras diferentes que corresponden a la masa inercial y gravitacional, que se trata básicamente de la misma masa, pero en un caso, hay que vencer su inercia o su gravedad para manipularla. Ligado a esto, el profesor dice que la masa se encuentra en el micromundo, el mesomundo y el macromundo. El profesor también construye un discurso cognitivo en el que se explica que definir en ciencias es difícil, que lo que se hace es conceptualizar, lo que permite comunicarse. En este sentido, dice que definir masa o fuerza es difícil pero sin embargo se han encontrado formas de conceptualizarlas.

Figura 18. Mapa conceptual Tercera ley de Newton Profesor 2C



Este mapa muy similar que el del profesor 1C, aunque la mayoría de conceptos tienen tres reacciones o menos, el de tercera ley de Newton y fuerza cuentan con cuatro lo que permite decir que el discurso se estructura alrededor de estos concepto. El profesor dice que la tercera ley de Newton se puede deducir por medio de una experiencia en la que se interconectan dinamómetros a tensiones que están influenciadas unas por otras, luego de esta experiencia describe la ley diciendo que cuando un cuerpo A ejerce una fuerza sobre un cuerpo B se puede llamar acción y a su vez el cuerpo B ejercerá una fuerza sobre el cuerpo A que se puede llamar reacción. Finaliza puntualizando que estas dos (acción y reacción) que son opuestas, sin profundizar en opuestas en que sentido.

Una comparación

Teniendo en cuenta el saber de referencia que se expuso en la sección 5.2.3, se usó igualmente la herramienta de comparación de cmaptools encontrando:

Primera ley de Newton

Una primera comparación que es posible hacer es el de las categorías que incluye cada uno de los mapas, en la tabla 20 se relacionan las categorías presentes en los mapas sobre la primera ley de Newton de los profesores 1C y 2C y la cantidad de veces que aparecen en cada mapa:

Tabla 22. Categorías presentes en mapas sobre la primera ley de Newton profesores 1C y 2C

| Categoría | Profesor 1C | Profesor 2C |
|--|-------------|-------------|
| Magnitudes o conjuntos de magnitudes físicas (amarillo) | 10 | 7 |
| Características de las magnitudes o conjuntos de magnitudes (verde) | 3 | 2 |
| Leyes o dominios de la física (naranja) | 2 | 4 |
| Operadores matemáticos (rojo) | 1 | 2 |
| Personajes de la física (gris) | 1 | 2 |
| Discurso cognitivo en referencia a los aprendizajes que están involucrados | No | 9 |
| Ejemplos (rosado) | 2 | 2 |
| Preguntas (morado) | 1 | No |
| Total | 20 | 28 |

Como se puede notar, el mapa conceptual sobre la primera ley de Newton del profesor 2C tiene ligeramente más conceptos, o dicho de otra manera, incluye más elementos. Además, no están distribuidos de la misma manera como lo

muestra el que el profesor 2C incluye nueve alusiones al discurso cognitivo mientras que el profesor 1C ninguno. Ahora bien, de acuerdo con el análisis comparativo de *cmaps tools*, estos dos mapas no tienen ningún nodo idéntico, sin embargo, el 48% de los conceptos que presentan (14 de 29) coinciden. Dentro de los conceptos que coinciden hay ocho que lo hacen exactamente, es decir, con la misma formulación: ley de inercia, cuerpo, fuerza, movimiento, reposo, rozamiento y llama la atención que el ejemplo (experiencia de clase) usado para presentar la ley de la inercia, es el mismo también.

Centrándose en los conceptos que coinciden exactamente entre los dos mapas, una primera diferencia que salta a la vista es que el profesor 1C define la fuerza como sinónimo de interacción, también dice que cuando las fuerzas no actúan sobre un cuerpo, este no tiene aceleración y define la aceleración como la derivada de la velocidad, lo que puede corresponder a una presentación lógica de la fuerza (Maron, 2015). Otro aspecto interesante que se destaca en el profesor 1C es que muestra que la ley de inercia se cumple en ciertos referenciales que son inerciales y aunque no da una definición de referencial, lo ejemplifica; esto último implica tener en cuenta uno de los obstáculos de los estudiantes que es no tener en cuenta un referencial y deslocalizar los fenómenos en el espacio y en el tiempo. Finalmente, el profesor 1C menciona que fue Galileo Galilei el que formuló el principio de la inercia, al contrario, el profesor 2C muestra que Galilei contradujo a Aristóteles quien consideraba que para que haya movimiento hacía falta que hubiera una fuerza aplicada sobre el cuerpo, estas dos aproximaciones son diferentes, es posible pensar que usar las ideas que han venido cambiando en la historia, puede ayudar en los procesos de aprendizaje. El profesor 2C por su parte marca su discurso con intervenciones cognitivas que, de un lado muestran una alta expectativa sobre sus estudiantes, esto puede ayudar al proceso de aprendizaje de sus estudiantes, estimulándolos y generando motivación (Bain, 2011). También hay intervenciones de este profesor que hacen referencia a la dificultad de hacer o entender en física, esta dificultad sin embargo se presenta de manera declarativa, junto a lo que él supone los estudiantes ya dominan (Cálculo diferencial y cálculo integral), sin embargo, al no haber estrategias de evaluación permanente ligadas a estas

reflexiones, puede que no correspondan a las percepciones o capacidades de los estudiantes (López, 2013).

Segunda ley de Newton

Las categorías que se incluyen en cada uno de los mapas se muestran en la tabla 21 donde se relacionan las categorías presentes en los mapas sobre la segunda de Newton de los profesores 1C y 2C y la cantidad de veces que aparecen en cada mapa, tal como se hizo en el apartado anterior.

Tabla 23. Categorías presentes en mapas sobre la segunda ley de Newton profesores 1C y 2C

| Categoría | Profesor 1C | Profesor 2C |
|--|-------------|-------------|
| Magnitudes o conjuntos de magnitudes físicas (amarillo) | 8 | 7 |
| Características de las magnitudes o conjuntos de magnitudes (verde) | 3 | 7 |
| Leyes o dominios de la física (naranja) | 1 | No |
| Operadores matemáticos (rojo) | 3 | 1 |
| Personajes de la física (gris) | No | 1 |
| Discurso cognitivo en referencia a los aprendizajes que están involucrados | 2 | 2 |
| Ejemplos (rosado) | 2 | 5 |
| Preguntas (morado) | No | No |
| Total | 19 | 23 |

Como se puede notar, los dos mapas conceptuales incluyen un número similar de conceptos, o dicho de otra manera, similar cantidad de elementos. Además, en las diferentes categorías ambos profesores presentan un número similar de conceptos. De acuerdo con el análisis comparativo de *cmaps tools*, estos dos mapas tienen dos nodos idénticos que corresponden a la enunciación del principio de la inercia que en ambos casos se presenta como que la fuerza es el producto de la masa por la aceleración. Además, el 39% de los conceptos que presentan (9 de 23) coinciden.

Dentro de los conceptos que coinciden hay siete que lo hacen exactamente, es decir, con la misma formulación: aceleración, cuerdas, fuerza, masa, producto y velocidad y además, presentan (como en los mapas de la primera ley) el mismo ejemplo o experiencia de clase para presentar la segunda ley de Newton. Los dos presentan la segunda ley de Newton diciendo que la sumatoria de fuerzas es igual al producto de la masa por la aceleración, al presentar esta idea puntualizan que la aceleración es directamente proporcional a la fuerza. Sin

embargo, mientras el profesor 1C dice que la ley se comprobó experimentalmente con la experiencia de clase, el profesor 2C dice que la fuerza es muy difícil de definir ya que en general en física esta dificultad existe.

El profesor 1C caracteriza la fuerza como una interacción que produce aceleración y tiene un discurso cognitivo que gira en torno a la advertencia de no confundir la velocidad con la aceleración, aunque el profesor presenta esta idea de manera declarativa, es importante resaltar que esto corresponde a uno de los obstáculos que pueden presentar los estudiantes; aunque el profesor no define la aceleración si dice que la velocidad es la derivada de la posición con respecto al tiempo. Finalmente, el profesor 2C provee más ejemplos que el profesor 1C mostrando por ejemplo cómo la masa gravitacional se puede asimilar a la masa de un borracho que está siendo cargado.

Tercera ley de Newton

Las categorías que se incluyen en cada uno de los mapas se muestran en la tabla 22 donde se relacionan las categorías presentes en los mapas sobre la tercera ley de Newton de los profesores 1C y 2C y la cantidad de veces que aparecen en cada mapa, tal como se hizo en el apartado anterior.

Tabla 24. Categorías presentes en mapas sobre la tercera ley de Newton profesores 1C y 2C

| Categoría | Profesor 1C | Profesor 2C |
|--|-------------|-------------|
| Magnitudes o conjuntos de magnitudes físicas (amarillo) | 6 | 6 |
| Características de las magnitudes o conjuntos de magnitudes (verde) | 2 | 2 |
| Leyes o dominios de la física (naranja) | 2 | 2 |
| Operadores matemáticos (rojo) | No | No |
| Personajes de la física (gris) | No | No |
| Discurso cognitivo en referencia a los aprendizajes que están involucrados | 1 | No |
| Ejemplos (rosado) | 3 | 1 |
| Preguntas (morado) | No | No |
| Total | 14 | 11 |

Como se puede notar, los dos mapas conceptuales incluyen un número similar de conceptos o, dicho de otra manera, similar cantidad de elementos. Además, en las diferentes categorías ambos profesores presentan un número similar de conceptos, de hecho, estos profesores presentan la tercera ley de Newton como se dijo, desde la misma experiencia de clase y con la misma definición. De

acuerdo con el análisis comparativo de cmaps tools, estos dos mapas tienen 82% (14 de 17) nodos idénticos que corresponden a la enunciación de la tercera ley y el ejemplo desde el que se construye. Además, el 78% de los conceptos que presentan (11 de 14) coinciden.

Es importante decir que, dado que ambos hacen la misma reconstrucción, presentan las fuerzas de acción y reacción como opuestas, pero no como iguales, lo que no permite distinguir entre norma y orientación de la fuerza y podría generar problemas de comprensión en los estudiantes. Aunque los dos mapas son muy similares, el profesor 1C vincula un discurso cognitivo ligado a la tercera ley de Newton diciendo que es muy conocida, y además, incluye más ejemplos, en uno de ellos, como se mencionó que hay casos donde no se cumple la tercera ley de Newton, como el de un yunque sobre una mesa, esto último refuerza una obstáculo de los estudiantes que consideran que el objeto de mayor tamaño o masa ejerce una fuerza mayor sobre el de menor tamaño o masa (Lebrun y de Hosson, 2014).

4.6.2 Análisis micro de los episodios comunes (profesores Colombianos)

Con base en los tipos de proximidades, convenciones y procedimientos expuestos en el apartado 5.3 de este capítulo se procedió a hacer el análisis micro para la segunda muestra de maestros, se presentarán así proximidades de cada tipo asociadas a cada profesor a lo largo de su discurso

Profesor 1C

Proximidades en acto de tipo 1

Las proximidades en acto de este tipo que se dedujeron del discurso se listan a continuación

P.4 Una cosa importante, no confundir **aceleración** con **velocidad** ¿cuál es la diferencia?. **Velocidad** es la **derivada** de la **posición** con respecto al **tiempo**, se va **moviendo** con una **velocidad** constante, a medida que esa **velocidad** va cambiando, se va **acelerando**,

P.6 **podeis confuros**, o sea, cuando estaba con gramos lo dejais en gramos y no lo pasas a kilogramos o a lo mejor **confundís de nuevo velocidad con aceleración**, porque si yo simplemente quito este segundo de aquí, ya esto es **velocidad**, no **aceleración**, parece muy parecido, valga la redundancia, pero no, que es **aceleración**.

Las proximidades de este tipo muestran el establecimiento de relaciones que profesores suponen de los estudiantes, desde el punto de vista del investigador. Como se puede ver durante su presentación de las dos leyes de Newton logramos identificar dos intervenciones en las que deducimos esta proximidad ya que el profesor hace referencia a posibles confusiones (entre velocidad y aceleración) de los estudiantes que en efecto corresponden a ideas típicas o ingenuas reportadas en la literatura (Lebrun y de Hosson, 2014).

Proximidades en acto de tipo 2

Las proximidades en acto de este tipo que se dedujeron del discurso se listan a continuación

P.1 Si no hay nada que le frene la **bolita** seguiría **moviéndose** ¿no? Si yo cojo esta **superficie** que es un poquito más **rugosa**, la pongo ahí y aquí vamos a ver la **bolita**. Bueno antes no sé, aquí, ¿habéis visto desde ahí? –Sí- La lanzo casi desde el extremo, desde ahí. Hasta ahí, vale, sin problemas. La coges del extremo ¿eh? Ahora, la voy a lanzar de nuevo pero pongo esta especie de **cartón**.

P.1 Bueno, a partir de lo que acabamos de ver, enunciar el **primer principio**, la **primera ley de Newton**, pensar en la **bolita**, lo vamos a escribir y ahora vamos a intentar razonarlo con la **bolita**.

P.2 cuando el **cuerpo** está en **reposo** tiende a permanecer en **reposo** o cuando está en **movimiento**, tiende a permanecer en **movimiento**. Es lo que vulgarmente conocéis como **la inercia**. Supongo que todos habéis estado en un **carro** que frena el **carro** y **movéis** hacia delante porque el **carro** está **moviéndose** y **vosotros** seguís tendiendo a seguir en **movimiento**, porque estáis en un **carro** en **movimiento** y que vosotros estáis en **reposo** ¿vale?. Eso que está pasando ahí es lo que llamamos **sistema de referencia inercial**.

P.3 Alguien está fuera o en una **buseta**, si os ve alguien que está afuera y ve que os estáis **moviendo** en una **buseta**, se está **moviendo** la **buseta** y simultáneamente os estáis **moviendo** dentro de la **buseta**. Dos **movimientos**, es decir, estos sería un **sistema de referencia**, la **buseta** y alguien que lo vea desde fuera que esté aquí y **vosotros** esteis aquí **moviéndose** a su vez con **otra velocidad** ¿vale?. Esto es lo que lo llamamos un **sistema de referencia inercial**. Vamos a considerar que esta **velocidad** si es **constante** y vamos a tener una **traslación**, que es la **traslación de Galileo**.

Las proximidades de tipo 2 busca identificar momentos en que el profesor hace alusiones a la dialéctica entre objetos y teorías o entre lo real y su modelización o matematización. Identificamos cuatro apartados del discurso de este profesor en el que el profesor, por medio de ejemplos y experiencias de clase, ayuda a los estudiantes a hacer esto, para construir dos ideas, la de inercia y la de referencial. Este tipo de intervenciones pueden ayudar a transferir ideas que están en el terreno de la teoría a observaciones concretas que se ubican en el terreno de lo real u observable, dos tipos de registros que, si no guardan relación, pueden dificultar la comprensión (Taber, 2013).

Proximidades en acto de tipo 4

Presentaremos directamente estas proximidades en acto ya que no se dedujeron proximidades de tipo 3, vale la pena recordar que las proximidades de tipo 3 buscan examinar si los profesores presentan el conocimiento científico como inscrito en una historia, lo que podría ayudar a su comprensión.

Ahora bien, las proximidades de tipo 4 que se dedujeron del discurso se listan a continuación

P.4 Fijaros que la **fuerza** es un vector, la **aceleración** es un vector y ¿la **masa** es un?.

Bueno, aquí le puse una flecha, que pena. La **masa** va a ser un escalar.

P.5 Si tengo 25 **sumaria**, puedo tener 25 cauchos, 23 hacia aquí y dos hacia acá y **sumo**, puede ser que dos se contrarresten, pero al final **sumo** los 25, ¿vale?. Es decir, yo **sumo** el número de **interacciones** que tenga ahí.

P.5 fijaros que nosotros en nuestro curso, vamos a utilizar como mínimo dos dimensiones a veces hasta tres, pero esto va a ser un pocas veces, en general aquella **ecuación se transformaría en 3 ecuaciones**, una en la dirección X, otra en la dirección Y, y otra, si la hubiera, en la dirección Z. Cada una en cada una de las direcciones del espacio, o sea que esa **ecuación** a su vez se va a transformar en **tres ecuaciones**. La de Z en este curso prácticamente no la vamos a usar, pero las otras dos sí ¿vale? O sea que **ojo con eso**. **Sumo** todas las **fuerzas** que queden en dirección X y **sumo** todas las que hay en dirección Y, y puede haber una **aceleración** en X y una **aceleración** en Y. Es decir, imaginaos un **cuerpo** que está, por ejemplo, **no se una pelota de tenis**, la pelota se está moviendo así, o sea está avanzando en este sentido que la podemos llamar X, pero a su vez da botes ¿sí? es decir, se está moviendo en Y también. Tendría un **movimiento** simultáneo en X y en Y, por ejemplo una pelota de tenis por decirlo así. Y así sucesivamente, en este curso vamos a ver que si el **movimiento** en X o en Y simultáneamente, en Z no lo vamos a hacer, pero también podría darse el caso.

P.5 es muy importante que quede claro las unidades, entonces es a **interacción** que llamamos **fuerza**, a través de esa expresión, que lo habíamos definido en el sistema internacional, ojo, como **Newtons** ¿a qué va a ser igual entonces un **Newton**?, a un **kilogramo metro por segundo al cuadrado**.

P.6 Bueno, entonces **esto del sistema internacional debe quedar supermegaclaro**, de todos modos alguna vez se utiliza también otros sistemas de unidades diferentes, por ejemplo el cegesimal, se pone así: sistema cegesimal, es un sistema de unidades

cuando utilizamos **sistemas** u **objetos** más pequeños, es decir, en este sistema de unidades, nosotros nos vamos a mover, por ejemplo, en **centímetros segundo al cuadrado**

P.9 Esto vulgarmente se escribe así: F de AB, es decir, la primera es actuar sobre la segunda, es decir A sería Cristian B sería yo y esto vulgarmente se escribe así: F de A = B, es decir la primera es **actuar** sobre la segunda, esto sería A sería Cristian, B sería yo y esto vulgarmente se escribe así: BA es decir A, yo estaba haciendo una **reacción** de contenerme, estaba conteniendo mi brazo, sobre la **acción** que estaba ejerciendo Cristian y ambas **fuerzas** son **iguales** pero en **sentido contrario**, es decir, aquí habría un menos.

En la búsqueda de frases que indiquen, a criterio de los investigadores, si los profesores ayudan a que los estudiantes encuentren que pueden hacer cosas con lo que saben, encontramos seis intervenciones que consideramos cumplen con estas características. Unas se refieren a precisiones que ayudan a la correcta manipulación, por ejemplo de la fuerza como magnitud vectorial o la masa como escalar. Otras con la manipulación directamente como por ejemplo la explicación sobre la resultante de fuerzas o sobre cómo proyectar la aceleración en los ejes x y y. También hace referencia a los simbolismos usados como para señalar quien ejerce una fuerza sobre quien y finalmente, hay alusiones al sistema de unidades que se usa, buscando que los estudiantes sean consistentes.

Repeticiones

De la mano con las proximidades anteriormente mencionadas, buscamos los elementos que los profesores repiten en su discurso y se describen a continuación:

Tabla 25. Repeticiones en el discurso del profesor 1C

| Idea | Número de repeticiones | Proximidades supuestas asociadas |
|---|------------------------|----------------------------------|
| En ausencia de fuerzas exteriores, los cuerpos tienden a mantenerse en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme lo que refleja la inercia | 12 | Tipo 2, Tipo 4 |
| Hay sistemas de referencia inercial en los que es posible hacer observaciones de las leyes de newton | 5 | Tipo 2 |

| | | |
|---|---|--------|
| La fuerza es directamente proporcional a la aceleración e inversamente proporcional a la masa | 5 | Tipo 4 |
|---|---|--------|

Como se puede notar, las repeticiones del profesor 1C, están principalmente asociadas a proximidades de tipo 2 y 4, es decir, en que los estudiantes logren relacionar las teorías con los fenómenos y logren también, aplicar los conocimientos.

Profesor 2C

Proximidades en acto de tipo 1

Se encontró un apartado en el que se deduce que el profesor supone ideas contraintuitivas de los estudiantes

P.3 Miren ustedes como es de terrible entender uno las cosas. Aristóteles, si no hay fuerza no hay movimiento, si no hay fuerza no hay movimiento, mire lo que este acaba de decir; ¿Qué es lo que él dice? ¿Qué sin fuerza puede haber? movimiento. O sea que si yo retiro las fuerzas que actúan sobre esa esfera incluida la fricción, si las retiro, ella se podría mover en línea recta y a velocidad constante.

Esta explicación corresponde con la explicación del principio de la inercia que encarna ideas contraintuitivas de los estudiantes y se dice que es terrible entender las cosas. Sin embargo, esta dificultad es expresada declarativamente por el profesor, sin que medie una reflexión cognitiva del estudiante que es la que podría posibilitar, más fácilmente, un cambio conceptual (Pozo, 1999).

Proximidades en acto de tipo 2

Las proximidades en acto de tipo 2 que se dedujeron del discurso se listan a continuación

P.4 ya tenemos como expresar la ley de inercia, es una ley que no se puede demostrar por ninguna razón, ¿por qué?, porque no puedo eliminar las fuerzas y como no la puedo eliminar, pues no puedo demostrarla. Tengo que ayudarme un poco de la abstracción mental y entenderla, si yo pudiera retirar la fricción entonces ella se movería en línea recta y en velocidad constante.

P.4 Y es ley, cuando es ley y es ley general se cumple para todos los cuerpos

P.6 Que conforma un cuerpo, listo, esto es la cantidad de materia que conforma un cuerpo. Miren, es muy difícil definir en física, en ciencia pura casi que no se puede definir nada, muy difícil, realmente uno lo que hace es intentar de alguna manera conceptualizar y poderse comunicar con los otros y tener alguna idea común de la cosa, pero no es fácil.

P.7 Definir fuerza, definir masa, todas las definiciones en física son apenas unos acercamientos que se han venido haciendo, un lenguaje que se ha venido manejando y que todos debemos ir comprendiendo y entendiendo para estar como en un mismo nivel, para que todos entendamos ese mismo lenguaje, eso es todo. Por eso definir

masa, se han inventado muchas formas de definirlo, pero la que más se ha quedado ahí estancada y que le parece a todo el mundo que lo complementen ellos, es esta, es la cantidad de materia de un cuerpo

P.8 usted no puede coger la nevera de su casa y menos si es un nevercon de esos grandotes, y decir ay dónde va la nevera, dónde va la nevera, sí, como no. ¿Qué hacemos? ¿Qué hacemos? ¿Quiere saber una cosa?, es la misma masa, es la misma masa; pero no es lo mismo vencer su inercia ¿cierto?, que vencer su problema de orden gravitacional, por eso la masa se considera de dos perspectivas, masa inercial y masa gravitacional. La masa gravitacional es la que yo venzo contra la gravedad, esta, alzando, aquí venzo mi masa, la masa gravitacional de esta mesa y otra cosa es su masa inercial, los esfuerzos que tengo que hacer ¿son? diferentes. El ejemplo del borracho no se puede olvidar, esta es la que vence, venzo yo, la gravedad y esta inercia decimos, por eso algunos definen la masa como la resistencia, si la resistencia al movimiento, se resiste a ser movido el cuerpo entonces a eso le llaman masa inercial; entre más masa tenga un cuerpo, más inercial se vuelve, más resistente al movimiento se vuelve

P.10 Bueno, este ya los ve mas cerca, bueno, siempre hay errores experimentales, los dos no ven lo mismo pero el aparato marca lo mismo, aunque el dinamómetro trae también un pequeño error

Las proximidades de este tipo buscan identificar momentos en que el profesor hace alusiones a la dialéctica entre objetos y teorías o entre lo real y su modelización o matematización. Identificamos seis extractos del discurso de este profesor que se consideran en esta categoría. Iniciando hay una alusión a que la ley de la inercia no se puede comprobar de ninguna manera ya que no se pueden eliminar las fuerzas, además, la siguiente idea dice que la ley de inercia es una ley general que se cumple en todos los cuerpos. También hay una alusión a los errores experimentales, estas ideas remiten a la naturaleza de la teoría y cómo esta se puede o no transferir a lo real, sin embargo, estas dos pueden interpretarse como contradictorias también porque aunque el profesor dice que la ley de la inercia no se puede demostrar por ninguna razón, también dice que se aplica a todos los casos.

En esta misma dirección hay dos intervenciones en las que el profesor argumenta que definir en física es difícil y que lo que se hace en general en ciencias es conceptualizar para poderse comunicar con otros. En efecto, aunque estas ideas se presentan de manera declarativa, reflexionar sobre la naturaleza de las ciencias puede ser útil para comprender sus campos de acción y procedimientos (Aduriz, 2013). Finalmente, en torno a la masa y por medio de ejemplos de la vida cotidiana, el profesor muestra las diferentes formas de interpretar la masa, es posible que este tipo de intervenciones ayuden a ver las posibles aplicaciones del conocimiento adquirido en la interpretación del entorno

Proximidades en acto de tipo 3

Se dedujeron dos intervenciones que en el criterio de los investigadores pueden clasificarle como proximidades de tipo 3

P.3 cuando Galileo propone esto, él lo propone porque quería decirle a Aristóteles que había muerto hace más de mil años, no tanto, a ver este es de 1700 – 1600, no sí más de mil años, 1600 años, 1900 porque Galileo, porque Aristóteles está antes. Bueno. Aristóteles decía lo siguiente: el movimiento de los cuerpos se origina a causa de una fuerza

P.5 ¿A mayor tensión qué? mayor cambio en la velocidad y el cambio de la velocidad es ¿Una? aceleración. ¿Cómo fácil de observar, verdad? Y esto no lo logró la humanidad como en 30mil años y si lo hizo Newton, se dio cuenta de esto y el lo escribió así

Las proximidades de tipo 3 buscan examinar si los profesores presentan el conocimiento científico como inscrito en una historia, lo que podría ayudar a su comprensión. En este caso, el profesor muestra, aunque de manera declarativa que Newton logró algo que la humanidad no había hecho en muchos años, además, puntualiza que Galileo transformó las ideas de Aristóteles quien consideraba que para que hubiera movimiento, debía haber una fuerza. Estas ideas son presentadas sin embargo de manera sintética, o por decirlo de otro modo, resumidas y también, se presentan de forma declarativa por el profesor. Algunas investigaciones muestran que a los estudiantes les puede ser beneficioso reconstruir el camino histórico, incluyendo los elementos que argumentan el saber científico establecido o validado por la ciencia (Maron, 2015).

Proximidades en acto de tipo 4

Se encontró un extracto de las intervenciones del profesor en la que deducimos una proximidad de tipo 4

P.4 en el movimiento circular por ejemplo, si no entendí la ley de inercia, no podré entender qué pasa con los objetos que se desprenden de un movimiento circular, por ejemplo; como decir usted en un parque está montando allá dando vueltas y se le zafa la silla

Esta frase indica, a criterio de los investigadores, una intención del profesor por ayudar a los estudiantes a entender que la ley de la inercia puede usarse en lo venidero, desde un terreno académico, en este caso, en la interpretación del movimiento circular.

Repeticiones

De la mano con las proximidades anteriormente mencionadas, buscamos los elementos que el profesor 2C repiten en su discurso y se describen a continuación:

Tabla 26. Repeticiones en el discurso del profesor 2C

| Idea | Número de repeticiones | Proximidades supuestas asociadas |
|--|------------------------|----------------------------------|
| Si un cuerpo no sufre influencia de ninguna fuerza, continua en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme | 8 | Tipo 2 |
| Es difícil definir en ciencias, solo es posible conceptualizar | 4 | Tipo 2 |

Como se puede notar, las repeticiones del profesor 2C, están principalmente asociadas a proximidades de tipo 2, es decir que revelan un esfuerzo por establecer relaciones entre el sentido común y el conocimiento científico o en trabajar en la dialéctica del objeto y la teoría, presentándose.

Una comparación

Un primer indicador que permite poner a los dos profesores en comparación es ver el tipo de proximidades que están presentes en mayor medida en cada discurso como se muestra a continuación

Tabla 27. Tipos de proximidades supuestas por los en el discurso de los profesores 1C y 2C

| Categoría / Tipo de proximidad en acto supuesta | Profesor 1C | Profesor 2C |
|--|-------------|-------------|
| Tipo 1. Relaciones sentido común – conocimiento científico | 2 | 1 |
| Tipo 2. Dialéctica mundo de objetos y eventos / mundo de teorías y modelos | 4 | 6 |
| Tipo 3. Inscripción en la historia de los saberes científicos | 0 | 2 |
| Tipo 4. Aplicación del conocimiento de los estudiantes | 6 | 1 |

Como se puede ver, las estrategias que deducimos en los dos profesores para lograr que los estudiantes aprendan, son diferentes y esto nos puede permitir hacer algunas inferencias sobre el perfil de los profesores en cuestión. De acuerdo con la tabla 25, el profesor 1C centra las intervenciones en las que se deduce una intención explícita de situarse en la zona de desarrollo proximal en lo que deducimos como proximidades de 2 y 4, mientras que en el discurso del profesor 2C se infirieron de preferencia proximidades de tipo 2.

Esto puede implicar que, de acuerdo con el punto de vista de los investigadores, ambos profesores buscan ayudar a los estudiantes, principalmente, a poder establecer conexiones entre el registro de las teorías y los modelos con el mundo real o de objetos y eventos. Adicionalmente, se dedujo que el profesor 1C hace esfuerzos para mostrar a sus estudiantes cómo aplicar el conocimiento que se trabaja en clase. Adicionalmente es posible hacer algunas inferencias sobre las diferentes características que tienen los extractos que hemos considerado como proximidades en acto:

- *Proximidades de tipo 1*: la manera como se deduce que los dos profesores establecen relaciones entre el conocimiento de sentido común y el conocimiento científico, está en el profesor 1C marcada por las advertencias a no confundir velocidad con aceleración, lo que corresponde con un obstáculo en el aprendizaje de la dinámica; el profesor 2C en cambio, habla de la dificultad que encarnan los conceptos presentados. Sin embargo, en ambos casos estos análisis son presentados en forma declarativa por los profesores.
- *Proximidades de tipo 2*: este tipo de proximidades, como se dijo, son las que más se dedujeron en ambos discursos, ambos profesores usan el mismo experimento de una bola rodando en diferentes planos para introducir la primera ley de Newton, sin embargo, el profesor 1C provee otros ejemplos para ilustrar la inercia y el concepto de referencial, este último ausente en el discurso del profesor 2C, como se dijo, antes, los estudiantes tienen problemas con identificar las magnitudes en el espacio y el tiempo. Adicionalmente el profesor 2C habla sobre la física diciendo que en ciencias y en física es difícil lograr definiciones, estas frases podrían contribuir a reflexionar sobre la naturaleza de la ciencia o a comprenderla y saber cómo se pueden aplicar sus postulados.
- *Proximidades de tipo 3*: estas solo se identificaron en el discurso del profesor 2C que presenta a Aristóteles, sus ideas y los argumentos que llevaron a Galileo a hacer otros postulados, sin embargo, se presenta de una manera declarativa.

- *Proximidades de tipo 4*: este tipo de proximidades se deducen principalmente en el profesor 1C que busca mostrar cómo manipular correctamente las magnitudes, en el discurso del profesor 2C sin embargo se identificó una intervención en que habla sobre la aplicación del principio de la inercia en el movimiento circular.

Como se ha visto, los análisis macro y micro no son independientes de su contexto, ya que hay componentes de la práctica que están íntimamente relacionados con el contexto en el que esta práctica se desarrolla, por ejemplo, se considera que hay limitaciones asociadas al tamaño del grupo (Bates, 2001). Los análisis hechos permiten entonces considerar estas particularidades y con ellas, el contexto en el que la práctica se desarrolla, podría decirse entonces que permiten un acercamiento antropológico a las prácticas de los profesores, esto si se tiene en cuenta que se hace una pregunta por el otro (profesor) o los otros (la clase) suponiendo que éstos no pueden comprenderse de forma aislada sino en relación con uno o varios referentes (Burgos, Velasco y Aguilar, 2015). Los análisis hechos permitieron entonces, mediante la observación y las estrategias de análisis adoptadas, describir a los profesores y sus prácticas desde unos referentes particulares, en este caso, referentes didácticos ya que están generados desde un marco teórico de la didáctica e implican en todo momento, las particularidades del contenido a enseñar.

Se pudo ver que los mapas conceptuales y las proximidades en acto son herramientas metodológicas que en efecto permiten analizar en detalle y desde un enfoque particular las prácticas de los profesores que, compartiendo el mismo contexto, teniendo niveles de formación similares y con condiciones institucionales iguales, tienen prácticas diversas, que hace falta analizar a profundidad justamente para encontrar sus particularidades y analizar sus potencialidades. En esta investigación se han usado los mapas conceptuales y la búsqueda de proximidades en acto supuestas, al aplicar estas estrategias a una segunda muestra de docentes, es posible tener una mayor evidencia de su utilidad en el análisis de las prácticas, es posible ver cómo en otro contexto, estas estrategias metodológicas permiten ver de qué manera otros profesores organizan los contenidos y usan estrategias para lograr que sus estudiantes aprendan.

Capítulo 5: Discusión y elementos de conclusión

Este último capítulo busca condensar la información e ideas que se han construido a lo largo de esta investigación, en un primer momento, se presenta una discusión metodológica sobre la propuesta de análisis de prácticas que se hizo en esta investigación, las respuestas que de allí se extraen a las preguntas de investigación y las limitaciones que presenta, esto implica volver sobre el doble acercamiento como marco teórico y los resultados de los análisis que en este marco se pudieron extraer.

Después de esto se presentarán otras rutas de análisis que se desarrollaron en la investigación, una de ellas es un análisis lexicométrico, otra fue la exploración de los resultados de aprendizaje de los estudiantes y finalmente, otras estrategias de búsqueda de proximidades y organización del discurso. Por último, se presentan las ideas centrales sobre el análisis de prácticas efectivas de profesores Universitarios que se extraen de esta investigación y se muestran posibles perspectivas de investigación que son posibles asociar a esta investigación.

5.1 Discusión metodológica

Como se explicó detalladamente en el capítulo dos, esta investigación se sitúa en la “double approche” (DA) que en español se podría traducir como doble acercamiento, involucrando las dimensiones didácticas y ergonómicas de la actividad del profesor (Robert y Rogalski, 2002). La investigación se centró en analizar la actividad del profesor en los cursos magistrales, abordando su complejidad, en dos sentidos, la organización del contenido y las estrategias que tienen los profesores para promover el aprendizaje de los estudiantes.

En el marco de la DA, el profesor se considera como un profesional que trabaja circunscrito a un contexto, en este sentido se proponen cinco componentes que interactúan entre sí (Robert y Vandebrouck, 2014):

- Cognitiva: se deduce de las elecciones de contenido
- Mediática: se deduce en las clases, por medio de las elecciones del profesor, en el marco del desarrollo de la clase.

- Personal: asociada a los conocimientos, las experiencias y las representaciones de la disciplina, su enseñanza y su aprendizaje.
- Institucional: caracterizada por las condiciones de la institución (programas, horarios, etc)
- Social: caracterizada por la composición de las clases y las expectativas de la comunidad en lo que respecta al proceso de formación.

Sin embargo, en esta investigación se buscó que las componentes institucional y social fueran similares para los dos profesores franceses y los dos colombianos, que en cada caso son pares de profesores de una misma institución, con un mismo programa y condiciones institucionales para el desarrollo del curso, esto permitió centrarse en los análisis en las componentes cognitiva y mediativa que, a su vez, permiten deducir información sobre la componente personal, buscando caracterizar la actividad del profesor y lo que suscita en los estudiantes. La componente cognitiva permite analizar la pregunta de investigación:

1. *¿Cómo los profesores organizan los contenidos involucrados en el curso con respecto al libro guía del programa?*

Se analiza estudiando los contenidos que los profesores ponen en juego, mediante mapas conceptuales. Éstos mapas esquematizan un contenido particular, en este caso, las tres leyes de Newton, para esto, se usaron varios colores que indican categorías, como se muestra a continuación:

Magnitudes o conjuntos de magnitudes físicas (amarillo)

Características de las magnitudes o conjuntos de magnitudes (verde)

Leyes o dominios de la física (naranja)

Operadores matemáticos (rojo)

Personajes de la física (gris)

Discurso cognitivo en referencia a los aprendizajes que están involucrados

Ejemplos (rosado)

Preguntas (morado)

La componente mediativa a partir de las intervenciones de los profesores y los elementos que incluyen, a partir de lo que llamamos proximidades en acto que se

basan en el concepto de “zona de desarrollo próximo” (Vygotski, 1978), es decir, “la distancia entre el nivel de desarrollo real, medido por la resolución de una tarea independientemente y el nivel de desarrollo potencial, medido por la resolución de la tarea bajo la dirección de un adulto o en colaboración con niños más capaces” (p.86). En este sentido, permiten analizar la manera como el profesor promueve la conceptualización del estudiante; las proximidades en acto entonces, permitieron etiquetar lo que interpretamos como una tentativa de acercarse cognitivamente al estudiante, esto permite tener elementos de respuesta a la pregunta de investigación:

2. ¿Qué estrategias utilizan los profesores para lograr que los estudiantes accedan a la comprensión de los contenidos previstos en el curso?

Para pensar en las proximidades en acto en el terreno de las ciencias naturales, se partió del paso de ideas ingenuas a conceptos científicos en el transcurso de la formación (Pozo, 1997), en este sentido, el curso magistral permitiría a los estudiantes explicitar sus teorías implícitas y contrastarlas con las teorías explícitas de la ciencia (Pozo y Gómez, 1998).

Las proximidades en acto, para las ciencias naturales que se trabajaron para este estudio son:

Tipo 1: Establecimiento de relaciones entre el conocimiento de sentido común o teorías implícitas y los conocimientos científicos socialmente compartidos.

Tipo 2: El trabajo de la dialéctica “mundo de objetos y de eventos / mundo de teorías y de modelos” del profesor, es decir, la modelación o matematización de la realidad.

Tipo 3: la manera como los profesores problematizan los conocimientos y hacen evidente que existen gracias a una historia

Tipo 4: El trabajo de volver los conocimientos de los estudiantes, aplicables, lo que puede ayudar a los estudiantes a aprender.

Con base en lo anterior, y en las repeticiones presentes en el discurso - como se vió en el capítulo 4 - es posible inferir elementos de la componente personal de los maestros, es decir, relacionar los conocimientos y las creencias de los profesores, con sus prácticas, dicho de otro modo, las elecciones de contenidos y las proximidades que se han podido dilucidar pueden ser asociadas a los conocimientos (didácticos o disciplinares) o la ausencia de ellos

Esta propuesta metodológica permitió entonces hacer un análisis de las prácticas efectivas de profesores universitarios de física, los resultados más importantes que desembocan en las respuestas a las preguntas de investigación planteadas y algunas de sus implicaciones se presentan a continuación.

5.1.1 Lo que permitió la propuesta de análisis : primera respuesta a las preguntas de investigación

Plantear un análisis desde la DA posibilitó analizar la actividad del profesor en el marco de cursos magistrales, desde una perspectiva didáctica, es decir, en relación con la disciplina, en las dimensiones cognitiva, mediativa y personal, como se dijo anteriormente, además, como se mostrará a continuación, permitió también traducir este marco teórico al terreno de las ciencias naturales, principalmente entendiendo cuáles podrían ser las proximidades en acto que le aplican y cuáles son las categorías que permitirían estructurar los discursos conceptuales de los profesores en los cursos magistrales de ciencias. Se construyó así un aporte en doble vía, usar el marco teórico de la DA permitió generar una metodología particular para el análisis de las prácticas efectivas de profesores universitarios de física pero al tiempo, esta metodología permitió de cierta manera, robustecer el marco teórico de la DA al traducir las componentes mediativa, personal y cognitiva al terreno de las ciencias naturales, en este caso por medio de categorías para la organización del contenido disciplinar involucrado en los cursos y cuatro proximidades en acto particularmente propuestas para las ciencias naturales

¿Cómo los profesores organizan los contenidos involucrados en el curso con respecto al libro guía del programa?

En lo que respecta a la dimensión cognitiva, que hace referencia, entre otros, a la manera como el profesor organiza el contenido involucrado en su enseñanza, se encontraron herramientas metodológicas particulares (mapas conceptuales en el software de cmaptools) que no solo permitieron evidenciar la organización de los contenidos hecha por cada profesor sino las similitudes o diferencias que hay en la organización de los dos profesores y entre ellos y el libro guía del programa. En principio, es posible decir que el marco teórico de la (DA) y la herramienta de análisis (mapas conceptuales), permitieron analizar los elementos que dos profesores

franceses (1F y 2F) introducen en su discurso acerca de las tres leyes de Newton y la manera como estos elementos se relacionan entre sí, como se muestra:

Figura 19. Categorías presentes en mapas sobre la primera ley de Newton profesores 1F y 2F

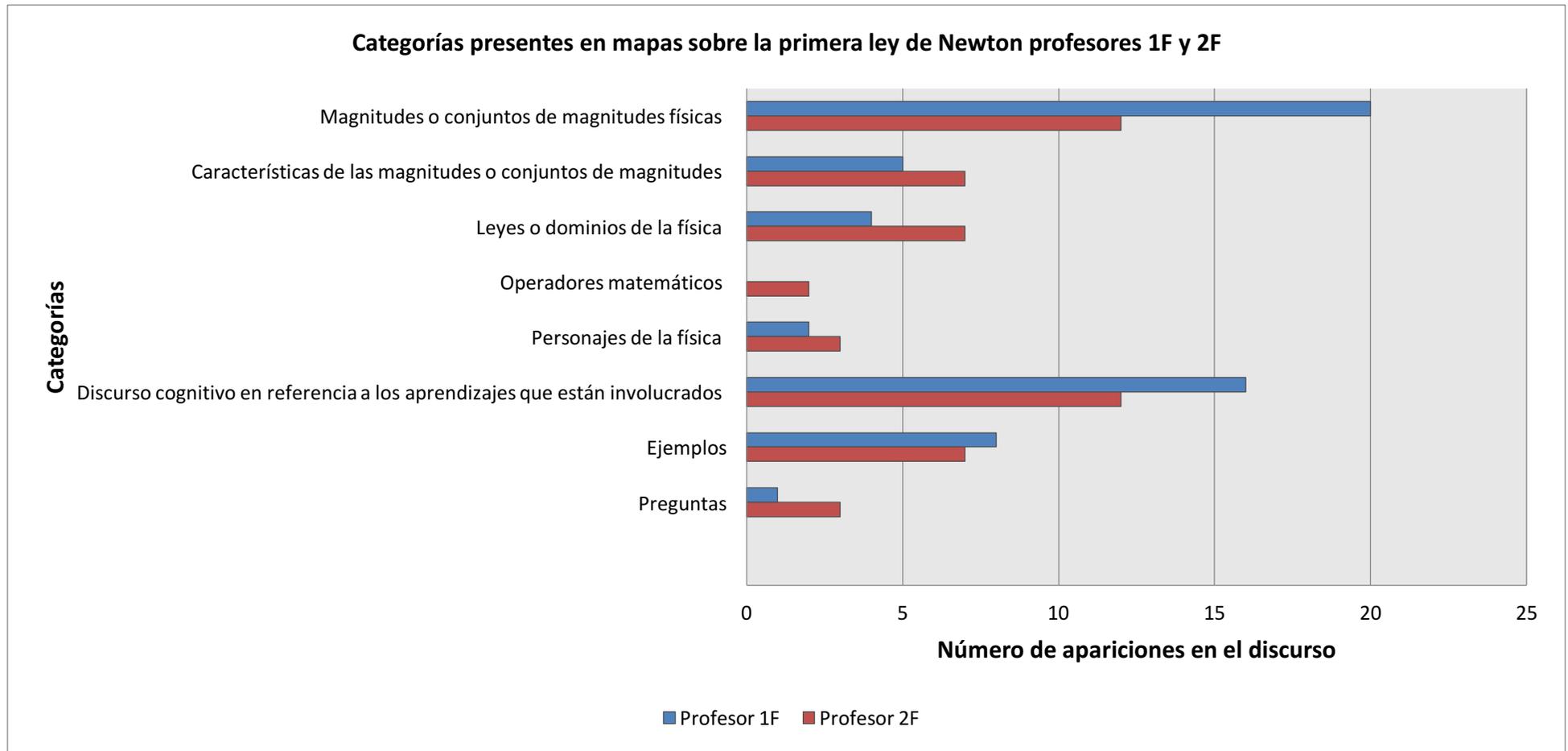


Figura 20. Categorías presentes en mapas sobre la segunda ley de Newton profesores 1F y 2F

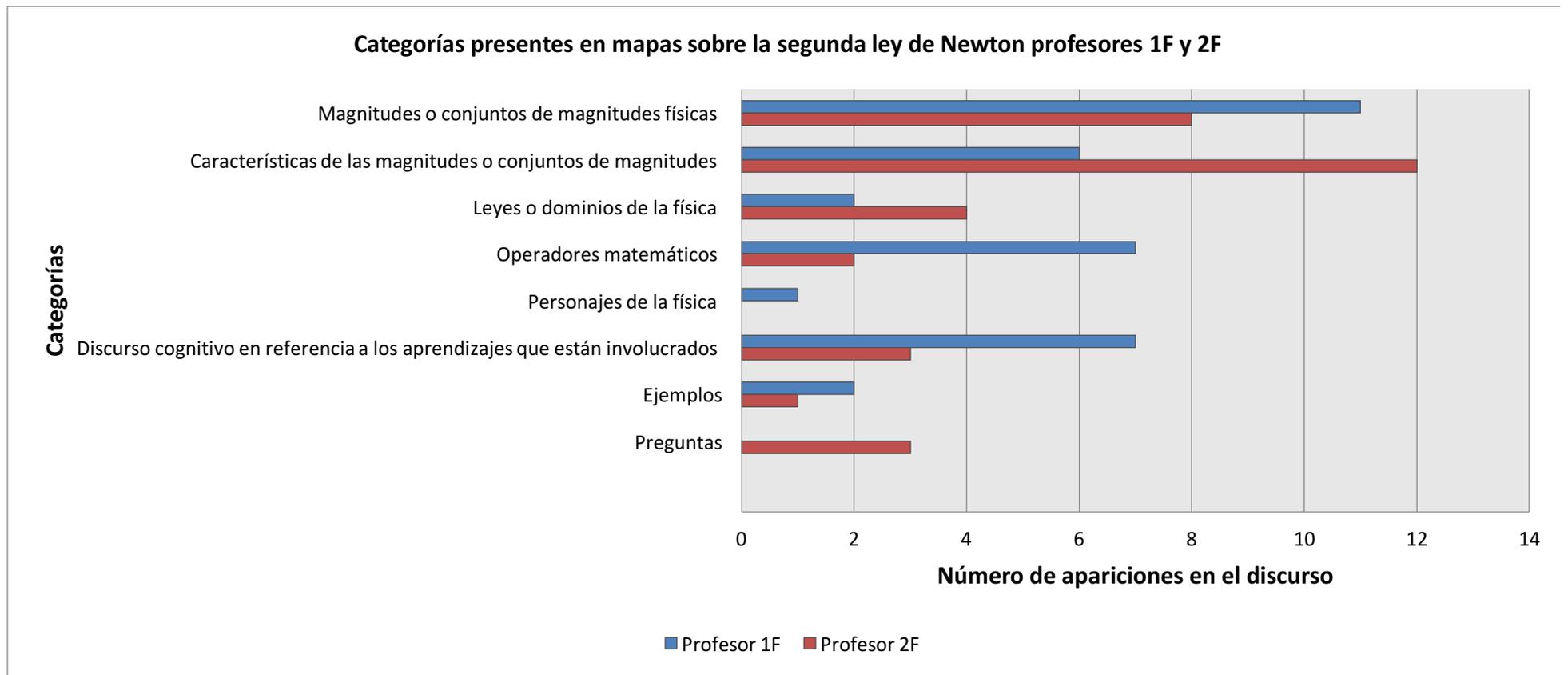
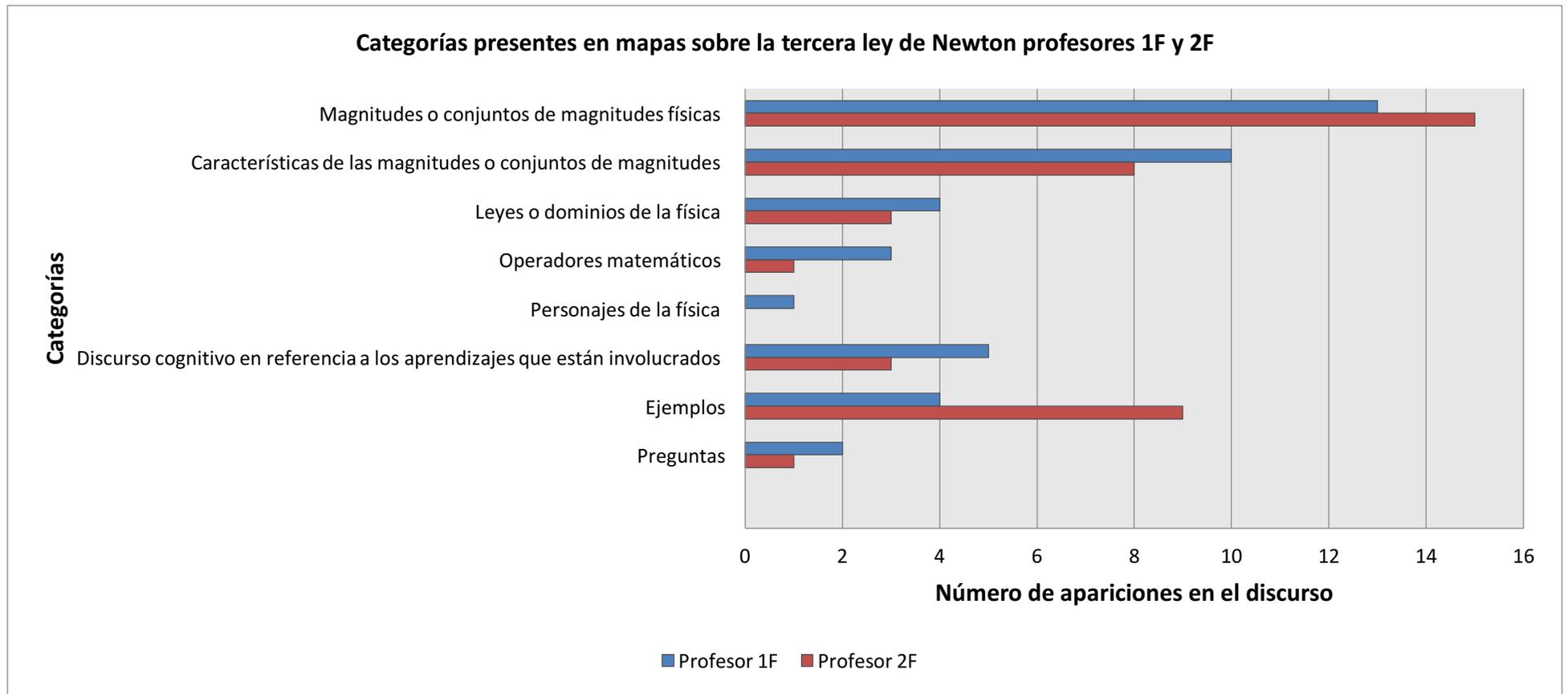


Figura 21. Categorías presentes en mapas sobre la tercera ley de Newton profesores 1F y 2F

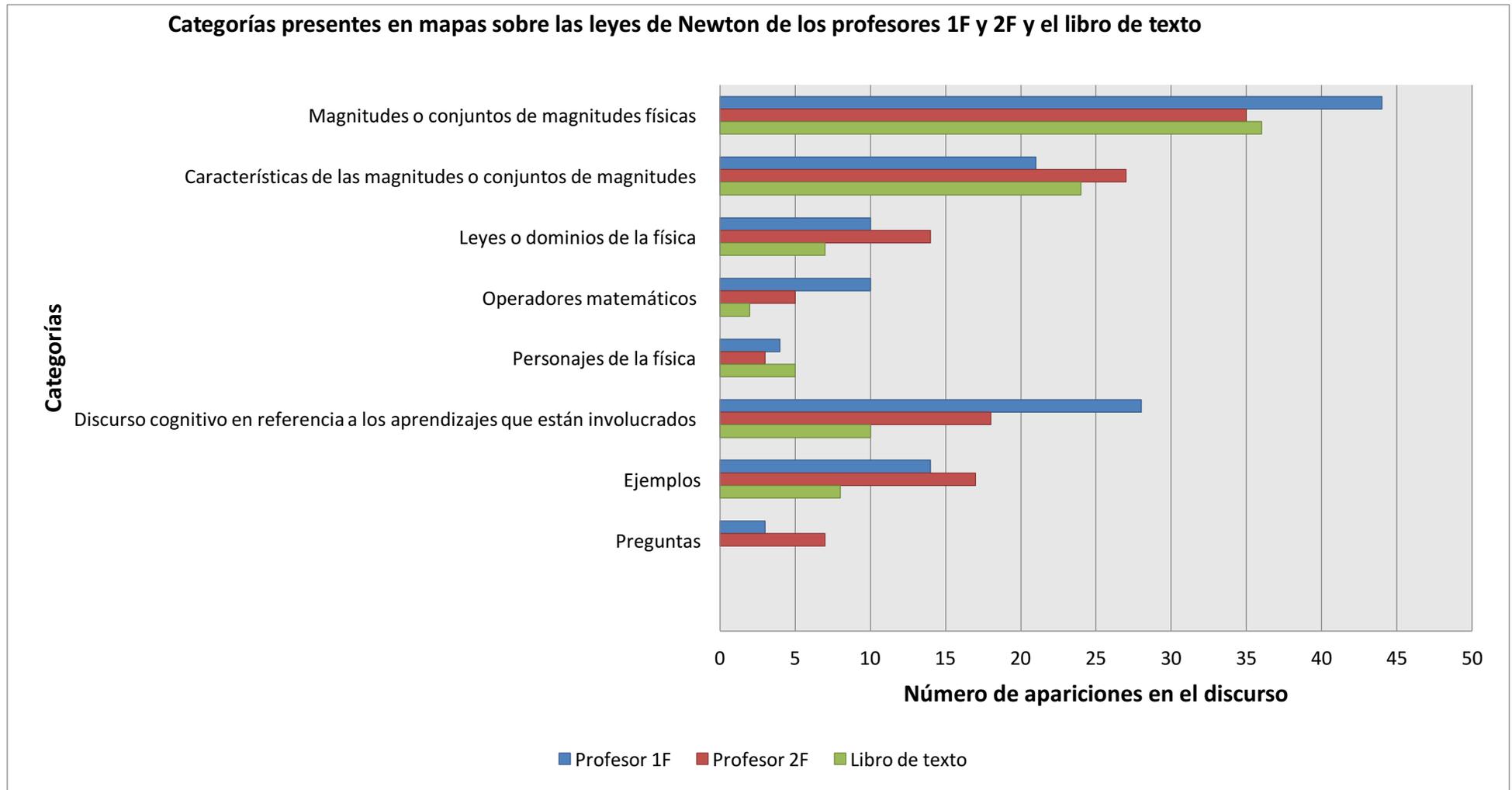


Como se puede notar, los conceptos o elementos que incluye cada profesor en su discurso, no se distribuyen de la misma manera, el profesor 1F incluye más operadores matemáticos y discurso cognitivo sobre la ciencia o sobre el aprendizaje de la ciencia, mientras que el profesor 2F suscitó más preguntas. Por lo demás, en las categorías de magnitudes o conjuntos de magnitudes, características de las magnitudes, leyes o dominios de la física, personajes de la física y ejemplos, los dos profesores presentan un número similar de conceptos.

Ahora bien, del análisis detallado de los mapas conceptuales sabemos que aunque los discursos de los profesores 1F y 2F están centrados en el concepto de fuerza, el profesor 1F no lo define, mientras que el profesor 2F la define de cómo lo que causa el cambio de movimiento, adicionalmente el profesor 1F organiza su discurso también en torno a la cantidad de movimiento y su conservación; además de esto, el profesor 1F trabaja con los estudiantes en demostraciones y pequeños experimentos que permitan observar los fenómenos, mientras que el profesor 2F trabaja con los estudiantes en aplicar los enunciados generales de conceptos o leyes en ejemplos o ejercicios que podrían decirse académicos; finalmente, el profesor 1F en su discurso incluye niveles más abstractos de argumentación o explicación en los que desarrolla discusiones epistemológicas acerca de la ciencia y su aprendizaje. Como se puede ver, el discurso del profesor 1F podría clasificarse como centrado en las explicaciones con base en la pregunta del por qué y el del profesor 2F como centrado en las explicaciones con base en la pregunta del cómo.

Como se dijo, además de analizar los dos profesores 1F y 2F, se buscó también analizar el discurso de los profesores teniendo en cuenta el saber de referencia que es el libro de texto del programa, en este sentido, se construyeron mapas conceptuales basados en el libro de texto y con herramientas de comparación de cmaptools, se analizó junto con el discurso de los profesores 1F y 2F para poder analizar si los tres involucran los mismos conceptos y con las mismas relaciones, en el marco de la explicación de las tres leyes de Newton, la síntesis de este proceso se muestra en la figura 22:

Figura 22. Categorías presentes en mapas sobre las leyes de Newton de profesores los profesores 1F y 2F y el libro de texto



Los resultados permiten evidenciar que en general los mapas conceptuales construidos con base en el discurso de los profesores contienen más conceptos y relaciones que los mapas construidos con el discurso proveniente del libro, sobre todo en lo referente al discurso cognitivo asociado, operadores matemáticos, los ejemplos y las preguntas. Sin pretender calificar al libro de texto ni tampoco a los dos profesores, a partir de este análisis fue posible evidenciar que las clases magistrales ofrecidas por los profesores 1F y 2F, no son iguales a una repetición del libro de texto, los profesores nutren, cambian o reorganizan el discurso conceptual presentado en el libro de texto, lo que puede comenzar a rebatir propuestas que pugnan por el reemplazo de la magistralidad con libros de texto como, por ejemplo, las clases invertidas.

Ahora bien, para elevar la validez de la investigación (Vasilachis de Gialdino, 2006), o dicho de otro modo, los resultados de la implementación de esta estrategia metodológica, se hizo una triangulación implementando la propuesta en una segunda muestra, esta vez dos profesores colombianos (1C y 2C), buscando encontrar si permitía analizar prácticas del mismo tipo, en otro contexto, como sigue:

Figura 23. Categorías presentes en mapas sobre la primera ley de Newton profesores 1C y 2C

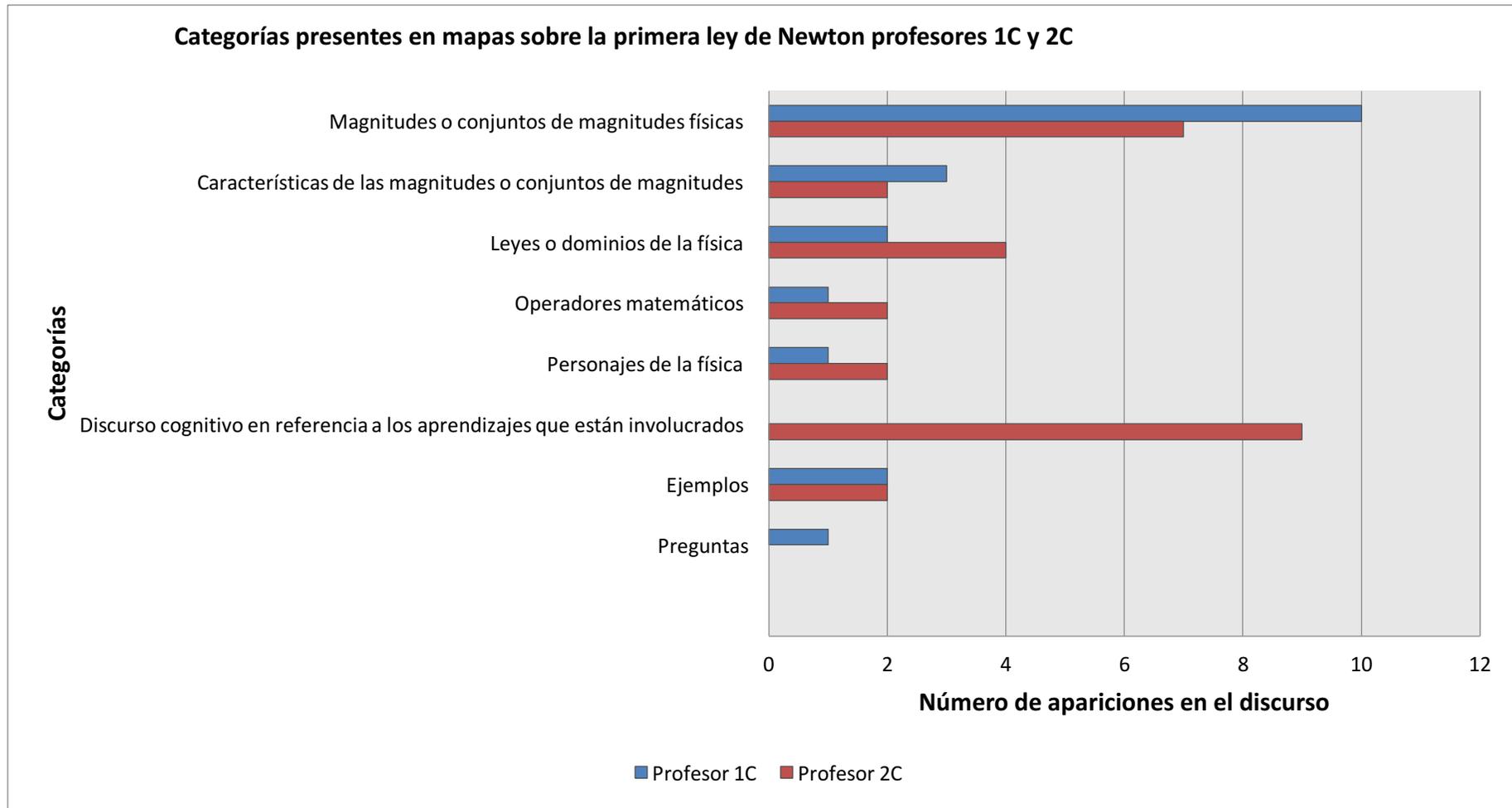


Figura 24. Categorías presentes en mapas sobre la segunda ley de Newton profesores 1C y 2C

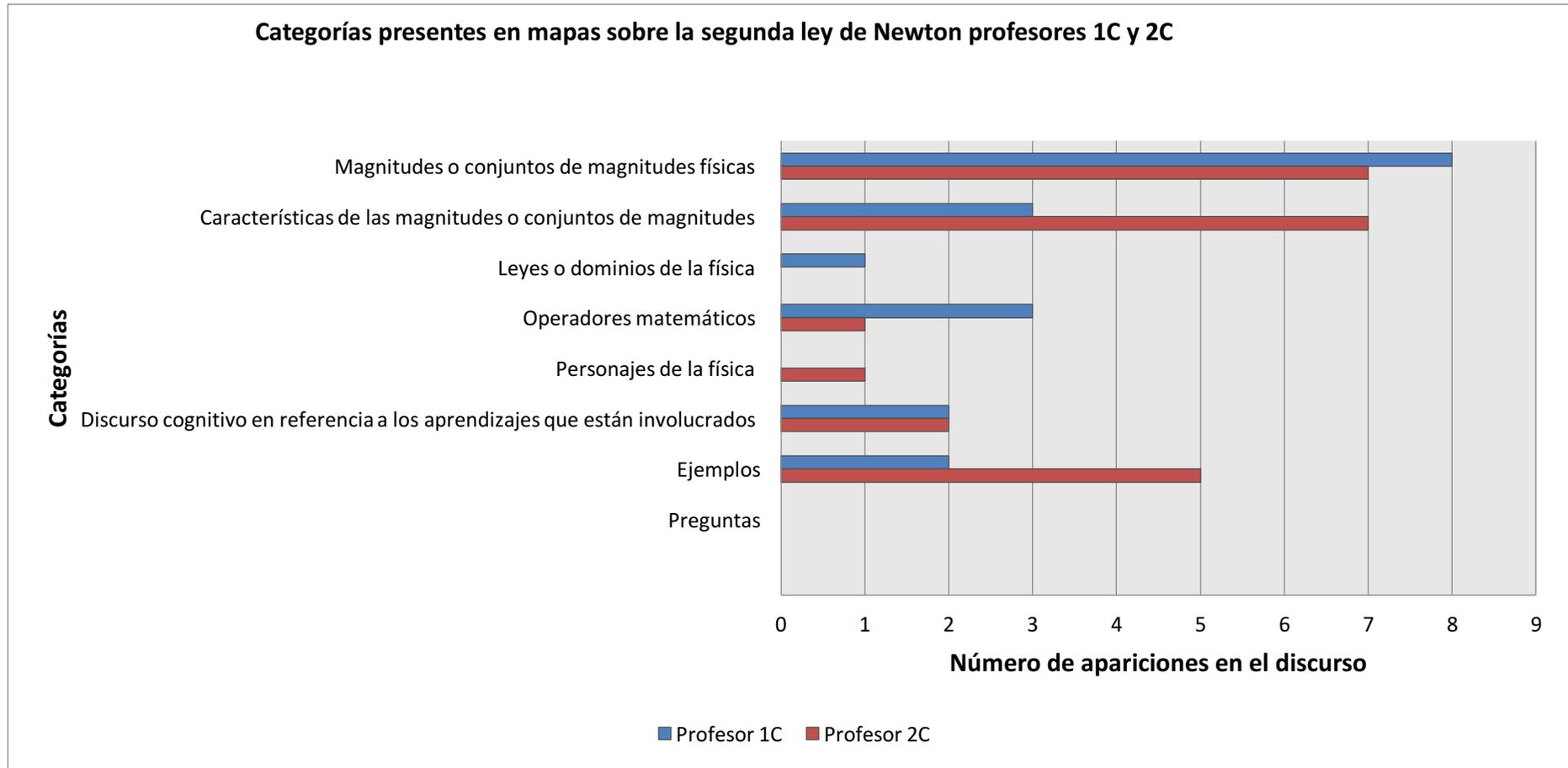
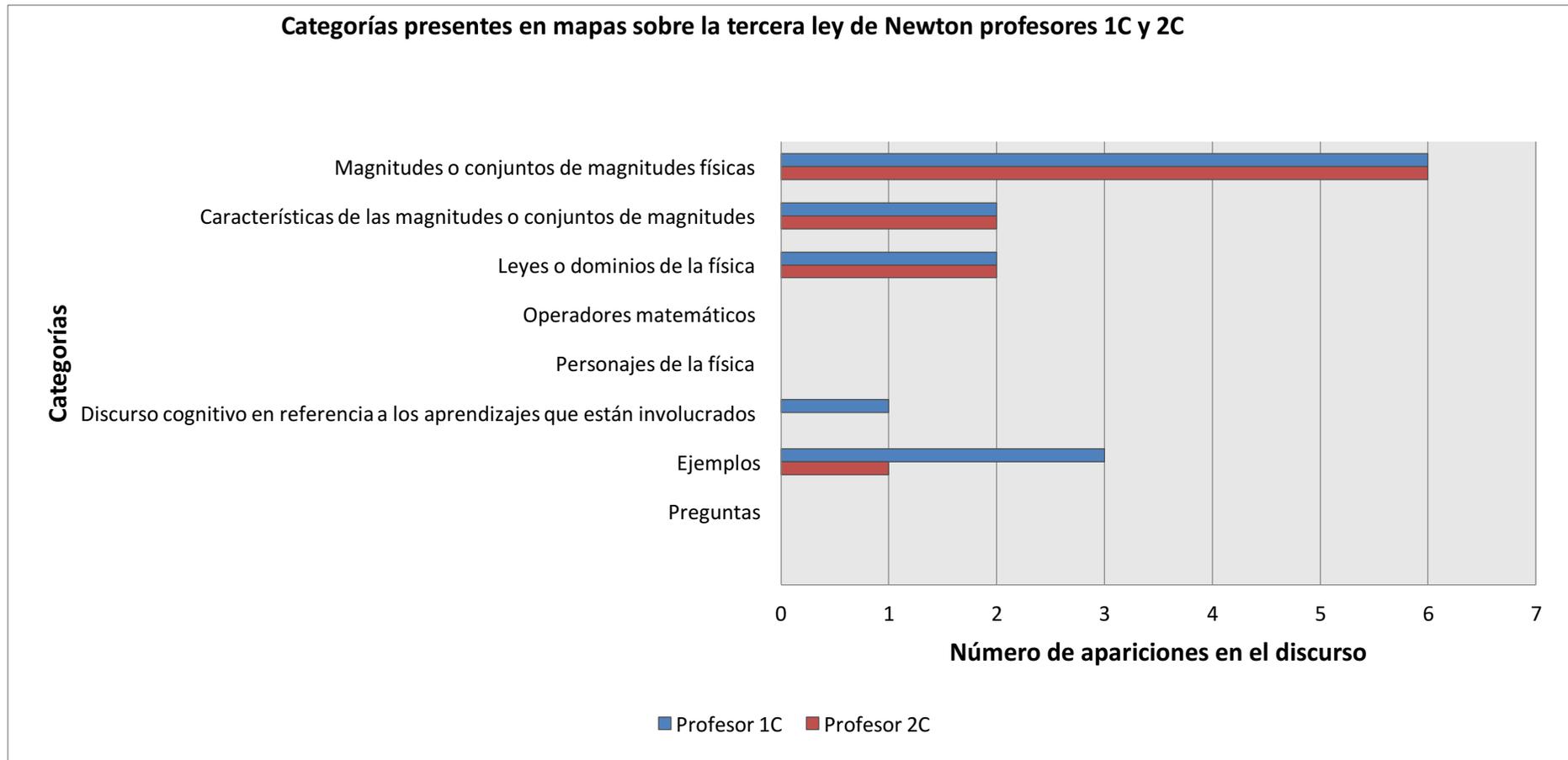


Figura 25. Categorías presentes en mapas sobre la tercera ley de Newton profesores 1C y 2C

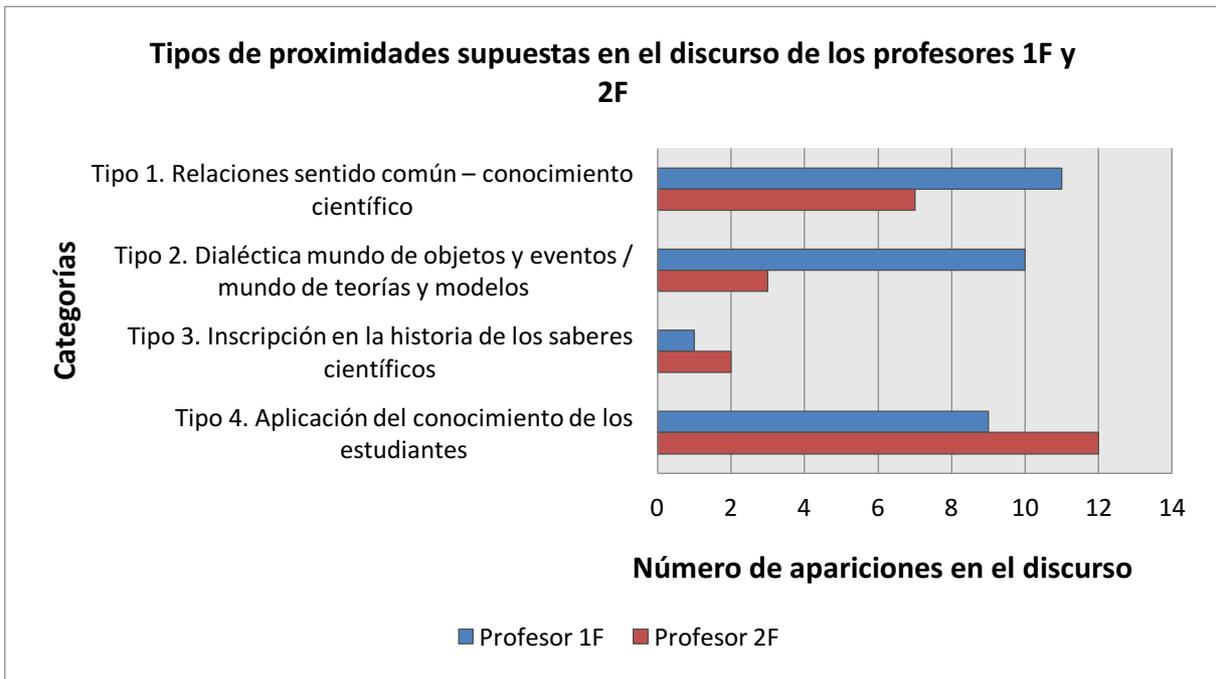


Constatamos con esto que los conceptos o elementos que incluye cada profesor en su discurso, no se distribuyen de la misma manera, el profesor 1C incluye más magnitudes o conjuntos de magnitudes y operadores matemáticos, mientras que el profesor 2C incluye un discurso que podríamos llamar meta, incluyendo personajes de la física y discurso cognitivo. Ahora bien, del análisis detallado de los mapas conceptuales sabemos que los profesores 1C y 2C usan las mismas experiencias de clase para definir las leyes de Newton, lo que implica definiciones similares en las que incluyen una definición lógica de la fuerza, sin embargo, hay diferencias importantes, por ejemplo, el profesor 1C hace referencia al concepto de referencial mientras que el 2C no lo menciona.

¿Qué estrategias utilizan los profesores para lograr que los estudiantes accedan a la comprensión de los contenidos previstos en el curso?

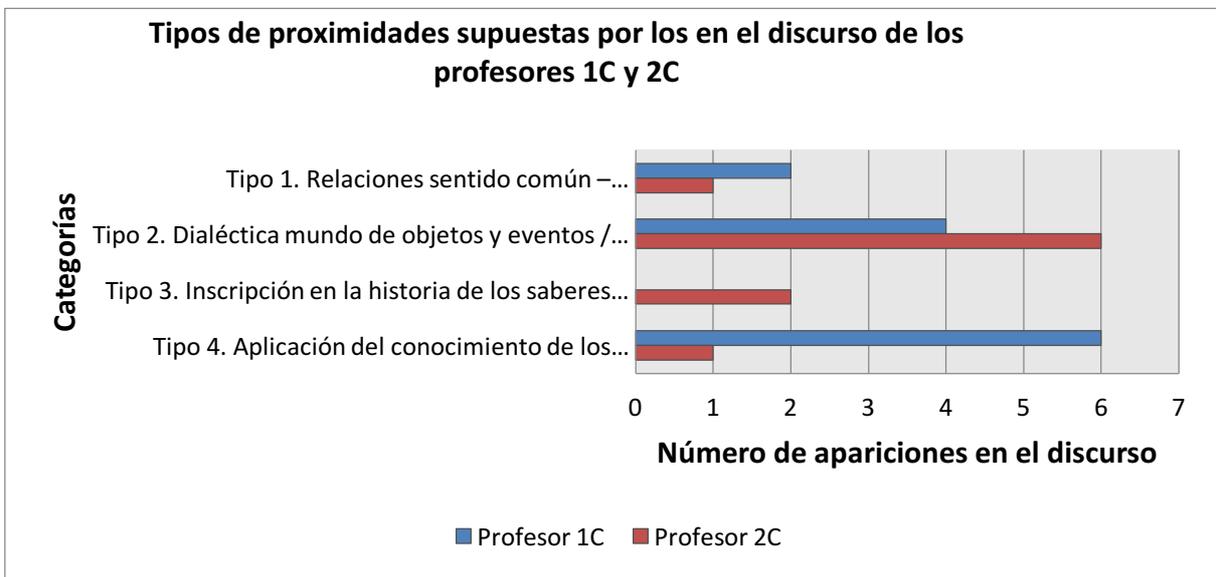
El análisis propuesto desde la DA no solo permitió distinguir el contenido disciplinar que el profesor involucra en su discurso o dicho de otro modo, abordar la componente cognitiva, también permitió, por medio del concepto de proximidades en acto, analizar desde el punto de vista del investigador las diferentes estrategias que usan para lograr que los estudiantes aprendan, ver que son diferentes en cada profesor y de esta manera, abordar la componente mediativa de los cursos magistrales estudiados. En este caso, como se puede ver en la figura 26, las estrategias del profesor 2F están centradas en la aplicación del conocimiento de los estudiantes, mientras que las del profesor 1F en evidenciar las relaciones entre el sentido común y el conocimiento científico y la dialéctica entre el mundo de los objetos y eventos y el mundo de las teorías y modelos.

Figura 26. Tipos de proximidades supuestas en mapas sobre la tercera ley de Newton profesores 1F y 2F



Al igual que con la pregunta uno, se buscó validar estos resultados, al implementar la metodología en una segunda muestra (profesores 1C y 2C):

Figura 27. Tipos de proximidades supuestas en mapas sobre la tercera ley de Newton profesores 1C y 2C



Como se puede ver, las estrategias que deducimos en los dos profesores para lograr que los estudiantes aprendan, son diferentes, el profesor 1C centra las intervenciones en las que se deduce una intención explícita de situarse en la zona de desarrollo proximal en lo que deducimos como proximidades de tipo 4, es decir, en brindar

herramientas para la aplicación de los conocimientos de los estudiantes, mientras que en el discurso del profesor 2C se infirieron de preferencia proximidades de tipo 2, es decir, en lograr relaciones entre el mundo de los objetos y eventos y el de las teorías y modelos.

Ahora bien, para profundizar en este análisis, se hicieron conteos de repeticiones en el discurso, como se mostró en el capítulo 4, y se resume a continuación:

Tabla 28. Repeticiones presentes en los discursos de los profesores

| Idea | Repeticiones profesor 1F | Repeticiones profesor 2F | Repeticiones profesor 1C | Repeticiones profesor 2C |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| No hay una definición autónoma de fuerza, aunque se pueda entender como lo que hace cambiar la cantidad de movimiento, por ello las leyes de Newton con mas bien principios | 17 | 0 | 0 | 0 |
| Las fuerzas a distancia son una idea difícil pero que se puede ejemplificar | 6 | 0 | 0 | 0 |
| Un sistema que no sufre ninguna influencia externa, estará a velocidad constante o en reposo | 12 | 8 | 12 | 8 |
| La fuerza es la causa del movimiento, cambian la velocidad de los cuerpos | 0 | 8 | 0 | 0 |
| La fuerza es una cantidad vectorial que se puede operar consecuentemente | 0 | 12 | 0 | 0 |
| Las fuerzas se presentan en pares | 0 | 5 | 0 | 0 |
| Los sistemas y cuerpos pueden estar en equilibrio estático o dinámico | 0 | 10 | 0 | 0 |
| Cuando dos cuerpos están en interacción se ejercen mutuamente fuerzas que tienen igual magnitud, pero sentido contrario | 0 | 4 | 0 | 0 |
| Hay sistemas de referencia inercial en los que es posible hacer observaciones de las leyes de newton | 0 | 0 | 5 | 0 |
| La fuerza es directamente proporcional a la aceleración e inversamente proporcional a la masa | 0 | 0 | 5 | 0 |
| Es difícil definir en ciencias, solo es posible conceptualizar | 0 | 0 | 0 | 4 |

La naturaleza de lo que los profesores repiten en cada caso, es diferente, sin embargo, es posible darse cuenta que la única idea que es reiterativa, sin excepción, es la que habla de la primera ley de Newton o el principio de la inercia; si se analizan además los tipos de proximidades asociadas a las repeticiones en cada profesor, se ve que:

- Los profesores 1F y el profesor 2F, incluyen proximidades de tipos 1
- Los profesores 1F, 2F 1C y 2C, incluyen repeticiones en extractos que se identificaron como proximidades de tipo 2
- Los profesores 2F y 1C, incluyen repeticiones en lo que se identificó como tipos proximidades de tipo 4.

Comentarios generales

Lo primero que es posible decir, es que el cruce de estos análisis, es decir, los mapas conceptuales, las proximidades en acto y las repeticiones que les son asociadas, juntos, permitieron inferir características de las componentes mediativa, cognitiva y personal de los profesores, como se resume a continuación:

- El profesor 1F organiza su discurso desde el concepto de fuerza que sin embargo no define (elección que argumenta desde el argumento filosófico de que esta imposibilidad es justamente lo que hace que las leyes de Newton sean más bien principios) y el de cantidad de movimiento; trabaja con los estudiantes en demostraciones y pequeños experimentos que permitan observar los fenómenos, también busca pasar a niveles más abstractos en los que desarrolla discusiones epistemológicas. En general su discurso podría catalogarse como centrado en el por qué, lo que puede llevarlo a dar prioridad a las relaciones entre el sentido común y el conocimiento científico, que se expresa principalmente, remarcando las concepciones erróneas o ingenuas que supone presentes en los estudiantes, lo que corresponde con su idea que el curso magistral es “L’endroit où on installe les concepts, où on fait comprendre les principes conceptuels...qui sont extrêmement difficiles... pas du tout intuitifs”⁸⁷. De la mano con la creencia de este profesor que la universidad debe permitir al estudiante “penser par eux-même”⁸⁸, o dicho de otra manera “analyser la réalité par apport aux concepts... produire des raisonnements logiques”⁸⁹, este profesor no repite en las proximidades de tipo 4 ni tampoco se concentra en el cómo, ya que aún en el caso de estar desarrollando ejercicios, el considera importante “relier ces connaissances à être capable de faire un exercice... avec des éléments de réflexion”⁹⁰.
- El profesor 2F organiza su discurso desde el concepto de fuerza que define coherentemente con la definición lógica de la fuerza (Maron, 2015) como lo que produce una aceleración; así mismo, trabaja con los estudiantes en aplicar los enunciados en ejemplos o ejercicios que podrían decirse académicos. En general

87 El lugar donde instalamos los conceptos, donde hacemos comprender los principios conceptuales... que son extremadamente difíciles... para nada intuitivos.

88 Pensar por ellos mismos

89 Analizar la realidad con referencia en los conceptos... producir razonamientos lógicos

90 Relacionar los conocimientos a ser capaz de hacer un ejercicio... con elementos de reflexión

su discurso podría catalogarse como centrado en el cómo, lo que puede estar relacionado con que en su discurso primen las prioridades de tipo 4 y de tipo 1, y sus concepciones acerca de cómo ayudar a los estudiantes y enseñarlos, al considerar que “ils ont du mal à voir simplement où est-ce qu'ils devraient aller bosser et sur quoi. C'est simplement voir la méthode”⁹¹ lo que es coherente con el hecho que considera que en los cursos “on ramène les notions en les détachant du côté pratique dans un premier temps... on leur donne une structure qui va pouvoir structurer leur abord de la chose... tu leur donnes un guide avant de les mettre dans des cas pratiques...en tout cas en L1 il s'agit de structuration et de définition des notions”⁹².

- El profesor 1C y 2C basan su discurso en la explicitación de las leyes de Newton para las que utilizan incluso las mismas experiencias de clase, sin embargo, el profesor 1C incluye la noción de referencial inercial y el profesor 2C habla, incluso con repeticiones sobre cómo definir en ciencias es un proceso complejo. Además, el profesor 1C se centra en intervenciones en las que se deducen proximidades de 2 y 4, mientras que en el discurso del profesor 2C se infirieron de preferencia proximidades de tipo 2. Esto se relaciona a su vez con la manera que tienen de concebir la física y su enseñanza, el profesor 1C considera que la clase busca “enseñar un fenómeno de manera práctica, un fenómeno que han visto miles de veces, ahora de forma empírica o así, cualitativa ... y luego empezar con formalismo matemático, para luego ya pasar a hacer problemas”, el profesor 2C considera que lo que debe buscar el curso es desarrollar “unas competencias, que como profesor se intenta que se den”, lo que justifica en ambos casos, en énfasis en desarrollar relaciones entre el mundo de modelos o teorías y las observaciones empíricas o aplicaciones.

Con los análisis en general y esta síntesis, es posible ver que la metodología propuesta parece permitir analizar prácticas efectivas de los profesores universitarios de física en diferentes contextos, lo que es razonable ya que la DA promueve un acercamiento antropológico a las prácticas de los profesores. De manera general, la

91 ellos tienen dificultad de saber simplemente qué es lo que deben trabajar, sobre qué, es simplemente el método.

92 Les traemos las nociones separándolas, en un primer momento del lado práctico... les damos una estructura que les permite estructurar su abordaje del asunto... tu les das una guía antes de introducirlos en los casos prácticos... en todo caso para L1 se trata de una estructuración y definición de las nociones

propuesta metodológica que adoptó una postura teórica particular, la DA y dos estrategias metodológicas (mapas conceptuales y proximidades en acto), permitió analizar en detalle las prácticas efectivas de profesores que comparten un mismo contexto; a su vez los resultados permiten entender que, aún con el mismo programa y condiciones institucionales similares, los profesores tienen prácticas diversas, y presentan múltiples oportunidades de aprendizaje para los estudiantes que van más allá de la presentación del contenido.

5.1.2 Limitaciones de la propuesta de análisis

Hay unas limitaciones asociadas a las diferentes propuestas incluidas en esta investigación:

- La DA como marco teórico considera a cada profesor como una persona con características particulares, lo que hace que se ubique como enfoque predominantemente antropológico lo que dificulta, en el corto tiempo, hacer análisis masivos de prácticas de profesores; esta investigación reivindica entonces el que el aprendizaje sobre las prácticas efectivas de los profesores universitarios, va a requerir de tiempo de trabajo, lo que contradice la premura que existe por desarrollar innovaciones (ver capítulo 1).
- La manera como se construyeron los mapas conceptuales no permite valorar las cantidades o repeticiones ni ver la cronología dentro del discurso. Al haber empleado la herramienta de diseño automático de Cmaptools, no es posible saber en los mapas conceptuales, qué concepto se abordó primero o después y al usar cada concepto solo una vez en el mapa, sin embargo, ligado a las proximidades en acto, se hizo un análisis de repeticiones dentro del discurso, que permitieron complementar los análisis. Como se mostrará en la sección 5.2, las repeticiones y el orden en el que los conceptos aparecieron en el discurso, se hicieron de otras maneras para no sobre cargar los mapas conceptuales de información volviéndolo ilegible o ilógico, por ejemplo, incluir un mismo concepto varias veces o incluir el número de veces que aparece, dificultaría la comparación con otros mapas que se hace comparando unidades textuales (Bondeveix, 2016),

- Con los datos y los análisis recolectados en esta investigación, no tenemos manera de saber si las proximidades en acto que han sido supuestas por los investigadores son efectivas o no para el aprendizaje de los estudiantes, de igual manera, no es posible saber las razones por las que los profesores optan por unas u otras estrategias.

5.2 Otras rutas de análisis

A lo largo de la investigación se desarrollaron otras estrategias de análisis que se reportan en este apartado tanto para poder ver unas que no aportaron la información que se buscaba como para valorar otras que le dan mayor validez a los resultados y análisis finalmente reportadas.

5.2.1 Los resultados de aprendizaje de los estudiantes

Una de las decisiones metodológicas fuertes de la investigación es la de considerar solamente las prácticas efectivas de los profesores o, dicho de otro modo, la actividad de los profesores en los cursos magistrales y no la de los estudiantes. Esta decisión se justifica en dos argumentos principales, el primero proviene de investigaciones desarrolladas por otros autores, que nos permitieron saber que hay pocos conocimientos o investigaciones sobre las prácticas de los profesores universitarios (Bru, 2004; Adangnikou, 2008) y que estas investigaciones pueden presentarse predominantemente desde el punto de vista de los estudiantes (Duguet y Morlaix, 2012), es decir, de “su impacto en las características individuales de los estudiantes y su éxito (Duru Bellat, 1995; Michaut, 2000; Romainville, 2000), motivación (De Ketele, 1990) o sus capacidades cognitivas (Morlaix y Suchaut, 2012)” (p.7).

El segundo proviene de esta investigación, si bien en un principio exploramos los resultados de aprendizaje de las prácticas de los profesores estudiados, esta ruta no nos permitió distinguirlos ni analizarlos a profundidad. Todos los estudiantes de primer año que toman el curso de física, aunque estén inscritos en diferentes programas, son sometidos al final del año a un examen que define si pueden o no, pasar a segundo año, ahora bien, constatamos que los resultados en este examen de los cursos de los profesores 1F y 2F son similares, de hecho, el profesor 2F así lo asegura, al comparar diferentes prácticas de diferentes profesores dice que “on a deux démarches mais ça

fonctionne pas trop mal, on a des résultats assez similaires à l'examen"⁹³; el hecho que los resultados sean muy similares, las prácticas no pueden distinguirse, basados en ese criterio. De hecho, como se mostró en los análisis, los profesores tienen prácticas en las que proyectan diferentes cosas, acercándose a la física de maneras diferentes, sin embargo, esto no parece evidenciarse en el examen, en este sentido es posible preguntar ¿qué podría constituir un examen que permita evidenciar los diferentes aprendizajes de los estudiantes?

Explorando esta ruta, quisimos ver si otro tipo de examen, permitiría evidenciar diferencias en la enseñanza de los profesores o dicho de otra manera, en los aprendizajes entre grupos de estudiantes, para esto usamos un cuestionario didáctico hecho por Munier, Rebmann y Méheut (2003) y basado en preguntas diseñadas por diferentes autores que han trabajado sobre las ideas típicas de los estudiantes en mecánica clásica, concretamente: Viennot, 1979; Mc Closkey et al. 1980; Clement, 1982; Sebastia, 1984; Mc Dermott, 1984; Halloun y Hestenes 1985 y Mora et al. 2009.

El cuestionario se aplicó luego de las clases sobre las tres leyes de Newton, obtuvimos cincuenta (50) respuestas del grupo del profesor 1F y cincuenta (50) respuestas del grupo 2F, algunas de las preguntas del test (particularmente las que corresponden a los episodios comunes seleccionados posteriormente) y las respuestas de los estudiantes se presentan a continuación, en cada caso, la respuesta correcta se marca subrayándola. Las gráficas muestran la distribución de respuestas de los estudiantes de los profesores 1F y 2F para cada pregunta, en el eje x se representan las opciones de respuesta y en el eje y, el número de estudiantes que escogió esta opción.

1. Si la vitesse d'un corps de masse m est nulle à un instant donné,
 - son accélération est nulle à cet instant
 - son accélération ne peut pas être nulle
 - on ne peut rien conclure sur son accélération⁹⁴

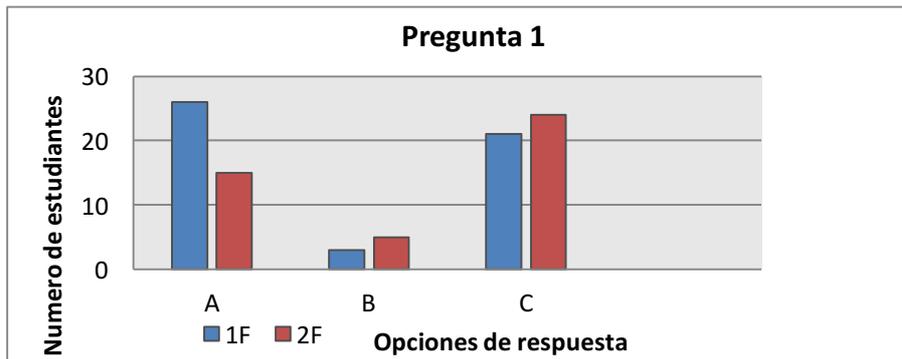
Esta pregunta está diseñada para evidenciar si los estudiantes tienen tendencia a confundir aceleración y velocidad, los resultados fueron:

93 tenemos procesos diferentes pero no funcionan tan mal, tenemos resultados muy similares en el examen

94 Si la velocidad de un cuerpo de masa m es nula en un instante dado

- Su aceleración es nula en ese instante
- Su aceleración no puede ser nula
- No se puede concluir nada sobre su aceleración

Figura 28. Distribución de respuestas de los estudiantes de los profesores 1F y 2F a la pregunta 1 en cuestionario



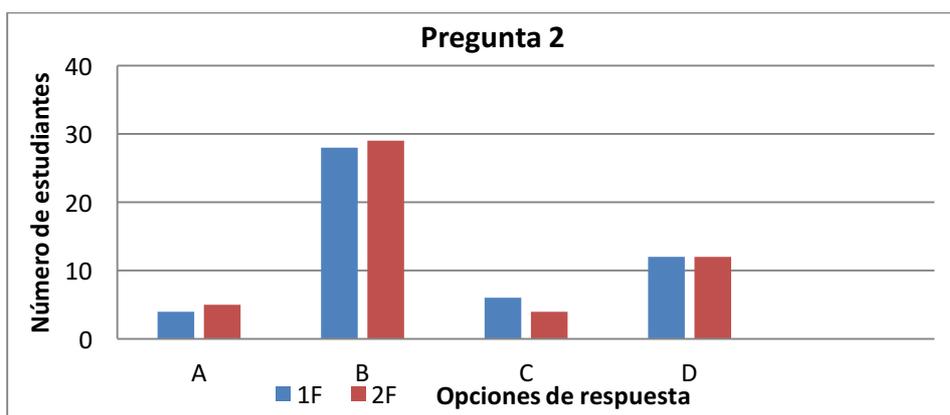
Como se puede notar, los resultados son muy similares, en la opción C sobre todo, aunque en la respuesta A, que iguala aceleración con velocidad, el grupo del profesor 1F contiene más estudiantes que consideran que a una velocidad nula se asocia necesariamente una aceleración nula.

2. Au service, un joueur de tennis lance une balle en l'air, vers le haut. La balle monte en ralentissant. Comment l'expliquez-vous ?

- Le joueur lui a donné une force vers le haut dont la valeur diminue au cours de l'ascension.
- Le joueur lui a donné une vitesse initiale vers le haut, mais le poids l'accélère vers le bas.
- Ce sont essentiellement les frottements de l'air qui la freinent.
- La force que lui a donnée le joueur finit par être compensée par le poids de la balle⁹⁵

Esta pregunta está diseñada para evidenciar si los estudiantes tienen tendencia a considerar en un movimiento la idea de capital de fuerza y si comprenden la interacción entre dos fuerzas, los resultados fueron:

Figura 29. Distribución de respuestas de los estudiantes de los profesores 1F y 2F a la pregunta 2 en cuestionario



95 En el servicio, un jugador de tenis lanza una pelota en el aire. La pelota sube disminuyendo su velocidad. Como lo explica?

- El jugador le ha impreso una fuerza hacia arriba y su valor disminuye en el curso del ascenso.
- El jugador le imprimió una velocidad inicial hacia arriba, pero el peso acelera hacia abajo
- Son esencialmente los rozamientos del aire que la frenan
- La fuerza que le imprimió el jugador termina por compensarse por el peso de la pelota.

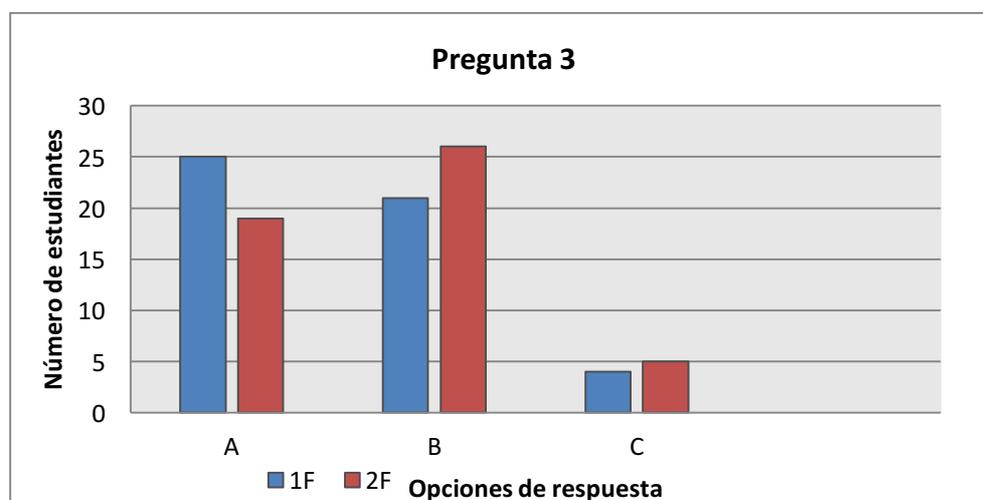
En este caso, las respuestas no presentan diferencias entre uno y otro grupo, y la respuesta correcta es la mayoritaria.

3. La trajectoire d'un corps uniquement soumis à la pesanteur et lancé avec une vitesse initiale horizontale (non nulle) est :

- Forcément parabolique.
- Peut être rectiligne dans un référentiel particulier.
- Je ne sais pas⁹⁶

Esta pregunta está diseñada para evidenciar si los estudiantes pueden ver una aplicación de la primera ley de Newton, en un ejemplo particular, los resultados fueron

Figura 30. Distribución de respuestas de los estudiantes de los profesores 1F y 2F a la pregunta 3 en cuestionario



En este caso, la respuesta correcta no es mayoritaria frente a la opción A.

4. Pierre de masse 100 kg et sa petite sœur Marie de masse 40 kg s'appuient dos à dos. Marie est déséquilibrée. Pensez-vous que c'est parce que la valeur de la force exercée par Pierre sur Marie est plus importante que celle exercée par Marie sur Pierre ?:

- oui.
- non.
- on ne peut pas répondre avec ces données
- Je ne sais pas⁹⁷

96 La trayectoria de un cuerpo sometido a la gravedad y lanzado con una velocidad inicial horizontal (no nula) es:

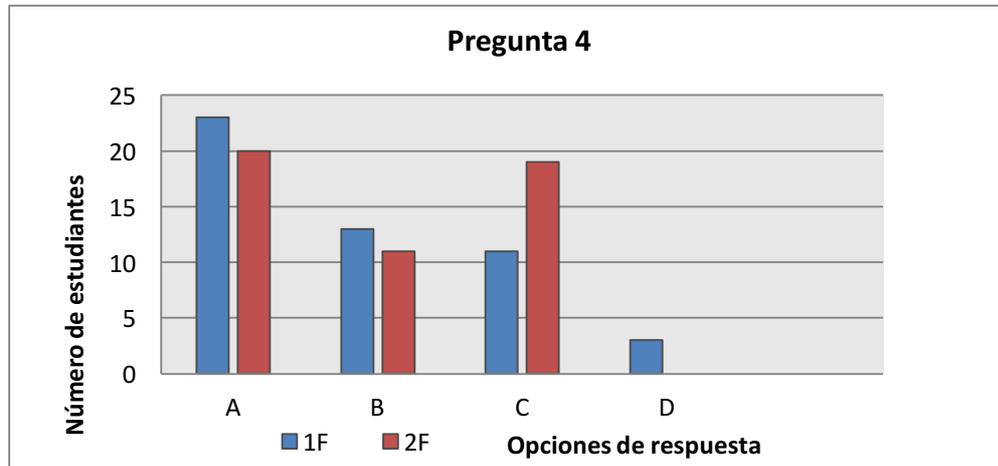
- Necesariamente parabólico.
- Puede ser rectilíneo en un referencial particular
- No se

97 Pierre de masa 100 kg y su hermanita Marie de masa 40 kg se apoyan espalda con espalda. Marie está desequilibrada. Considera que es por que el valor de la fuerza ejercida por Pierre sobre Marie es más importante que la ejercida por Marie sobre Pierre ? :

- si - No - no se puede responder con estos datos - no se

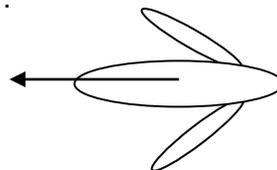
Esta pregunta está diseñada para conocer si los estudiantes pueden evidenciar la aplicación de la tercera ley de Newton, en un ejemplo particular, o consideran que un cuerpo de mayor masa ejerce una masa mayor, los resultados fueron:

Figura 31. Distribución de respuestas de los estudiantes de los profesores 1F y 2F a la pregunta 4 en cuestionario



En este caso, las respuestas no presentan mayores diferencias entre uno y otro grupo, y la respuesta correcta no es mayoritaria frente a la opción A que justamente evidencia que los estudiantes tienen la idea que el cuerpo más pesado, ejerce una fuerza mayor sobre el otro.

5. Un avion vole horizontalement à vitesse constante dans le référentiel terrestre supposé Galiléen. Les forces de frottement exercées sur l'avion sont assimilables à une seule force horizontale représentée ci-dessous :



La composante horizontale de la poussée des réacteurs est (en module) :

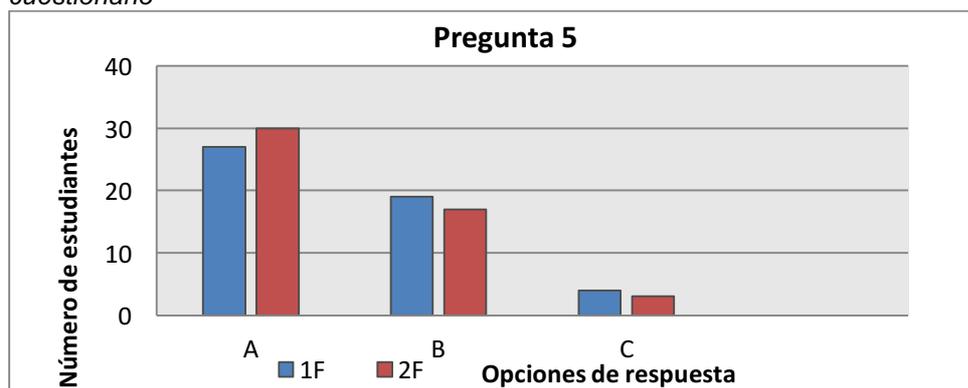
- plus grande que la force de frottement
- égale à la force de frottement.
- inférieure à la force de frottement⁹⁸

Esta pregunta está diseñada para evidenciar si los estudiantes pueden analizar la aplicación de la segunda ley de Newton, en un ejemplo particular con rozamiento, los resultados fueron:

⁹⁸ Un avión vuela horizontalmente a velocidad constante en el referencial terrestre supuesto Galileano. Las fuerzas de rozamiento ejercidas sobre el avión son asimilables a una sola fuerza horizontal representada asi... La componente horizontal de la presión de los reactores es (en módulo):

- Mas grande que la fuerza de rozamiento
- Igual a la fuerza de rozamiento
- Inferior a la fuerza de rozamiento

Figura 32. Distribución de respuestas de los estudiantes de los profesores 1F y 2F a la 5 en cuestionario



Los estudiantes que responden correctamente en cada una de las preguntas, pueden dar información sobre los procesos de aprendizaje en los cursos, estos resultados se describen a continuación:

Tabla 29. Respuestas correctas por grupo de estudiantes

| Pregunta | Estudiantes con respuestas correctas en grupo 1F | Estudiantes con respuestas correctas en grupo 2F |
|----------|--|--|
| 1 | 21 (42%) | 24 (48%) |
| 2 | 28 (56%) | 29 (58%) |
| 3 | 21 (42%) | 26 (52%) |
| 4 | 13 (26%) | 11 (22%) |
| 5 | 10 (20%) | 19 (38%) |

Como se puede notar, las respuestas correctas de los estudiantes del profesor 2F son mayoritarias frente a los estudiantes del grupo 1F, en todos los casos excepto en la pregunta 4, ahora bien, para poder ver con mayor certeza si la diferencia entre los dos grupos es o no significativa, se hizo una prueba t para medias de dos muestras emparejadas, para esto se usó Excel. Los resultados de la prueba se presentan en la tabla 30, a continuación.

Tabla 30. Resultado de la prueba t aplicada a los resultados del cuestionario

| | Variable 1 | Variable 2 |
|--|--------------------|-------------|
| Media | 14,70588235 | 14,35294118 |
| Varianza | 90,34558824 | 93,24264706 |
| Observaciones | 17 | 17 |
| Coefficiente de correlación de Pearson | 0,898021141 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |
| Grados de libertad | 16 | |
| Estadístico t | 0,336133135 | |
| P(T<=t) una cola | 0,370569137 | |
| Valor crítico de t (una cola) | 1,745883676 | |
| P(T<=t) dos colas | 0,741138274 | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,119905299 | |

Como se puede notar el valor de P nos indica que las diferencias en ambos casos no son significativas, en este sentido, estas respuestas no permiten concluir efectivamente sobre los efectos de las prácticas efectivas de los profesores, si se examinan los resultados de este cuestionario, que es específicamente conceptual, los resultados no son significativamente diferentes, aunque las prácticas son distintas.

Como se dijo antes, las prácticas de los profesores muestran diferencias que los exámenes finales, tal como están diseñados, no permiten evidenciar, y como se pudo ver, que este cuestionario didáctico tampoco las distingue; en este sentido, vale la pena resituar la investigación que se hizo, con respecto a este hecho: de un lado en esta investigación se construyeron análisis basados en hipótesis didácticas o sobre los aprendizajes que se expusieron en el capítulo 4, esto implicó una interpretación de los resultados y de las diferencias de las prácticas de los profesores, en términos didácticos y por ende, de aprendizaje también. Sin embargo, los resultados de los estudiantes en los diferentes exámenes plantean una cuestión de tiempos, podemos permitirnos hacer la hipótesis que para estudiantes más motivados una enseñanza del tipo de 1F será más provechosa que una enseñanza del tipo 2F, el problema es que para estudiar esta hipótesis no bastan resultados a corto plazo, sino que es en el mediano o largo plazo que será posible volver sobre los estudiantes y estudiar estos efectos, dicho de otro modo, es interesante encontrar una manera de ver las diferencias encontradas en los cursos, más allá del curso en sí mismo, pero para esto, es necesario centrarse en los estudiantes en el mediano plazo, trascendiendo a las evaluaciones anteriormente expuestas.

Ahora bien, el aprendizaje no es solamente un reflejo de la enseñanza (Bransford, Brown y Cocking, 2000), de ahí que el éxito en un examen no dependa únicamente o directamente del curso magistral porque, tal cual está diseñado, en el examen se presentan principalmente ejercicios que se mecanizan y aprenden principalmente en los espacios llamados trabajo dirigido. Los exámenes no permiten en este sentido, evaluar todo lo que los estudiantes comprenden sino, como están diseñados, su capacidad de resolver ejercicios. Finalmente, con estas aclaraciones persiste la pregunta sobre los espacios o tipos de pruebas que permiten juzgar el efecto de un curso magistral, en el mediano plazo, será posible explorar la pregunta de ¿qué podría constituir un examen que permita evidenciar los diferentes aprendizajes de los estudiantes en cursos magistrales?

5.2.2 Estrategias previas de búsqueda de proximidades en acto

Después de acuñar el concepto de proximidades en acto, hubo varios intentos de identificarlas en el discurso de los profesores, el primer intento fue el de lograr un análisis conjunto, que permitiera ver la organización del discurso, al tiempo que las proximidades supuestas, como sigue:

Figura 33. Ejemplo de búsqueda de proximidades 1

| Transcription | Découpage du contenu | Nature du discours sur le contenu | Apport du discours au contenu | Proximité affichée |
|--|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--|
| Donc vous ferez bien attention à ça lorsque vous intéressez à un problème de dynamique. | Force | Procédure | Enoncé | Eco a des idées possiblement présentes |
| 1 Alors autre chose intéressante, on peut essayer encore une fois de se raccrocher un peu à l'expérience pour voir qu'est-ce qu'on met derrière tout ça. | Force | Définition | Meta contenu | |
| 2 Lorsqu'on applique deux forces sur un système, par exemple, je tire de ce côté-là, je tire vers ma droite et je tire vers la gauche en même temps. Qu'est-ce qui se passe lorsque deux forces ou plus agissent sur un système ? | Principe de superposition des forces | Définition | Enoncé exemplifié | Questionnement |
| Etudiant: Il y a une compensation | ↓ | | | |
| Alors il peut y avoir une compensation, qu'est-ce que tu entends par compensation ? | Principe de superposition des forces | Définition | Question | Relance |

En este esquema, la primera columna referenciaba el contenido disciplinar que el profesor iba abordando, la segunda y la tercera, el rol de ese contenido en el discurso, particularmente la segunda (anuncio, contexto, definición, ejemplo, procedimiento explicación o explicitación de idea alternativa), y en la tercera, la forma en la que se presenta (enunciado, discurso meta, pregunta o respuesta) y en la cuarta, la proximidad vista (situar, repetir, hacer eco a ideas posiblemente presentes, guiar en hacer, enunciar una dificultad, explicitar, dar una imagen, relacionar, cuestionar, reforzar o retomar). Esta vía sin embargo no permite valorar la especificidad de las ciencias naturales y por ende, el análisis didáctico que estábamos buscando, además, no permite ver relaciones entre conceptos. Finalmente, las frases que marcamos como proximidades son muy diferentes unas de otras, ya que se pueden repetir o cuestionar diversos conceptos, lo que no permitió tampoco analizar en conjunto diferentes estrategias puestas en marcha por los profesores.

Un segundo intento, con el apoyo de AtlasTi fue buscar proximidades provenientes de la didáctica de las matemáticas, ascendente, cuando el discurso va de lo particular a la generalización, descendente cuando la dirección es la contraria y horizontal cuando el discurso se mantiene en el mismo nivel, además de esto se incluyeron proximidades faltantes, cuando se deduce que el discurso no profundizó lo que hubiera podido y

perdida cuando se deduce que, habiendo oportunidades de explicación, no se profundizó, como sigue

Figura 34. Ejemplo de búsqueda de proximidades 2

The image shows a vertical scrollable interface for video analysis. On the left, there are two text segments from a video. The top segment is a lecture excerpt about Aristotle's physics. The bottom segment is a student's question and a professor's response. On the right, there are two search result panels. The top panel shows the search term 'horizontal' with a result 'Faltante' (Missing). The bottom panel shows the search term 'perdida' (Missing) with a result 'Faltante'.

Donc on a eu cette idée qu'Aristote avait ratée et tous ses successeurs que si on a l'impression dans la vie courante que pour qu'il y a un mouvement permanent il faut mettre une force en permanence, c'est lié à ces frottements et que ces frottements sont liés à l'état de surface du mobile à le fait qu'on est bien poli ou pas. Mais si on arrivait par extrapolation à faire une balle parfaitement lisse et qu'ensuite on amène le plan parfaitement à l'horizontal, et bien le mouvement se continuerait à vitesse constante jusqu'à l'infini. Oui.

Etudiante

Mais combien qu'il y a une force qui s'est donnée au début qui est 0:19:35.4

Bruno

Alors ici il n'y a pas de ... la force qui est donnée pendant toute cette partie-là du mouvement c'est la gravité qui entraîne vers le bas. Ça oui bien sûr ça accélère donc il y a une force qui est donnée mais à nouveau ça n'est pas nécessaire, je répète, ce n'est pas parce que c'est en mouvement qu'il y a une force. Ici moi je me déplace, regarde l'objet, il bouge, et pourtant pouvez-vous convaincre que si je me mets là, là vous êtes convaincus qu'il n'y a pas de force horizontale, il n'y a rien qui appuie dessus. Pourtant il bouge dans un certain référentiel. Donc il faut vraiment oublier cette question, cette idée qu'une vitesse signifie qu'il y a une force dessus c'est une idée la plus fondamentalement fausse.

horizontal

Faltante

horizontal

perdida

Faltante

Esta propuesta, además de no permitir ver las particularidades de las ciencias naturales, nos llevó a dividir el discurso en grandes episodios y aunque evidencia si el discurso va de lo general a lo particular o al revés, también llevó a incurrir en inferencias que no ayudaron a analizar en si mismo, el discurso de cada profesor ya que los que se marcaron como faltantes o perdidos, vinculan el punto de vista del investigador.

Finalmente, una vez se separó el análisis de la organización del contenido con mapas conceptuales y se definieron los cuatro tipos de proximidades que se presentan en la investigación, se buscó encontrar palabras que pudieran indicar la presencia de una proximidad determinada, por ejemplo:

Proximidades de tipo 1: intuitivo, común, pensar, difícil, esfuerzo, falso, natural.

Proximidades de tipo 2: necesidad, concepto, problema, principio, modelo, ley.

Proximidades de tipo 3: año, siglo, antes, durante, después

Proximidades de tipo 4: ejemplo, aplicación, útil, hacer.

Esta estrategia resultó en un número menor de extractos del discurso para analizar, además en varios casos, las palabras están presentes sin que esto demuestre ninguna intención en el sentido que etiquetamos como proximidad. Finalmente, de estas rutas de análisis deducimos que:

- Analizar las practicas efectivas de los profesores universitarios tiene varios niveles de generalidad que puede ser conveniente analizar separadamente
- Las proximidades en acto o las estrategias que implementan los profesores para lograr que los estudiantes aprendan, son específicas de cada disciplina.
- El análisis del discurso de los profesores es una cuestión compleja que requiere un análisis de las frases que es difícilmente reductible a una búsqueda de palabras.

Unido a esto último, es importante decir que los análisis hechos no permiten tomar en cuenta todo el discurso, particularmente las frases de introducción o contexto del estilo “*C’est un nouveau chapitre. Nous avons fini l’accélération, nous entrons enfin à la force et la dynamique. Oui c’est un nouveau chapitre. Donc jusqu’ici nous avons fait de la cinématique*”⁹⁹ ni tampoco las frases del tipo “- ce bruit- C’est terrifiant, j’ai l’impression d’avoir été dégradé, on va me retirer mon poste de prof et on m’a mis au collège, c’est assez terrifiant. Non (rires). Alors je ne veux pas aller voir à quoi ça ressemble au collège”¹⁰⁰. Estas frases no encarnan desde las categorías establecidas, proximidades ni explicaciones que puedan ser integradas en los mapas conceptuales, sin embargo, pueden ser ilustrativas de las elecciones de enseñanza de los profesores. Ahora bien, teniendo en cuenta esto, se hizo un análisis que se presenta a continuación y que permite tener en cuenta la integralidad de palabras en el discurso, como se podrá ver, los resultados producto de este segundo análisis dan resultados consistentes con los análisis propuestos en el capítulo 4.

99 Es un nuevo capítulo. Terminamos la aceleración y entramos finalmente a la fuerza y a la dinámica. Sí, es un nuevo capítulo, hasta aquí había hecho cinemática.

100 -El ruido- Es aterrador, tengo la impresión de haber sido degradado, me van a retirar de mi puesto de profesor y me pusieron en un colegio, es aterrador, no (risas), entonces no quiero ver un colegio.

5.2.3 Análisis lexicométrico

Posterior a los análisis precedentes y con la muy valiosa ayuda de Leslie Regad, investigadora del laboratorio Molécules Thérapeutiques in silico (MTi) de la universidad Paris Diderot, se hizo un análisis lexicométrico con el software IRAMUTEQ, hace parte del paquete R (www.r-project.org) y fue creado por el LERASS (Laboratorio de Estudios e Investigaciones aplicadas en ciencias sociales, por sus siglas en francés) de la Universidad de Toulouse 3. Iramuteq permite, entre otras cosas, análisis estadísticos de textos, a partir de conteos e identificación de palabras (Camargo y Justo, 2013).

Grosso modo el análisis textual trata con datos que son palabras y propone superar la dicotomía clásica entre el análisis de datos cualitativos y cuantitativos, en la medida en que hace posible cuantificar y hacer uso de los cálculos estadísticos en las variables esencialmente cualitativos – Textos (Lahlou, 1994). IRAMUTEQ usa el mismo algorítmico que ALCESTE (Reinert, 1990) y bajo la lógica de un código abierto, con licencia bajo licencia GNU GPL (v2), permite diferentes tipos de análisis de datos textuales, que van desde lexicografía básica (frecuencia de palabras) hasta el análisis multivariado (clasificación jerárquica, análisis de similitudes). Así mismo, distribuye visualmente el vocabulario (semejanza análisis y la nube de palabras). Esto implica que IRAMUTEQ construye unidades de texto en las que no solo identifica el número de palabras sino su frecuencia y las co - ocurrencias o relaciones que existen entre unas palabras y otras, así mismo, es posible decidir variables descriptivas que ayuden a filtrar palabras y dar orden al análisis y generar comparaciones.

IRAMUTEQ también proporciona otra manera de presentar los resultados, los análisis factoriales de correspondencia (análisis post-Factor) que es un plano cartesiano de las diferentes palabras y sus variables asociadas. La interfaz hace que sea posible recuperar, en el corpus original, los segmentos de texto asociados a cada clase, cuando obtienen las palabras estadísticamente significativas, lo que permite un análisis más cualitativo (Ratinaud y Marchand, 2012).

En resumen, IRAMUTEQ permitió, como se verá a continuación, utilizar diferentes recursos técnicos de análisis léxico con una interfaz sencilla y de acceso libre, que puede ser muy útil si se acompaña de análisis sobre el significado del léxico (Camargo y Justo, 2013), como se propuso en esta investigación.

como se analizó previamente, es posible decir de manera general que estas gráficas se organizan alrededor de la palabra fuerza, que determina las explicaciones de los profesores acerca de las tres leyes de Newton; y fuertemente conectada a otras como objetivo, aceleración en el profesor 2F y referencial y velocidad en el profesor 1F. También es posible constatar, a partir de este análisis por ejemplo que el profesor 1F utiliza más palabras en su discurso y hace relaciones con campos lexicales que incluyen por ejemplo la idea de principio que figura en el mismo campo lexical que ley, mientras que el profesor 2F cuenta con un campo lexical por ejemplo la palabra saco se rodea de nociones como interacción o tierra.

Aunque la intención y el alcance de este apartado no es el de volver a hacer los análisis integralmente, a partir de los pocos que se han incluido, es posible corroborar algunos análisis hechos por medio de mapas conceptuales y búsqueda de proximidades en acto, lo que valida y robustece los análisis iniciales presentados en el capítulo 4, también es posible ratificar que IRAMUTEQ y los análisis lexicométricos que de él se derivan permite analizar el discurso de cada profesor y diferenciarlos entre sí, sin embargo, por ejemplo, no permite deducir las estrategias que los profesores usan para lograr que los estudiantes aprendan, lo que confirma que sus resultados deben complementarse con análisis sobre el significado del léxico (Camargo y Justo, 2013).

5.3 Aprendizajes sobre el análisis de las prácticas de los profesores universitarios de física

Los cursos magistrales son una modalidad importante de enseñanza en la educación superior, en esta investigación buscamos aportar una metodología para su análisis, es decir, para comprender lo que sucede en ellos y a la vez, distinguir entre unos cursos magistrales y otros, lo que implica valorarlos en su complejidad ya que tienen muchos aspectos en común, al estar centrados en el discurso y la actividad del profesor. La DA como marco teórico permite considerar la complejidad del trabajo del profesor (Rogalski, 2002), particularmente su gestión en un ambiente dinámico, que es el aula de clase, con un centro en los procesos de adquisición de los estudiantes (Robert y Rogalski, 2005), justamente estos procesos de adquisición tienen una

particularidad disciplinar, que también se considera al ser un doble acercamiento tanto ergonómico como didáctico.

Ahora bien, lo anterior se refleja en esta investigación en la creación de una estrategia metodológica que permitiera distinguir entre cursos magistrales y analizarlos desde el punto de vista de la didáctica, es decir, teniendo en cuenta el contenido que está en juego, su organización y presentación, en este sentido las componentes mediativa, personal y cognitiva originales de la DA se tradujeron a las ciencias naturales y se pusieron a prueba, obteniendo, como se vio, análisis de dos cursos magistrales que siendo similares, se pudieron distinguir y particularizar. De aquí que, analizar prácticas efectivas de profesores universitarios de física pueda implicar:

- Analizar no solamente las magnitudes que involucra el profesor sino la manera como las caracteriza y como las liga a las leyes o dominios de la física
- Considerar la manera como el profesor operacionaliza matemáticamente el contenido involucrado, y la manera como trabaja en lograr relaciones entre el mundo de objetos y eventos y el de teorías y modelos. Así como la manera en que ayuda a los estudiantes a volver sus conocimientos aplicables a problemas o situaciones concretas.
- Tener en cuenta la manera como el profesor vincula las ideas alternativas de los estudiantes, bien sea en su discurso o en sus ejemplos, estableciendo relaciones entre el conocimiento de sentido común y el conocimiento científico establecido.
- Analizar si el profesor promueve que los estudiantes entiendan que los conocimientos científicos se inscriben en una historia, problematizándolos.
- Observar los elementos que los profesores repiten en su discurso, lo que es un indicador también de los elementos que se consideran prioritarios.
- Finalmente, permite relacionar las prácticas efectivas con las concepciones (al menos las que declaraban) de los profesores, acerca de la ciencia y su enseñanza,

También, es importante decir que analizar las prácticas efectivas de los profesores universitarios implicó un estudio del conocimiento de referencia (en este caso las tres leyes de Newton), no solamente desde el punto de vista de la disciplina sino también

de la didáctica de la disciplina, es esto finalmente lo que permite un análisis específico y no pedagógico.

5.4 Perspectivas de investigación

Una primera posible extensión del estudio tiene que ver con lo que se planteó en el apartado 5.2.1. Como se mostró en esta investigación, las prácticas de los profesores muestran diferencias que los exámenes, al menos como están diseñados, no permiten evidenciar, y que un cuestionario didáctico tampoco permite distinguir; lo que plantea una primera extensión de este trabajo ya que podemos permitirnos hacer la hipótesis que el profesor 1F valoriza elementos que indican una presentación nutrida de la física; también podemos atrevernos a decir que las prácticas del profesor 2F cuentan con proximidades que se pueden ubicar en el sentido de un mejor desempeño en el examen, lo que no ocurre porque en el curso magistral es el profesor 2F el que resuelve los ejercicios y no los estudiantes, quienes solo lo hacen en los espacios denominados trabajos dirigidos.

Ahora bien, para estudiar estas hipótesis no bastan los resultados a corto plazo (que pueden obtenerse del examen o el cuestionario), sino que es en el mediano o largo plazo que será posible volver sobre los estudiantes y estudiar estos efectos, dicho de otro modo, puede ser interesante encontrar una manera de ver las diferencias encontradas en los cursos, más allá del curso en sí mismo, pero para esto, es necesario centrarse en los estudiantes en el mediano plazo, trascendiendo a las evaluaciones anteriormente expuestas. De ahí que sea posible elaborar la hipótesis que en el mediano o largo plazo, será posible percibir diferencias, desde el punto de vista de los estudiantes, ligadas a las prácticas; sería posible, por ejemplo estudiar si los estudiantes que tomaron el curso del profesor 1F tienen un sentido más complejo de la física, dicho de otra manera sería posible, como extensión de este trabajo, es posible estudiar si las diferentes prácticas pueden dar lugar a una diferenciación positiva de los estudiantes, si los estudiantes que frecuentan un discurso que incluye proximidades de tipo 3 o de tipo 2, se orientan, por ejemplo, hacia estudios de la física.

Otra posible extensión un poco menos particular, tiene que ver con la hipótesis inicial de esta investigación es que

Un conocimiento preciso de las prácticas de los profesores permite el desarrollo de acompañamientos más apropiados para los profesores y aceptados por ellos

Los resultados obtenidos respaldan esta hipótesis ya que las prácticas de profesores en contextos suficientemente similares, son diferentes entre sí, lo que puede permitir pensar que las estrategias de formación que requieren o aceptarían incorporar, son diferentes también. Si se admite como cierto que los profesores desean explicitar y formalizar sus estrategias de enseñanza, para reproducirlas, los análisis desarrollados en esta investigación favorecen que las prácticas se orienten a la formación de los estudiantes en la resolución de problemas integrando proximidades de tipo 3, que permitirían a los estudiantes comprender que los saberes se inscriben en una historia y de tipo 2, que permitirían a los estudiantes hacer relaciones entre el mundo de las teorías y de los fenómenos, lo que complejizaría su conocimiento de la física sin privarlo de su sentido más operacional.

Esto corresponde con las modalidades de formación basadas en la reflexión en y sobre la propia práctica, según Cots (2004) esta modalidad implica concebir la docencia como un proceso en el que el docente se construye a partir de su experiencia apoyándose en teorías o modelaciones que le permiten comprender y movilizar su práctica. Stainley (2000) propone, basado en John Dewey, un procedimiento ideal del proceso de reflexión de un profesor sobre su práctica que incluye pensar en lo que ocurrió en la clase con el mayor detalle posible e indagar las razones por las que la clase se desarrolla de esta manera, a la luz de elementos teóricos, lo que podría dar lugar a múltiples interpretaciones y finalmente tomar decisiones sobre la práctica misma. Es en estos procesos que vale la pena analizar los posibles usos de estos análisis de prácticas ya que analiza y modeliza lo que ocurre en la clase, a la luz de elementos teóricos, en este sentido, es posible pensar que, los profesores universitarios tienen necesidades de retroalimentación de su práctica o de compartirla y comentarla con otros, de manera similar que las investigaciones, y estos análisis, podrían ayudaren estos procesos. Esto conduce finalmente a la pregunta sobre ¿cómo los profesores observados reaccionan a estos análisis?

Esto es especialmente relevante en el contexto universitario, dada la autonomía que lo caracteriza; es importante considerar a los profesores universitarios como individuos autónomos que autorregulan su desarrollo profesional. Esta autonomía permite a los profesores, por ejemplo, ser conscientes de lo que esperan de su

enseñanza y de lo que están dispuestos a modificar en su práctica, lo que debería a su vez poder ser considerado por los investigadores y formadores; los profesores de esta investigación por ejemplo consideran que el curso magistral puede ser “un espace de discussion avec les étudiants”¹⁰¹ que “*on peut être nombreux mais faire peut-être plus d'exemples, plus d'exercices*”¹⁰². Teniendo en cuenta lo anterior, es posible plantear que una posible extensión de esta investigación es usar los análisis de prácticas con los profesores y examinar sus reacciones, especialmente si derivan en transformaciones de la práctica.

Además de esto, dado el carácter metodológico de este trabajo, otra perspectiva natural de este tiene que ver con continuar los estudios sobre las practicas efectivas de los docentes, en otros dominios de las ciencias y la física y también en otros niveles de escolaridad; el rol de los análisis de prácticas de los docentes, para la formación de maestros y el diseño y desarrollo de cursos, puede implicar un aporte teórico a la corriente de generación de centros de formación y apoyo en pedagogía universitaria.

101 Un espacio de discusión con los estudiantes

102 Podemos ser numerosos pero hacer, de pronto, más ejercicios, más ejemplos.

Bibliografía

- Abell, S. (2008). Twenty years later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education* , 1405-1416.
- Acevedo, J. (2009). Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (I): Marco teórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias.*, 21-46.
- Adangnikou, N. (2008). Peut-on parler de recherche en pédagogie universitaire, aujourd'hui, en France. *Revue des sciences de l'éducation*, 601-621.
- Adúriz, A. (2010). Aproximaciones histórico-epistemológicas para la enseñanza de conceptos disciplinares. *Revista Virtual EDUCyT*, 1 107-126.
- Albe, V., Venturini, P., & Lascours, J. (2001). Electromagnetic concepts in mathematical representation of physics. *Journal of Science Education and technology, springer verlag*, 197-203.
- Altet, M. (1994). Le cours magistral universitaire : un discours scientifico-pédagogique sans articulation enseignement-apprentissage. *Recherche & formation*, 35-44.
- Altet, M. (2004). Enseigner en premier cycle universitaire: Des formes émergentes d'adaptation ou de la « métis » enseignante. In E. Annot & M.F. Fave Bonnet, *Pratiques pédagogiques dans l'enseignement supérieur : enseigner, apprendre, évaluer*, 37-52.
- Altet, M. (11 de agosto de 2016). *De nouveaux outils d'analyse du processus enseignement-apprentissage*. Recuperado de Paternariat mondial pour l'education: <http://www.globalpartnership.org/fr/blog/de-nouveaux-outils-danalyse-du-processus-enseignement-apprentissage>
- Amundsen, C., Weston, C., & McAlpine, L. (2008). Concept mapping to support university academics' analysis of course content. *Studies in higher education*, 633-652.
- Adangnikou, N. (2008). Peut-on parler de recherche en pédagogie universitaire, aujourd'hui, en France ? *Revue des Sciences de l'Éducation*, 34(3), 601-621.
DOI : [10.7202/029510ar](https://doi.org/10.7202/029510ar)

- Annot, E., & Fave-Bonnet, M.-F. (2004). *Pratiques pédagogiques dans l'enseignement supérieur : Enseigner, apprendre, évaluer*. Paris: L'Harmattan.
- Bain, K. (2011). *Lo que hacen los mejores profesores de universidad*. Valencia: Universitat de Valencia. España.
- Márquez B, C., Roca T, M., (2006). "Plantear preguntas: un punto de partida para aprender ciencias", *Revista Educación y Pedagogía*, Medellín, Universidad de Antioquia, Facultad de Educación, vol. XVIII, núm. 45, (mayo-agosto), pp. 61-71.
- Bates, A.W. (2001). *Cómo gestionar el cambio tecnológico. Estrategias para los responsables de centros universitarios*, Barcelona, Gedisa
- Béjean, S., & Monthubert, B. (12 de 02 de 2015). *enseignementsup-recherche*. Recuperado de <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid76975/la-strategie-nationale-de-l-enseignement-superieur-stranes.html>
- Berret, D. (2012). How 'Flipping' the Classroom Can Improve the traditional lecture. *The chronicle of higher education*, 1-14.
- Bligh, D. (2000). *What's the use of lectures ?* San Francisco: Jossey-Bass.
- Bosdeveix, R. (2016). Entre classifications fonctionnelle et phylogénétique : le groupe des végétaux. Une reconstruction didactique basée sur l'histoire des sciences dans le cadre de la formation des enseignants de sciences de la vie et de la Terre.. Education. Université Paris Diderot - Paris 7- Sorbonne Paris Cité. Français. <tel-01372907>
- Bouchard, R., Parpette, C., & Pochard, J.-C. (2005). *Le cours magistral et son double, le photocopié : relations et problématique de réception en L2*, in Mochet, M.-A. (ed.) *Pluralité des langues et pluralité des supports*, Lyon, Presses de l'ENS Lsh.
- Bransford, J., Brown, A., & Cocking, R. (2000). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*. Washington D.C.: National Academy Press. <https://doi.org/10.17226/9853>.
- Brecht, D. (2012). Learning from Online Video Lectures. *Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice*, 11, 227-250.
- Bru, M. (2004). Pratiques enseignantes à l'université : Opportunité et intérêt des recherches. In E. Annot et M.F. Fave Bonnet : *Pratiques pédagogiques dans*

- l'enseignement supérieur : enseigner, apprendre, évaluer* (p.17-36). Paris : L'Harmattan.
- Bruter, A. (2008). Le cours magistral comme objet d'histoire. *Histoire de l'éducation*, No.120, p, 5-32. Recuperado de <http://histoire-education.revues.org/1829>
- Burgos, M, Velasco, C., & Aguiar, E. (2015). Antropología educativa del Buen vivir. Estudio de caso de UEF. Cinco de junio, Manta (Ecuador). *Revista San Gregorio*, (7), 18-27.
- Cabrero, J., & Llorente, M. (2010). *Universidad de Sevilla*. Recuperado de <http://tecnologiaedu.us.es/cuestionario/bibliovir/jca19.pdf>
- Camargo, B., Justo (2013). IRAMUTEQ: um software gratuito para análise de dados textuais. *Temas em Psicologia*, 21(2), 513-518.
- Campanario, J. (2003). Contra algunas concepciones y prejuicios comunes de los profesores universitarios de ciencias sobre la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 319-328.
- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: Bradford Books, MIT Press.
- Casal, J., & Mateu, E. (2003). Tipos de muestreo. *Epidem*, 3-7.
- Castillo, S., & Polanco, L. (2005). Enseña a estudiar... Aprende a aprender. En *Contextos educativos* (págs. 317-325). Madrid: Prentice Hall.
- Cortier, C., Hachadi, S., Sharif, F. (2009)., Les cours magistraux dans les filières scientifiques des universités algériennes : caractéristiques discursives et interactionnelles, in Defays J.-M., Englebert A., dir., Acteurs et contextes des discours universitaires, Actes du colloque international "Les discours universitaires : formes, pratiques mutations" (Bruxelles : 24 25 26 avril 2008) vol. 2, L'Harmattan, 2009, p. 137-150.
- Cots, J. M. (2004). ¿Qué se puede observar en el aula? Un programa de observación en el aula para la formación inicial del profesorado. En: Lagasabaster, D. y Sierra, J. M. eds. *La observación como instrumento para la mejora de la enseñanza-aprendizaje de lengua*. Barcelona: Ed. Horsori, col. Cuadernos de Educación, pp. 15-50.

- Chalmers, A. (2000). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Siglo veintiuno editores.
- Chevron, M.-P. (2014). A metacognitive tool: Theoretical and operational analysis of skills exercised in structured concept maps, *Perspectives in Science. Perspective in Science*, 46-54.
- Clanet, J. (2004). *Que se passe-t-il en cours ? Eléments de description des pratiques*. Paris.
- Claudiel, Philippe (2010). *Le rapport de Brodeck*. Paris : Le livre de poche.
- Clement, J. (1980). Student's preconceptions in introductory mechanics. *American Association of physics teachers*, 66-70.
- Cross, D., & Grangeat, M. (2014). Démarches d'investigation : analyse des relations entre contrat et milieu didactiques. *Énergies*, 155-182.
- de Hosson C. (2011). Una controversia histórica al servicio de una situación de aprendizaje: una reconstrucción didáctica basada en Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo de Galileo. *Enseñanza de las ciencias*. 29 (1), 115-126.
- de Hosson, C., Décamp, N., Morand, E., & Robert, A. (2015). *Approcher l'identité professionnelle d'enseignants universitaires de physique: un levier pour initier des changements de pratiques pédagogiques*. Stravia: Université Cergy-Pontoise.
- De Ketele, J.-M. (1990). Le passage de l'enseignement secondaire à l'enseignement supérieur : les facteurs de réussite. *Vie pédagogique*, 4-8.
- De Longhi, A., Ferreyra, A., Bermudez, G., Quse, L., Martínez , S., Iturralde, C., & Campaner , G. (2012). La interacción comunicativa en clases de ciencias naturales. Un análisis didáctico a través de circuitos discursivos. *Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 178-195.
- Dimopoulos, V., & Kalkanis, G. (2005). Simulating quantum states of the atom of hydrogen: A simulation program for non-physics major's students. En R. Pintó, & D. Couso (Edits.), *Contributions from Science Education Research* (págs. 548-552).

- diSessa, A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 105-225.
- Duguet, A., (2014) *Les pratiques pédagogiques en première année universitaire*, Thèse de doctorat, Université de Bourgogne. Disponible en ligne <https://halshs.archives-ouvertes.fr/IREDU/tel-01096748v1>
- Duguet, A., & Morlaix, S. (2012). *Les pratiques pédagogiques des enseignants universitaires : Quelle variété pour quelle efficacité ?* (Vol. 6). Recuperado de <http://questionsvives.revues.org/1178>
- Duit, R., & Treagust, D. (1999). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 671-688.
- Duru-Bellat, M. (1995). *Garçons et filles à l'école de la différence*.
- Duchsl, R.A. (1998). La valoración de argumentaciones y explicaciones: promover estrategias de retroalimentación. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), pp. 3-20.
- El Congreso de Colombia. (28 de diciembre de 1992). Fundamentos de la educación superior. Ley 30. 1. Bogotá. Recuperado de http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-85860_archivo_pdf.pdf
- Freeman, S., Eddy, S., McDonough, M., Smith, M., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2013). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceeding of the National Academy of Sciences*, 111 (23), 8410-8415.
- Furió, C., & Guisasola, J. (1998). Dificultades de aprendizaje de los conceptos de carga y de campo electrónico en estudiantes de bachillerato y universidad. *Investigación didáctica*, 131-146.
- Galagovsky, L., & Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Investigación didáctica*, 231-242.
- Gibbs, G., & Coffey, M. (2004). *The impact of training of university teachers on their teaching skills, their approach to teaching and the approach to learning of their students. Active learning in higher education*. 5, 87-100.

- Gil, D., Carrascosa, A., & Martínez, F. (2000). Una disciplina emergente y un campo específico de investigación. En F. Perales, & P. Cañal. *Didáctica de las ciencias experimentales*. Alcoy: Marfil.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2014). *Fundamentals of physics extended*. Wiley.
- Halloun, I., & Hestenes, D. (1985). Common sense concepts about motion. *American Journal of physics*, Issue 11.
- Harlen, W. (2011). Aprendizaje y enseñanza de ciencias basados en la indagación. Centro de investigación avanzada en educación.
- Harlen, W. (Ed.). (2015). *Principios y grandes ideas de la educación en Ciencias*. Academia Chilena de Ciencias.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). Metodología de la investigación. *México*.
- Haug, M. C. (2014). Thought Experiments in Philosophy, Science and the Arts By Mélanie Frappier, Letitia Meynell and James Robert Brown. *Analysis*, 74(1), 167-169.
- Herreid, C., & Schiller, N. (2013). Case studies and the flipped classroom. *Journal of College Science Teaching*, 42(5), 62-66.
- Hewitt, P. (2004). *Conceptual physics*. Pearson Prentice Hall.
- Holstein, J., & Gubrium, J. (1994). Phenomenology, Ethnomethodology, and Interpretive Practic. En N. Denzin, & Y. Lincoln, *Handbook of qualitative research* (págs. 262-271). Thousand Oaks.
- Hottin, C., « Un lieu d'enseignement : l'amphithéâtre, espace du cours magistral », *Universités et grandes écoles à Paris, les palais de la science*, Paris, Action artistique de la ville de Paris, 1999, p. 45-52. Disponible en ligne <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00089205>
- Huneman, P. (2001). *Les sciences de la nature et les sciences de l'homme*. Paris, Ellipses.
- Kermen I. & Colin P. (2014) Comparaison de l'activité de trois enseignantes lors d'une séance sur les piles en classe de terminale. In symposium (D. Cross) étudier les

- déterminants de l'action de l'enseignant : approches théoriques et méthodologiques. Actes des 8^o rencontres scientifiques de l'ARDIST, Marseille 2014, Revue SKHOLÉ, volume 18, numéro 2, p.115-123.
- Kinchin, I. (2011). Le mappe conceptuali: Uno strumento per imparare. En E. Genovese, E. Ghidoni, G. Guaraldi, & G. Stella (Edits.), *Concept maps: a tool for learning* (págs. 128-134). Erickson.
- Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. *Studies in Science Education*, 45 (2) , 169-204.
- Kontogeorgiou, A., Bellou, J.,& Mikropoulos, T. A. (2007). Visualizing the quantum atom. En R. Pinto and D. Couso (eds.), *Contributions from Science Education Research*, 465-475, Springer, The Netherlands
- Kuhn, T. (6 de Febrero de 1983). *La Structure des révolutions scientifiques*. Paris: Flammarion. Recuperado de Science et société: <http://science-societe.fr/thomas-s-kuhn-la-structure-des-revolutions-scientifiques-paris-flammarion-1983/>
- Ladjali, C (2004). *Éloge de la transmission*. Paris : Albin Michel.
- Lahlou, S. (1994). L'analyse lexicale. *Variations*, (3),13-24.
- Lattuati, M., Penninckx, J., & Robert, A. (2012). *Une caméra au fond de la classe de mathématiques. (Se) former au métier d'enseignant du secondaire à partir d'analyses de vidéos*. Pratiques & Techniques.
- Lebrun, N. y de Hosson, C. (2014). Quelle réceptivité d'enseignants de premier cycle universitaire aux résultats de la recherche en didactique de la physique ? Le cas de la mécanique classique. Skholé, Cahiers de la Recherche et du Développement - 8^{ème} rencontres de l'ARDIST, 18(1), 333-343
- Lemaître, D. (2015). "Comment l'enseignement supérieur discipline-t-il les savoirs aujourd'hui ? La logique utilitariste et son influence sur l'organisation des disciplines académiques". In Gorga, A. & Leresche, J.-P. (dir). *Transformations des disciplines académiques : entre innovation et résistance*. Paris : Les Editions des archives contemporaines.
- Loizon, A., & Mayen, P. (2015). Le cours magistral en amphithéâtre: une situation d'enseignement perturbée par les instruments. *Distances et médiations des*

savoirs..- Distance and Mediation of Knowledge-, 3(9).
<http://journals.openedition.org/dms/1004> ; DOI : 10.4000/dms.1004

López, A, (2013). "La evaluación como herramienta para el aprendizaje: Conceptos, estrategias y recomendaciones" En: Colombia 2013. ed:Ed. Magisterio ISBN: 978-958-20-1109-3.

Marlot, C y Baques M-C, (2012). Le dialogisme `a l'œuvre dans le cours magistral a` l'université : un point de vue didactique. Presses Universitaires Blaise-Pascal. Apprendre et former : la dimension langagi`ere, CiD (librairie). www.lcdpu.fr, pp.359-394, Sphère éducative, 978-2-84516-584-7. <halshs-00976327>

Maron, V. (2015). Une reconstruction conjointe de la dynamique et de la gravitation newtoniennes. Conception et'évaluation d'une séquence d'enseignement inspirée par l'histoire et l'épistémologie de la physique. Enseignement de la physique [physics.ed-ph]. Université Paris 7 - Denis Diderot. Français. <tel-01279581>

Martinez Luz. (2014) Construir un problema: un primer paso hacia la investigación en ciencias. Análisis de una formación para docentes de primaria en el contexto colombiano y francés. Education. Université Paris Diderot - Paris 7. Español. <tel-01113440>

Maury L., Saltiel E., Viennot L. (1978). Etude de la notion de mouvement chez l'enfant à partir des changements de référentiels. *Physics in schools*. Taylor and Francis, London, 319-325.

McCloskey, M., Caramazza, A., & Green, B. (1980). Curvilinear motion in the absence of external forces: naive beliefs about the motion of objects. *Science* 210, 1139-1141.

McDermott, L. (1984). Research on conceptual understanding in mechanics. *Physics today*, 2-10.

McKimm, J. (2008). Teaching quality, standards and enhancement. In H. Fry, S. Ketteridge & S. Marshall (Eds.) *A Handbook for Teaching and Learning in Higher Education Enhancing Academic Practice* (pp. 186 - 211). New York: Routledge.

Meirieu, P. (1997). *La escuela, modo de empleo: De los "métodos activos" a la pedagogía diferenciada*. Octaedro. Barcelona.

- Meltzer, D. (2002). The relationship between mathematics preparation and conceptual learning gains in physics: A possible “hidden variable” in diagnostic pretest scores. *American Journal of Physics*. **70** , 1259- 1268
- Michaut, C. (2000). *L'influence du contexte universitaire sur la réussite des étudiants*. Bourgogne: Université de Bourgogne, Institut de recherche sur l'économie de l'éducation.
- Miller, C. J., McNear, J., Metz, Michael J., (2013). « A Comparison of Traditional and Engaging Lecture Methods in a Large, Professional-Level Course », *Advances in Physiology Education*, vol. 37, n° 4, p. 347-355.
- Minick, N. (1985). *L.S. Vygotsky and soviet activity theory: New perspectives on the relationship between mind and society* . Illinois.
- Ministerio de Educación Nacional. (2004). Estándares para ciencias naturales. Revolución Educativa.
- Ministerio de Educación Nacional. (2015). *mineducacion*. Recuperado de http://www.mineduacion.gov.co/1759/articles-357388_recurso_1.pdf
- Ministerio de Educación Nacional. (febrero de 2016). *mineducacion*. Recuperado de <http://www.mineduacion.gov.co/1759/w3-printer-235585.html>
- Moll, L. (1989). La zona de desarrollo próximo de Vygotski: una reconsideración de sus implicaciones para la enseñanza. *Infancia y Aprendizaje* 51-52, 247-254.
- Mora, C., Myers, R., Coll, M., Libralato, S., Pitcher, T., Sumaila, R., . . . Worm, B. (2009). *Journal of Biological Sciences*. Recuperado de <http://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.1000131>
- Moreira, M., & Greca, I. (2003). Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciência & Educação. Bauru*. Vol. 9, n. 2 (2003) p. 301-315.
- Morlaix, S., & Suchaut, B. (2012). Les déterminants sociaux, scolaires et cognitifs de la réussite en première année universitaire. *Revue Française de Pédagogie, à paraître*, 77-94.
- Mortensen, M. (2010). Exhibit Engineering: A new research perspective. *Nordic studies in science education*, Vol.19. 235.

- Morton, A. (2009). Lecturing to large groups. En H. Fry, S. Ketteridge, & S. Marshall, *A handbook for teaching and learning in higher education* (págs. 77-90). New York.
- Munier, V., Rebmann, G., & Méheut, M. (2003). "Evaluation d'innovations pédagogiques: le cas des enseignements de physique en 1^{ère} année de DEUG à l'Université Paris 7", à paraître dans les actes de l'Université européenne d'été "Réforme, changements, innovations: relever le défi? Paris.
- Nadeau, M., Turcotte, S., (2009). « Utilité de l'exposé magistral en ligne dans la formation universitaire en sciences de l'activité physique », *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur* [En ligne], vol. 25-n° 2, juin. Disponible en ligne <http://ripes.revues.org/234>
- Newton, I. (1687). *Mathematical principles of nature philos.* Chicago: University of Chicago Press.
- Nguyen, V. (2013). *Les fonctions sociales des cours magistraux à l'université, en France. Thèse de doctorant.* Université Jean Monnet - Saint-Etienne.
- Noguès, B. (septiembre de 2008). *Histoire de l'éducation.* Recuperado de <http://histoire-education.revues.org/1834>
- Novak, J. D. (1998). *Learning, creating, and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Novak, J. (1998). *Learning, creating and using knowledge: concept maps as facilitative tools in schools and corporations.* New York: Routledge.
- Novak, J., & Cañas, A. (2006). *The Theory Underlying Concept Maps and How to construct them.* En línea en <http://cmap.ihmc.us/docs/theory-of-concept-maps>.
- Novak, J. D., & Musonda, D. (1991). A twelve-year longitudinal study of science concept learning. *American Educational Research Journal*, 28(1), 117-153.
- Ogborn, J., Kress, G., Martins, I., & McGillicuddy, K. (1996). *Formas de explicar : la enseñanza de las ciencias en secundaria.* Madrid: Santillana Aula XXI.
- Olsen, J. (2002). The many faces of europeanization. *JCMS: Journal of common market studies*, v. 40 n. 5. P. 921-952.

- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (9 de octubre de 1998). *Unesco.org*. Recuperado de http://www.unesco.org/education/educprog/wche/declaration_spa.htm
- Parpette, C. (2002). Le cours magistral, un discours oralo-graphique : effet de la prise de notes des étudiants sur la construction du discours de l'enseignant. En R. Gauthier, & A. Meggori, *Langages et significations : L'oralité dans l'écrit et réciproquement*, (págs. 261-266). Toulouse.
- Pastré, Pierre (2007). Quelques réflexions sur l'organisation de l'activité enseignante. *Recherche et formation*. 56, pp. 81-93. doi:10.4000/rechercheformation.907
- Petri, J., & Niedderer, H. (2001). Atomic physics in upper secondary school: layers of conceptions in individual cognitive structure. En D. Psillos, P. Kariotoglou, V. Tselfes, E. Hatzikraniotis, G. Fassoulopoulos, & M. Kallery (Edits.), *Science education research in the knowledge-based society*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers 137-144
- Petropoulou, G; Jaworski, B; Potari, D; Zachariades, D. (2016). Addressing large cohorts of first year mathematics students in lectures. *First conference of International Network for Didactic Research in University Mathematics*, Mar, Montpellier, France
- Petrovic, J., & Pale, P. (2015). *Students' Perception of Live Lectures' Inherent Disadvantages* », *Teaching in Higher Education*. Vol. 20, No.2/8. pp; 143 – 157.
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P., and Gertzog, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: Towards a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Postareff, L., Lindblom-Ylänne, S., & Nevgi, A. (2008). *A follow-up study of the effect of pedagogical training on teaching in higher education*. *High Educ*. 56 ; 29-43.
- Poteaux, N. (2013). *Pédagogie de l'enseignement supérieur en France: état de la question, Distances et médiations des savoirs*. Recuperado el 11 de Enero de 2014, de <http://dms.revues.org/403>
- Poy, R., & Gonzales-Aguilar, A. (2014). *SciELO Portugal*. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.4304/risti.e1.105-118>

- Pozo, J. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.
- Pozo, J. I. (1995). Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 513-520.
- Pozo, J. (1997). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Ediciones Morata.
- Pozo, J. (1999). *La solución de problemas como contenido procedimental de la educación obligatoria En: La solución de problemas*. Buenos Aires: Santilana.
- Pozo, J., & Gómez, M. (1998). *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Ed. Morata.
- Pozo, J., & Rodrigo, M. (2001). Del cambio de contenido al cambio representacional en el conocimiento conceptual. *Infancia y aprendizaje*, 24(4), 407-423.
- Prosser, M. (2008). The Scholarship of Teaching and Learning : What is it ? A personal view. *International Journal for the Scholarship of Teaching and learning*, 2 (2)
- Ratinaud, P. (2009). IRAMUTEQ: Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires [Computer software]. Retrieved from <http://www.iramuteq.org>
- Ratinaud, P., & Marchand, P. (2012). Application de la méthode ALCESTE à de "gros" corpus et stabilité des "mondes lexicaux": analyse du "Cable-Gate" avec IraMuTeQ. In: *Actes des 11eme Journées internationales d'Analyse statistique des Données Textuelles* (pp. 835-844). Liège, Belgique. Retrieved April 13, 2013, recuperado de: <http://lexicometrica.univ-paris3.fr/jadt/jadt2012/Communications/Ratinaud,%20Pierre%20et%20al.%20-%20Application%20de%20la%20methode%20Alceste>
- Robert, A. (2001). Les recherches sur les pratiques des enseignants et les contraintes de l'exercice du métier d'enseignant. *Recherches en didactique des mathématiques*, 21(1.2), 57-80.
- Robert, A. (2003), *De l'idéal didactique aux déroulements réels en classe de mathématiques: le didactiquement correct, un enjeu de la formation des (futurs) enseignants (en collège et lycée)*, Didaskalia, núm. 22, pp. 99-116.

- Robert, A. (2007). Stabilité des pratiques des enseignants de mathématiques (second degré): une hypothèse, des inférences en formation. *Recherches en didactique des mathématiques*. 27(3), 271–312.
- Robert A. (2012) *A didactical framework for studying students' and teachers' Activities when learning and Teaching Mathematics International Journal for Technology in Mathematics Education*, 19(4), 152–157.
- Robert A. (2015) Une analyse qualitative du travail des enseignants de mathématiques du second degré en classe et pour la classe : éléments méthodologiques in Lenoir, Y. et Esquivel, R. (dir.). (2015). *Procédures méthodologiques en acte dans l'analyse des pratiques d'enseignement : approches internationales*. T. 2 : *Les méthodes en usage dans des centres de recherche et chez des chercheurs français et latino-américains*, ch. 13 pp.373-400. Longueuil : Groupéditions Éditeurs.
- Robert, A., & Abboud-Blanchard, M. (2015). Former des formateurs d'enseignants de mathématiques du secondaire : un besoin, une expérience et une question d'actualité. *Annales de didactique et de sciences cognitives* 20, 181-206.
- Robert, A., & Rogalski, J. (2002a). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques: Une double approche. *Canadian journal of science, mathematics and technology education*, 2(4), 505–525.
- Robert, A., & Rogalski, J. (2005). A Cross-Analysis of the Mathematics Teacher's Activity. An Example in a French 10th-Grade Class. En *Beyond the apparent banality of the mathematics classroom* (págs. 269-298).
- Robert, A., & Vandebrouck, F. (2014). *Proximités-en-acte mises en jeu en classe par les enseignants du secondaire et ZPD des élèves: analyses de séances sur des tâches complexes*. Paris: Ldar.
- Rogalski, J. (2003). Y a-t-il un pilote dans la classe? une analyse de l'activité de l'enseignant comme gestion d'un environnement dynamique ouvert. *Recherches en didactique des mathématiques*, 23(3), 343–388.
- Rogalski, J. (2004). La didactique professionnelle : une alternative aux approches de « cognition située » et « cognitiviste » en psychologie des acquisitions. *Revue électronique@ ctivités*, Vol.1, n°2, p. 103-120.

- Rogalski, J. (2012). *Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática*. Recuperado de <http://pgsskroton.com.br/seer/index.php/jieem/article/view/112>
- Romainville, M. (2000). *L'échec dans l'université de masse*. Paris: L'Harmattan.
- Saltiel y Malgrange. (1980). Saltiel, E., & Malgrange, J. L. (1980). 'Spontaneous' ways of reasoning in elementary kinematics. *European Journal of Physics*, 1(2), 73.
- Sandoval, C. (2002). *Investigación cualitativa*. Bogotá.
- Savéliev, I. (1984). *Curso de física general*. Moscú.
- Short, F., & Martin, J. (2011). *Presentation vs. Performance: Effects of Lecturing Style in Higher Education on Student Preference and Student Learning* (Vol. 17).
- Shulman, L. (1986a). Paradigms and research programs for the study of teaching. En *Handbook of research on teaching* (págs. 3-36). New York: Wittrock.
- Shulman, L. (1986b). Those who understand: Knowledge growth in teaching. En *Educational Researcher* (págs. 4-14). Edición española.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Revista de currículo y formación del profesorado*, 1-22.
- Silva, C. (2006). Sobre a Psicologia Ergonómica de Jacques Le- plat. *Laboreal*, 2, (2), 47-61. <http://laboreal.up.pt/revista/artigo.php?id=48u56oTV6582233896523;2942>
- Soulié, C., (2002). « L'adaptation aux « nouveaux publics » de l'enseignement supérieur : auto-analyse d'une pratique d'enseignement magistral en sociologie », *Sociétés contemporaines*, vol. 48, n° 4, octobre, p. 11-39. Disponible en ligne http://www.cairn.info/article.php?ID_ARTICLE=SOCO_048_0011
- Susskind, J. (2008). *Limits of PowerPoint's Power: Enhancing students' self-efficacy and attitudes but not their behavior*. Elsevier.
- Taber, K. (2013). *Modelling Learners and Learning in Science Education: Developing representations of concepts, conceptual structure and conceptual change to inform teaching and research*. Dordrecht.
- Tiberghien, A. (2002). Des connaissances naïves au savoir scientifique. <http://www.recherche.gouv.fr/recherche/aci/cognib.htm>, 2002. <edutice-00000285>

- Tucker, B. (2012). The Flipped Classroom. *Educationnext*, 3. Recuperado de <http://educationnext.org/the-flipped-classroom/>
- Unal, R., & Zollman, D. (2000). Recuperado de <https://perg.phys.ksu.edu/papers/vqm/AtomModels.PDF>
- UNESCO. (1998). *Informe Final: Conferencia Mundial sobre la Educación Superior*, UNESCO, París, Francia.
- Valsiner, J. (1988). *Child Development Within Culturally Structured Environments, Volume 2*.
- Van Driel, J., Beijaard, D., & Verloop, N. (2001). Professional development and reform in science education: The role of teachers' practical knowledge. *Journal of research in science teaching*, 38(2), 137-158.
- Vandebrouck, F., & Vergnaud, G. (2008). *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants*. Toulouse.
- Vasconcellos, M. (2006). *L'enseignement supérieur en France*, La Découverte, coll. « Repères », 121 p., EAN : 9782707144553.
- Vasilachis de Gialdino, I. (2006). *Estrategias de investigación cualitativa*. Gedisa. Barcelona (España).
- Viennot, L. (1979). Spontaneous Reasoning in Elementary Dynamics. *International journal of science education*, 1 (2), 205-221.
- Viennot, L. (1994). *Recherche en didactique et nouveaux programmes d'enseignement: convergences*. Paris: Laboratoire de didactique de la physique dans l'Enseignement supérieur. Didaskalia 3, 119-128.
- Viennot, L. (1996). *Raisonnement en physique, la part du sens commun*. De Boeck Supérieur. Paris (France).
- Viennot L., Kaminski W. (1991). Participation des maîtres aux modes de raisonnement des élèves, *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (1), 3-9.
- Vygotsky, L. (1978). *Mind and Society*. Harvard University Press.
- Vygotsky, L. (1987). *The Collect Works of L. S. Vygostky. Vol. I. Problems of general psychology, including the volume thinking and speech*. (R. Rieber, & A. Carton, Edits.)

- Wardenski, R., Espindolas, M., Strunchiner, M., & Giannella, T. (2012). *Blended Learning in Biochemistry Education*. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 40(4), 222-228.
- Wertsch, J. W. (1984). The zone of proximal development: Some conceptual issues. In B. Rogoff & J. V. Wertsch (Eds.), *New directions for child development: No. 23. Children's learning in the "zone of proximal development"* (pp. 7-18). San Francisco: Jossey-Bass.
- Williams, A., Birch, E., & Hancock, P. (28 de febrero de 2012). *Academia*. Recuperado de [https://www.academia.edu/4190240/Williams A. E. Birch and P. Hancock 2012 The Impact of On-Line Lecture Recordings on Student Performance Australasian Journal of Education Technology 28 2](https://www.academia.edu/4190240/Williams_A._E._Birch_and_P._Hancock_2012_The_Impact_of_On-Line_Lecture_Recordings_on_Student_Performance_Australasian_Journal_of_Education_Technology_28_2)
- Zapata, M. (2005, Febrero). Secuenciación de contenidos y objetos de aprendizaje. RED. *Revista de Educación a Distancia*, número monográfico II. <http://www.um.es/ead/red/M2/zapata47.pdf> . Revisado el 12/01/2008.