ENSEÑAR Y APRENDER LA ATMÓSFERA: ESTUDIO SOBRE LAS MATERIALIDADES E INTERACCIONES EN UN ESPACIO DE FORMACIÓN DE EXPERTOS

David Felipe Pinilla Ospina

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Humanas, Departamento de Sociología
Maestría en Estudios Sociales de la Ciencia
Bogotá D.C., Colombia
2018

UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

ENSEÑAR Y APRENDER LA ATMÓSFERA: ESTUDIO SOBRE LAS MATERIALIDADES E INTERACCIONES EN UN ESPACIO DE FORMACIÓN DE EXPERTOS

David Felipe Pinilla Ospina

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magíster en Estudios Sociales de la Ciencia

Directora

Diana María Farías Camero

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Humanas, Departamento de Sociología
Maestría en Estudios Sociales de la Ciencia
Bogotá D.C., Colombia

2018

Locke, en el siglo XVII, postuló (y reprobó) un idioma imposible en el que cada cosa individual, cada piedra, cada pájaro y cada rama tuviera un nombre propio; Funes proyectó alguna vez un idioma análogo, pero lo desechó por parecerle demasiado general, demasiado ambiguo. En efecto, Funes no sólo recordaba cada hoja de cada árbol de cada monte, sino cada una de las veces que la había percibido o imaginado. Resolvió reducir cada una de sus jornadas pretéritas a unos setenta mil recuerdos, que definiría luego por cifras. Lo disuadieron dos consideraciones: la conciencia de que la tarea era interminable, la conciencia de que era inútil. Pensó que en la hora de la muerte no habría acabado aún de clasificar todos los recuerdos de la niñez.

Funes el memorioso (Fragmento). Jorge Luís Borges, 1941.

Agradecimientos

A mi madre Mirtha y mi padre Jaime, por los infinitos esfuerzos y la inagotable paciencia. Sin ellos estudiar en la Universidad Nacional seguiría siendo un anhelo.

A Laura, por compartir la vida con amor y dedicación. Por haberme acompañado durante el proceso de construcción de esta tesis, levantándome las veces necesarias para llegar hasta el final.

A mis amigas Sandra, Lina y Johanna, por los momentos, los viajes y, por supuesto, la alegría. De manera especial, Alex, por caminar a mi lado cuando llegamos a sociología y por seguir aquí cuando estamos tan cerca de terminar la maestría. Por ser reflejo de perseverancia, constancia y autenticidad. Por llegar a pesar de todo hasta acá.

A Diana, mi directora, por la confianza y la paciencia. Puedo decir sin exagerar que gracias a ella he podido llegar más allá de lo que pude haber imaginado.

A los maestros que me permitieron entrar a sus clases para el trabajo de campo, siendo yo un foráneo desconocido.

A todas las personas que hacen parte de la Maestría en Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología de la Universidad Nacional de Colombia. Especialmente a Olga Restrepo y Malcolm Ashmore, por ofrecerme nuevas perspectivas sobre el mundo y la pasión por este campo.

Resumen

La primera sección del trabajo estará dedicada a una pequeña aproximación a la atmósfera desde algunos trabajos que han sido desarrollados desde los Estudios Sociales de la Ciencia en relación con ella. Trataré en segundo lugar temas relacionados con la experticia y cómo los Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología han tratado de abordar la formación de expertos a través de la materialidad y su relación con actores no-humanos en casos muy específicos y situados, especialmente en el tratamiento de controversias públicas-científicas. Este estudio de caso me obliga a dar un giro al respecto y a tratar de describir cómo la experticia es producida, reproducida y ejercida dentro del salón de clase, sin que necesariamente se presente una controversia. La tercera parte entonces tratará algunos trabajos en los que se estudia el proceso de enseñanza de ciencias y en los que la materialidad de diferentes objetos mediará en el sentido en el que las diferentes interacciones tienen lugar.

Luego de enunciar algunas consideraciones teóricas y metodológicas alrededor de la Teoría del Actor Red, la Etnometodología y el Análisis de Conversación, en el capítulo empírico comenzaré a describir la relación entre las materialidades de las interacciones entre actores humanos y no-humanos, la atmósfera como objeto científico y la enseñanza como proceso de formación de expertos en los cursos de Meteorología Dinámica y Climatología y en el de Meteorología General. Allí encontramos verdaderos momentos de producción de conocimientos que se dan entre los actores para representar diferentes fenómenos en relación con la atmósfera. Las matemáticas resultaron tener un papel fundamental en este proceso, tanto como actor en la coproducción de entidades, como en su representación.

Palabras clave: *Interacción, materialidades, enseñanza/aprendizaje, atmósfera.*

Abstract

The first section will be dedicated to an approach to the atmosphere from some works developed by the Social Studies of Science in relation to it. I will deal in the second place with topics related to the expertise and how the Social Studies of Science and Technology have tried to approach the formation of experts through the materiality and its relation with non-human actors in very specific and situated cases, especially in the treatment of public-scientific disputes. The case study forces me to take a turn in this regard and try to describe how the expertise is produced, reproduced and exercised within the classroom, without necessarily raising a controversy. The third part will then deal with some works in which the process of teaching science is studied and in which the materiality of different objects will mediate in the sense in which the different interactions take place.

After enunciating some theoretical and methodological considerations around the Actor Network Theory, Ethnomethodology and Conversation Analysis, in the empirical chapter I will begin to describe the relationship of materialities of the interactions and human and non-human actors, the atmosphere as scientific object and teaching as a process of training experts in the courses of Dynamic Meteorology and Climatology and General Meteorology. There we find real moments of knowledge production that occur between the actors to represent different phenomena in relation to the atmosphere. Mathematics proved to have a fundamental role in this process, both as an actor in the co-production of entities and in their representation.

Keywords: *Interaction, materialities, teaching / learning, atmosphere.*

Índice

Índice 7

INTRODUCCIÓN 10

1. LA ATMÓSFERA, LOS EXPERTOS, LAS MATERIALIDADES Y LOS ESTUDIOS SOCIALES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA 12

1. Aproximando el clima 12

2. Dos ámbitos en el estudio de las experticias desde los Estudios Sociales de la Ciencia. 21

3. Interacción y materialidades: el salón de clases 30

4. El enfoque: Teoría del Actor Red y otros complementos 38

Conclusión al primer capítulo 48

2. ENSEÑAR Y APRENDER LA ATMÓSFERA: ESTUDIO SOBRE LAS MATERIALIDADES E INTERACCIONES 52

1. Materialidades e interacciones 57

2. La práctica a través de los ojos de las matemáticas: seguir los vectores, reducir ecuaciones 89

3. PLAN DE CAPÍTULOS PARA FUTURAS INVESTIGACIONES 105

1. Otras materialidades en el estudio de la atmósfera 105

2. Cambio climático y cambio tecnológico: Una mirada a las tecnologías basadas en discursos sobre el calentamiento global. 105

Referencias **Error! Bookmark not defined.**

Índice de Imágenes

Imagen 1 Flujo en el pasillo....64
Imagen 2 Las vitrinas con objetos (móviles inmutables) .... **Error! Bookmark not defined.**
Imagen 3 Porpiedades Fundamentales de un sistema físico. Sistema Internacional de Medidas 70
Imagen 4 Una porción de atmósfera. Un cilindro de presión....75
Imagen 5 El centro de cálculo. Wyoming University 77
Imagen 6 El Efecto Coriolis y el Paraguas....81
Imagen 7 El tablero para observar nubes. Las nubes....83
Imagen 8 La complejidad de la lluvia 83
Imagen 9 Cómo observar y nombrar nubes 83
Imagen 10 La estación meteorológica, el heliógrafo....85
Imagen 11 Barómetro y Termómetro....86
Imagen 12 Otros instrumentos....86
Imagen 13 Toma de datos manual 86
Imagen 14 Toma de datos virtual....86
Imagen 15 El bote que cruza la isla....90
Imagen 16 Transformación al Sistema Internacional 94
Imagen 17 El plano Cartesiano, Los vectores 96
Imagen 18 Ecuación para hallar la aceleración de un cuerpo en un sistema inercial....96
Imagen 19 La cuerda imáginaria girando desde la mano del profesor....97

Índice de Tablas

Tabla 1 Los instrumentos de la estación meteorológica.....87

INTRODUCCIÓN

El presente estudio se sitúa en medio de la exploración de las *materialidades* formadas en las *interacciones* entre actores humanos y no-humanos, la atmósfera como objeto científico y la enseñanza como proceso de formación de expertos. El inicio del texto resultó ser un contexto en el cual intenté ubicar este estudio, por lo que debo advertir que no se encontrará más información acerca de cómo la meteorología llegó a Colombia, o sobre el proceso de formación de las instituciones encargadas del estudio de la atmósfera a nivel local y global. En su lugar, nos encontraremos situados en un salón de clase y otros espacios en donde la atmósfera hace presencia a través de diversos objetos, definiciones y prácticas relacionadas con las matemáticas. En este sentido, cobra importancia la noción de las *materialidades* en cuanto pueden darnos luces acerca de las traducciones que se hacen de un fenómeno o entidad a partir de la *interacción* entre humanos y no-humanos.

Los dos objetivos esbozados para esta investigación son: 1) Explorar la relación entre experticia, enseñanza y la atmósfera, a través de la revisión de trabajos y planteamientos que se han elaborado desde las perspectivas de los Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología. 2) Describir las *materialidades* presentes en un espacio educativo para la construcción de una descripción socio-material de la atmósfera, teniendo en cuenta los diferentes actores que intervienen en esta tarea. La idea detrás de este segundo objetivo es la de ir más allá de las definiciones internalistas que se han producido acerca de la atmósfera, así como las reducciones que suelen encontrarse en diccionarios o libros de enseñanza, en las que poco o nada se tiene en cuenta la interacción entre objetos, artefactos, representaciones, matemáticas, científicos, entre otros actores humanos y no-humanos que hacen parte del ensamblaje de esta compleja entidad que llamaremos la atmósfera.

Para el cumplimiento del segundo objetivo, la forma de proceder metodológicamente estuvo basada en la observación, apoyada en la captura de imágenes, fragmentos de audio y notas en diario de campo, durante el desarrollo de las sesiones de las clases de dos asignaturas: Meteorología Dinámica y Climatología y Meteorología General. Algunos elementos también fueron tomados de conversaciones informales que sostuve tanto con

profesores como con estudiantes. Debo mencionar que mi compromiso, para poder asistir a las clases para elaborar esta investigación, fue el de no interrumpir su desarrollo con intervenciones durante las horas de estas. Dentro del planteamiento que hice a los dos profesores que me permitieron entrar a sus cursos, estaba mi intención de participar como un estudiante más, tomar lugar entre ellos y tratar de responder mis preguntas con los elementos que pude percibir desde esa posición. Se me pidió prudencia por tratarse de un programa de maestría que tiene ciertas normas acerca de restricciones para el ingreso a estudiantes que no estén inscritos, entre ellas, no poder asistir a las evaluaciones, ni tener acceso a ellas. La captura de material auditivo no fue hecha durante todas las sesiones, ni por largos periodos de tiempo. Se trata más bien de micro capturas que realicé en momentos que creí podrían ser relevantes. Algunas de estas conversaciones fueron transcritas e incluidas en este escrito, otras fueron descartadas por no responder a los planteamientos de la investigación.

El estudio invita a pensar en la producción de asociaciones que ayuden a comprender tanto el objeto de estudio planteado para la investigación, como el ensamblaje mismo del trabajo que aquí estoy presentando. En otras palabras, uno de los hallazgos de esta imbricación de elementos hará referencia a que tanto el estudio de la atmósfera desde cualquiera de sus ciencias (meteorología, climatología, oceanografía, etc.), como los Estudios Sociales de la Ciencia (o cualquier otra disciplina que busque describir la producción de la vida social), deben negociar con elementos de altísima complejidad que ponen en tensión los debates sobre “lo real” y otras posiciones constructivistas. Solo para nombrar algunas en esta introducción, nos encontraremos, tanto en unas disciplinas como en otras, lidiando con un tiempo y un espacio que se perciben continuos y fluidos, pero que, sin embargo, solemos capturan en porciones, a través de técnicas y artefactos, datos que deben ser procesados, interpretados y luego representados para que otros puedan verlos.

1. LA ATMÓSFERA, LOS EXPERTOS, LAS MATERIALIDADES Y LOS ESTUDIOS SOCIALES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

1. Aproximando el clima

La atmósfera es usualmente definida como la capa de gas que cubre y rodea un cuerpo celeste (planeta). Está compuesta por diferentes clases de gases, y para el caso de la Tierra se le atribuyen diferentes funciones, entre ellas, cuidar la biosfera absorbiendo parte de la radiación (capa de ozono) y protegerla del impacto de meteoritos. Esta interactúa además con las otras capas de la tierra (hidrósfera y litósfera), creando las condiciones físicas y químicas de la vida en la Tierra. Para James R. Holton (2004) La atmósfera puede ser considerada como un medio de flujo continuo o *continuum*, en el que se puede estudiar sus movimientos asociados con *el clima y el tiempo climático*. Es decir, los movimientos que generan fenómenos como lluvias, huracanes, vientos, etc. Aquí debo señalar que existen definiciones elaboradas para la diferencia entre el clima (estudiado por la climatología) y el tiempo climático (estudiado por la meteorología). El primero, hará referencia a comportamientos en la atmósfera en periodos de tiempo de gran escala (años, decenios, milenios). Mientras que *el tiempo climático* hace referencia a comportamientos en la atmósfera en periodos de tiempo cortos (días, meses, trimestres). Sin embargo, he logrado identificar que la atmósfera se ha configurado en un objeto de frontera[1] (Fenwick & Edwards, 2010) y por lo tanto diversas y diferentes disciplinas la han adoptado como objeto de estudio propio. Esta particularidad ha hecho que la atmósfera tenga distintos significados elaborados desde diferentes "mundos de sentido", pero su estructura general le ha permitido ser traducida entre más de un lugar de enunciación.

Para el caso de estudio de esta tesis, he decidido entender la atmósfera en dos sentidos. El primero hará referencia al objeto de estudio que he construido y que podría mencionar

[1] Fenwick & Edwards 2010 hacen referencia a los *objetos de frontera* retomando las definiciones elaboradas por Star & Griesemer 1989. Allí encontramos que se trata de objetos que adquieren una plasticidad significativa que les permite adaptarse a las necesidades de las más diversas disciplinas, pero también deben ser lo suficientemente robustos para que ninguno de los significados elaborados por cualquiera de estas disciplinas desvirtúe de alguna manera la importancia de otros significados. Es decir, debe mantener una identidad a través de las fronteras de las diferentes disciplinas

como el conjunto de referencias que está presente en toda mención que se haga sobre el *ambiente, el clima, las lluvias, los vientos, huracanes* y demás entidades con las que de una u otra manera es asociada. Sin embargo, al contenido de esta definición quisiera agregar las *materialidades* de estas mismas entidades que surgen como producto y coproductoras de la *interacción* entre actores humanos y no-humanos. En el capítulo empírico desarrollaré con mayor detalle parte de estas *materialidades de las interacciones.* El segundo sentido que quiero dar a *atmósfera* tiene que ver más con un soporte que encontré para justificar algunos elementos que encontré en mis observaciones. Se trata de una analogía que decidí usar para ensamblar una entidad que me permitiera incluir, en lugar de lluvias, vientos y huracanes, otros elementos como corredores, estudiantes, salones, etc. Es decir, una atmósfera de la enseñanza. Pero esto tendrá su lugar más adelante. Como veremos de aquí en adelante, algunas de las referencias más comunes sobre la atmósfera han sido producidas por diferentes actores, humanos y no-humanos, en diferentes momentos y lugares.

Para comenzar, la meteorología como práctica científica arribó a Colombia en la década de 1980 de la mano de Walter Pannembecker, un experto de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), cuyo objetivo era el de estandarizar el conocimiento que se construía entonces acerca de temas relacionados con las lluvias, el uso de los suelos, los vientos, entre otras entidades (Pulido 1991). Hasta ese momento, algunas compañías bananeras y cafeteras, la Aeronáutica Civil y una que otra oficina portuaria en la Costa Atlántica colombiana instalaban en sus propiedades diferentes equipos básicos para medir la temperatura, la presión atmosférica, la dirección del viento y la condensación del agua. Luego de la llegada de Pannembecker, la atmósfera ha sido coproducida (Jassanof, 2014) por actores heterogéneos (políticos, científicos, legisladores, empresarios), quienes se han encargado de crear instituciones en las que se concentra el conocimiento científico y donde fenómenos climáticos son producidos y representados hasta convertirse en procesos estables y estandarizados. Por ejemplo, el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) reúne a expertos en meteorología y climatología para la construcción del conocimiento alrededor de la atmósfera en el país.

Es la entidad encargada de registrar los datos obtenidos en campo de las más de mil estaciones meteorológicas del país, producir y publicar predicciones sobre lluvias,

temperaturas, vientos, nubosidad de las diferentes regiones y ciudades, y en los últimos años se le ha encargado el trabajo de mitigación y prevención frente al "cambio climático", respondiendo ciertamente al llamado de agendas globales sobre este tema. Diferentes generaciones de expertos en climatología y meteorología han hecho parte de esta institución, gran parte de ellos se han formado en el exterior en dónde han aprendido técnicas, lenguaje y diferentes enfoques de estas disciplinas.

A pesar de estos esfuerzos de algunos grupos por intentar establecer el estudio del clima y el tiempo climático en Colombia, a través de eventos académicos, la presentación de pronósticos en medios de comunicación y la designación de recursos estatales al IDEAM, estas disciplinas no han logrado terminar de consolidarse como si lo han hecho en otros países. De hecho, Maximiliano Henríquez Daza (Max Henríquez), tal vez el meteorólogo más reconocido y que más popularidad dio a la climatología y meteorología nacional, señaló en una entrevista de 2009 la precariedad del sistema de monitoreo del IDEAM y la falta de profesionales para el contexto colombiano. Parecería ser que las redes socio técnicas (Latour, 1992) necesarias para que la meteorología se convierta en una ciencia "fuerte" en Colombia no llegaron nunca a ser más que pequeños y aislados empujones por parte de ciertos grupos que al final lograron instalarse como autoridad competente estableciendo relaciones con grupos que de alguna manera se ven más directamente afectados por las lluvias, temperaturas y otras entidades, por ejemplo, en aeropuertos y puertos marítimos. La falta de programas académicos para la formación de expertos es un reflejo de la poca relevancia que se le ha otorgado a la meteorología, sobre todo si tenemos en cuenta que, desde hace unas décadas, y hoy en día a nivel global grandes agendas se han consolidado alrededor de temas relacionados con la atmósfera, el calentamiento global, los riesgos y las catástrofes naturales.

Ciertamente el interés del trabajo que aquí estoy presentando se aleja de las indagaciones sobre los factores que no han permitido que la meteorología se haya consolidado en el país. Sin embargo, parte de estos elementos pueden quedar planteados para próximas investigaciones que busquen profundizar en la historiografía de los actores que han llevado a cabo esos pequeños grandes esfuerzos por los estudios de la atmósfera. Por ahora, me concentraré en explorar la atmósfera como entidad y objeto de estudio de interés para algunos autores.

Dentro de los Estudios Sociales de la Ciencia abundan los trabajos en los que se describen prácticas relacionadas con la atmósfera. Por ejemplo, Clarck Miller (2004) señala como un fenómeno, como el Calentamiento Global, fue ensamblado a partir de prácticas de negociación entre actores políticos y científicos, antes de convertirse en uno de los campos más influyentes y con mayor financiación dentro de los estudios del clima en las últimas cinco décadas. Para ello, fue necesario ensamblar una institución de gran alcance para hablar con suficiente autoridad del tema, además de definir las agendas de investigación y proponer políticas al respecto en diferentes países. El IPCC (International Panel for Climate Change), según lo señala Miller (2004), cambió desde su fundación y hasta nuestros días, las maneras en las que gobernantes y científicos de todos los países deberían referirse al clima. La atmósfera sería tratada en adelante como un sistema global y todo aquello que llegue a afectarla localmente, tendrá consecuencias para todo el planeta. Así, el IPCC, logró establecer el calentamiento global como un fenómeno de vital importancia para todos los países, o al menos aquellos cuyos gobiernos se han adherido en diferentes momentos a acuerdos internacionales, como el Protocolo de Kioto 1997, París 2015, Río de Janeiro 1992, entre otros (Consejo de la Unión Europea, 2016).

Por otro lado, el estudio de Agrawala, Broad & Guston (2001) aborda la creación de otra institución internacional para el estudio y la predicción de las variaciones del clima, esencialmente relacionados con los fenómenos conocidos como el Niño y la Niña (ENSO). Tal como lo señalan estos autores, "la mayoría de las iniciativas organizacionales tienen orígenes múltiples, y el IRI (International Research Institute) no es la excepción. No solo hay un set de múltiples actores, sino también diferentes motivos que influyeron en el establecimiento de vínculos entre productores y usuarios de la investigación climática" (Agrawala, Broad & Guston, 2001). Este mismo estudio señala que las negociaciones entre científicos, organizaciones intergubernamentales, legisladores y usuarios, hacen de la formación del IRI una organización de frontera, cuyas actividades no pueden ser claramente identificadas o como puramente políticas o puramente científicas. En resumen, su trabajo analiza las formas en las que se intentó desarrollar un plan para la predicción del clima y su aplicación para el beneficio social. Un programa "end-to-end" impulsado desde la organización trataba básicamente de crear nexos entre el conocimiento generado a partir del estudio de los fenómenos del Niño y la Niña, sus

impactos en regiones específicas y la utilización por parte de usuarios de diferentes sectores (ganaderos, agricultores, pescadores, entre otros), así como del feedback a partir del cual los investigadores podrían utilizar la información proporcionada por los usuarios para seguir mejorando y ajustando los estudios.

Mientras algunos actores logran movilizar una cantidad significativa de aliados para fortalecer sus redes y, entonces, convertirse en una autoridad legitimadora de conceptos acerca de la realidad, como los dos casos recién mencionados, otros actores son invisibilizados por no tener la capacidad de movilizar aliados poderosos, ni establecer la cantidad de redes necesarias para poder consolidarse más allá de sus contextos locales. Mahony (2014) ha descrito la formación de una institución alternativa al IPCC que ha redefinido, a partir de la coproducción y resignificación, el territorio y el calentamiento global como objetos epistémicos en la India. La Indian Network for Climate Change Assessment (INCCA), fue creada en conjunto por el gobierno del país y científicos nacionales tras una predicción realizada por el IPCC en el año 2009 en la que aseguraban que, debido al calentamiento global, una posible aceleración en el deshielo de los glaciares del Himalaya provocaría una crisis ambiental para el año 2035. Aunque en todo momento el IPCC está publicando en sus informes predicciones muy parecidas, esta, en particular, inquietó tanto al gobierno como a la comunidad científica de la India por tratarse de un territorio de vital importancia para la vida nacional en diferentes esferas. Al igual que otros críticos, desde la INCCA se cuestionó la certeza de los informes del IPCC por no estar revisados por pares científicos ni contar con una comparación con estudios locales. La creación de esta nueva institución contribuyó a fortalecer la identidad de una ciencia nacional en contra de una ciencia occidental encarnada por el IPCC y sus definiciones sobre la atmósfera en diferentes latitudes. La formación de instituciones nacionales como la INCCA refleja un punto débil en la visión globalizante de la atmósfera que el IPCC ha querido establecer y que está relacionado con los intereses de grupos e individuos respecto a sus representaciones de la naturaleza. Mientras que para el IPCC ha sido claro que el ser humano está influyendo en el comportamiento general de la atmósfera y esto a su vez trae como consecuencia afectaciones en las sociedades menos favorecidas (Miller, 2012), es justamente desde algunos de estos lugares (los más vulnerables) donde surgen muchos de los cuestionamientos sobre la pertinencia de pensar la atmósfera en un sentido tan global. El afán del IPCC por demostrar que los problemas relacionados con

la atmósfera se pueden explicar apelando a cuestiones de escala (global/local) y que estos pueden afectar en el mediano plazo una región muy específica como los glaciares del Himalaya, fue recibido con desconfianza por parte de científicos y habitantes en general de estas regiones, quienes vieron más como un problema que como una solución los cuestionables pronósticos de los expertos internacionales. Encuentro hasta aquí dos puntos en común que comparten los relatos hechos por estos autores respecto a la atmósfera. En primer lugar, una necesidad que se ha manifestado desde el siglo XVII (por ejemplo, desde la Royal Society) en gran parte de Europa Occidental por la formación de instituciones que legitimen el conocimiento que se produce acerca de cualquier cosa. Parecería estar latente que la existencia o no existencia de una asociación de individuos, con nombre propio, que comparta intereses y valores, es lo que determina gran parte del alcance de la ciencia. En segundo lugar, encuentro que hasta ahora estos estudios han estado hablando de entidades, de cuerpos hechos de alguna materia no muy bien definida que en algunas ocasiones parecerían ser invisibles. ¿De qué está hecha la atmósfera? ¿Quién es el calentamiento global? Lo explorado hasta ahora me lleva a pensar que hay entidades que se mantienen invisibles, que no existían sino hasta cuando una de estas instituciones comienza a hablar de ellas y les da cierto tipo de personalidad y corporalidad que hasta ahora no han sido descritas por Miller (2012), Mahony (2014) o Agrawala, Broad & Guston (2001). Otro aspecto transversal a estos tres trabajos podría ser el de la coproducción, el trabajo compartido entre diferentes actores para dar sentido a las entidades recién mencionadas.

Por su parte Sheila Jassanof (2014), siguiendo la línea de estudios interesados en describir la atmósfera como elemento de un conjunto de entidades que llaman la atención de uno o varios grupos de personas una vez alguien se ve afectado o interesado en estudiarlas, ha descrito la forma en la que el aire de aquel Londres recién industrializado era demasiado visible para ser ignorado por los diferentes actores que lo habitaban a finales del siglo XIX. La autora señala que para entonces era evidente la contaminación del aire londinense reflejado en una capa espesa de niebla maloliente y permanente, además del hollín que se posaba sobre las esculturas y las edificaciones. No hizo falta, según Jassanof (2014), que expertos en la pureza del aire tuvieran que justificar la toma de decisiones para mejorar la situación del ambiente en esta ciudad, hubo acuerdos en los que diferentes grupos sociales reconocieron la problemática y se dispusieron a

solucionarlo. Curiosamente la complejidad del aire vino a agudizarse cuando volvió a ser invisible. Es decir, con el uso cada vez más creciente de sustancias químicas en procesos industriales, el aire fue adquiriendo amenazas tal vez más peligrosas que las del hollín y los malos olores anteriormente descritos, nuevas enfermedades fueron atribuidas a contaminantes que no se podían oler, ver o sentir en el aire y que afectaban a ciertos grupos e individuos. El aire como materialidad tuvo que ser coproducido una vez fue identificado como entidad capaz de generar problemas en el "normal desarrollo" de la vida, pero en tanto la entidad fue perdiendo visibilidad el control de sus amenazas se hizo cada vez más difícil por parte de autoridades ambientales. Expertos en gases, legisladores de leyes, productores de contaminantes, entre otros, alzaron la voz, utilizando recursos retóricos, para definir la naturaleza del aire. Las industrias difícilmente reconocieron su influencia en la contaminación del aire, pues esta, ahora no se puede comprobar con solo mirar, fue necesaria la producción y agencia de nuevos actores no-humanos a partir de los cuales se pudiera hacer visible lo invisible y las nociones de contaminación pudieran ser traducidas y redefinidas. La atmósfera, desde entonces y hasta nuestros días, como otros objetos de interés científico, adquiere una realidad específica que es elaborada en el día a día. En todo momento y en diferentes lugares hay personas dedicando su tiempo a tomar datos en estaciones meteorológicas, soltando radiosondas hacía el cielo, revisando las páginas en internet de instituciones extranjeras - centros de cálculo (Latour, 1992) -, resolviendo complejas ecuaciones matemáticas, corriendo modelos de simulación, trasponiendo mapas e imágenes satelitales, etc. Este proceso de producción y reproducción de actividades en diferentes periodos de tiempo logra hasta cierto punto invisibilizar la idea de que el conocimiento científico es construido, dada la contundencia con la que objetos y máquinas toman la voz de operarios y expertos. Asumimos de esta manera que las realidades por ellas representadas son ajenas a toda subjetividad. De esto hablaremos más adelante en la sección dedicada a la experticia. Estos procesos terminan por crear aquellas cajas negras que tanto han descrito los estudios sociales de ciencia y tecnología.

Pero ¿qué se ha encontrado al interior de las cajas negras de la atmósfera? ¿Qué hay del lado de aquellos expertos que la estudian y la representan? Mikaela Sundberg (2009) ha notado que el trabajo de meteorólogos en Suiza puede definirse a partir de la representación y la simulación. Estos dos resultan ser procesos que se dan a través de

actividades en las que los científicos buscan interpretar la atmósfera. En cualquier caso, señalará Sundberg, es necesario tener en cuenta la distinción entre *epistemic things* y *technical objects* elaborada por Rheinberger (1997) para el tratamiento de la información. En el primer caso nos encontramos con objetos que son capaces de generar preguntas a los investigadores y estarán en el centro de sus estudios, por ejemplo, la temperatura en un lugar específico. Por su parte, *technical objects* hará referencia a máquinas que se construyen para crear respuestas, por ejemplo, a la pregunta sobre la temperatura arrojada por el termómetro. ¿Qué significa el aumento de temperatura captada por los satélites en los polos? (*epistemic thing*). Un modelo creado por computadora arroja que el aumento de temperatura global, relacionado con el cambio climático, afecta considerablemente el deshielo en los polos (*technical object*). Teniendo en cuenta esta claridad sobre la agencia que ejercen los objetos en esta ciencia, la distinción entre las perspectivas de predicción y representación recae sobre la interpretación que los expertos hacen sobre los datos obtenidos a través de las máquinas. Para los expertos afiliados a una perspectiva de representación, resulta más importante hacer énfasis en el desarrollo de modelos teóricos conceptuales. En la práctica, esto quiere decir que estos investigadores hacen un trabajo previo simplificando ecuaciones usando papel y lápiz. Mientras tanto, quienes han adoptado la perspectiva predictiva aplican datos y conocimiento científico ya existente en el desarrollo de nuevas parametrizaciones en los modelos. En este caso, el trabajo posterior al uso de datos es medir cuán acertada es la predicción hecha sobre eventos futuros. Adicionalmente, en sus prácticas cotidianas estos expertos deben lidiar con las leyes y teorías que rigen su quehacer, mientras intentan ajustar este conocimiento a los requerimientos exigidos por las autoridades ambientales. Una serie de negociaciones sugerirá Sundberg (2009), terminan por resolver esta discusión al momento de representar y simular diversos "fenómenos", pues no se puede ser enteramente "teórico" ni enteramente "pragmático" a la hora de estudiar los comportamientos de la atmósfera. En estas negociaciones el lenguaje matemático juega un papel determinante para la comparación entre las observaciones y los modelos que se van a correr.

Aunque, como señalan Annamaria Carusi & Aud Sissel Hoel (2014), en este tipo de actividades, las afirmaciones cuantitativas expresadas a través de los cálculos matemáticos deben ser mediadas por una interpretación cualitativa que deja ver la

debilidad de la barrera entre objetividad-subjetividad y, además, una hibridación en la construcción y desarrollo de dispositivos, software, etc. En la práctica, el calentamiento global y otros fenómenos deben ser ensamblados a diario para poderse mantener en el escenario científico. Para Sundberg (2011) existen actividades que ayudan a reforzar los discursos ya explicados por Miller (2004) acerca del tema. En su estudio, la autora describe las dinámicas conocidas como *intercomparison projects* que pueden ser entendidas como trabajos de colaboración entre disciplinas diferentes. En este caso, los resultados obtenidos por meteorólogos a partir de un programa de simulación son comparados con los resultados de otras disciplinas que se han interesado en el "mismo problema de investigación".

La finalidad de estas prácticas es la de crear estándares desde diferentes campos de investigación para presentar una visión dominante sobre el problema basada especialmente en la simulación numérica y que sea difícilmente cuestionada por otras visiones, dada la movilización de aliados (Latour, 1994). Parte de estos estudios, como hemos visto, señalan la importancia de las actividades realizadas por expertos respecto a un "objeto científico", la atmósfera. Pero, la cantidad de elementos que dependen de los conocimientos de unos y otros - expertos y no- expertos -, nos invitar a pensar que la atmósfera de la que se habla en el texto de Miller (2004), no será la misma a la que se refieren Sundberg (2009; 2011) o Jassanoff (2014) y, como veremos en el capítulo empírico, estas descripciones distan bastante de la que yo intenté elaborar mediante esta investigación. Así, haré una reconstrucción de algunos elementos relevantes sobre temas relacionados con la producción de la experticia, especialmente, aquellos que hacen referencia precisamente a las prácticas de quienes construyen hechos científicos.

2. Dos ámbitos en el estudio de las experticias desde los Estudios Sociales de la Ciencia.

La experticia, lejos de ser un don otorgado a un grupo de personas capaces de establecer qué leyes universales son las que rigen y condicionan un fenómeno natural, responde más bien a la dedicación que ciertos individuos o colectivos están dispuestos a invertir en un tema específico que han considerado relevante, de acuerdo muchas veces, con sus propios intereses - individuales y/o colectivos. Como veremos, las prácticas que se desarrollen sobre ciertos temas pueden entenderse desde diferentes enfoques, por un lado, desde un ámbito normativo que hace referencia al "deber ser" de un experto. Y por otro lado considerando la producción de experticia como actividades situadas, que responden a todo tipo de contingencias y que pueden resultar más o menos estables según cada situación particular, en este ámbito se resalta la materialidad de dichas actividades.

Dentro de los Estudios Sociales de la Ciencia han proliferado una cantidad significativa de discusiones acerca del tema de las experticias. Se han producido, en este sentido, diversos elementos que han intentado comprender las relaciones complejas entre actores-humanos y no-humanos en disputas sobre diversos temas que en una gran proporción corresponden a tensiones de poder, entre actores heterogéneos.

Una primera mirada que se hace casi obligatoria para tratar este tema tiene que ver con elementos como el uso de un lenguaje común – indispensable para poder comunicarse entre colegas – mientras se adhieren a un colectivo de pensamiento (Fleck, 1986) o paradigma (Kuhn, 1971), que les proporciona la autoridad necesaria para establecer enunciados y juicios sobre la naturaleza de un fenómeno. Esto a su vez deslegitima el conocimiento que otros actores, ajenos a aquellos reducidos grupos, puedan llegar a elaborar sobre un suceso, fenómeno o problema que los afecta. El conocimiento situado (Foller, 2002), por su parte, hace referencia a esas prácticas que individuos o colectivos adoptan como propias para asumir e interpretar las realidades que les rodean. En su artículo, Foller (2002) describe cómo científicos de la salud y parteras tradicionales del Amazonas conviven en un universo de conocimientos, representaciones y prácticas para abordar situaciones sociales en el campo de la medicina. Así, las prácticas de parto

llevadas a cabo por mujeres de la comunidad indígena descrita adquieren nuevas y situadas maneras, una vez han entrado en contacto con la medicina occidental: tijeras, asepsia, y medicamentos farmacéuticos hacen ahora parte de la "selva", no sólo respecto a las prácticas de estas mujeres en la actividad del parto, sino también en el estatus social que su utilización les puede brindar. Por otro lado, los médicos occidentales que han llegado a hacer investigaciones en esta comunidad han introducido a su "recetario" plantas, infusiones y otros elementos al tratamiento de enfermedades a partir de las experiencias compartidas con la comunidad. La experticia aquí es construida a partir de una transmisión de conocimientos entre diferentes culturas científicas y sus prácticas se adaptan al espacio y al tiempo en el que son ejecutadas. En adelante veremos cómo diferentes grupos sociales no solo comparten elementos propios de sus respectivas culturas, sino que entran a dialogar en la construcción de hechos, produciendo situaciones en las que la autoridad de unos grupos se puede sobreponer a otros que carecen de ella, o por lo menos de su construcción. Muchos de estos casos y controversias, se dan en la definición del riesgo y su relación con grupos de personas específicos. La experticia, así, se ha vinculado de manera simbiótica en los últimos tiempos a la concepción del riesgo como elemento coproductor de las sociedades modernas. En su momento, el sociólogo Ulrich Beck (1998) sustituyó problemáticas como la pobreza, el trabajo, las clases sociales, entre otras, que buscaban explicar el cambio social hasta la primera mitad del siglo XX, por las de producción, definición y reparto de riesgos generados en gran parte por el desarrollo técnico científico y relacionado directamente con eventos específicos como la explosión de la planta nuclear en Chernóbil y las bombas atómicas de Hiroshima y Nagasaki. A estos eventos se han sumado otros, como el calentamiento global, el agujero en la capa de ozono, la infertilidad de los suelos para cultivar alimentos, etc., que construyen una idea sobre la "democratización del riesgo", que implicaría que ningún ser humano, en ninguna parte del mundo, estaría a salvo de las diferentes amenazas. Sin embargo, todos los peligros enunciados, para Beck, producen un "efecto boomerang" según el cual, en algún punto, los productores de la gran mayoría de estos peligros - industria y ciencia - encuentran, gracias a sus habilidades (experticia), las formas de mitigar y protegerse de dichas amenazas. La sociedad del riesgo se ampara entonces en una "modernidad reflexiva" en la que la experticia de las comunidades científicas salvará al planeta, no solo de los peligros que ellas mismas han generado, sino de otros que están presentes en la naturaleza. En la sociedad del riesgo descrita por Beck

(1998) y, en parte también por Giddens (2002), la preocupación medioambiental contemporánea es entendida a partir de la pregunta por quién controla nuestra seguridad y regula los riesgos en nuestro nombre. El problema es la falta de poder y control del ciudadano (Yearly, 2005).

La producción del riesgo en Beck parece ser lineal, unidireccional y, en algunos casos, provocada por descuidos humanos en la operación de tecnologías de alto riesgo, dejando afuera la posibilidad de analizar la producción social y cultural del riesgo (Douglas & Wildavsky, 1982) y los efectos que ha generado en diferentes esferas, como las ganancias económicas de las compañías de seguros en todo el mundo o la aparición de nuevos riesgos a partir de intentos por mitigar o combatir algunos supuestamente mayores, o la consolidación de procesos como los de los Estados-nación a partir de su obsesión por la vigilancia y el control.

En relación a estos temas, Brian Wynne (2004) ha señalado algunos de los inconvenientes teóricos y prácticos de los planteamientos de Beck y Giddens respecto al tratamiento del riesgo y la experticia en términos de modernidad y posmodernidad. Entre otros, uno de los mayores problemas está relacionado con los públicos "legos" y la confianza de estos en relación con las comunidades "expertas". Algunos procesos se dan por sentados, al encontrarnos con comunidades "no-expertas" que no reflexionan sobre las actividades científicas mientras depositan su confianza en ellas de acuerdo con una elección racional. Según Wynne, en los análisis de Beck y Giddens el foco recae sobre los productos finales del conocimiento, es decir los producidos por científicos, ignorando en cierta medida el enfoque cultural/hermenéutico de la experticia, lo que en palabras de Kuhn (1971) sería la construcción de paradigmas científicos.

En un sentido contrario a las ideas "realistas" de Beck y Giddens, Brian Wynne (2004) describe las maneras en las que expertos y no-expertos no logran tener relaciones de confianza en el tratamiento de un problema que afecta a una comunidad. Se trata del caso en el que la comunidad científica juzga la naturaleza de los inconvenientes de los niveles de contaminación emitidos a partir del mayor accidente nuclear, hasta entonces registrado, en la planta nuclear de Chernóbil de la antigua URSS, por un lado, y la radiación emitida por la planta nuclear de Sellafield, por el otro. En el estudio de esta

controversia vemos las situaciones que enfrentaron los granjeros que tuvieron que alterar sus prácticas de pastoreo debido, no solo a la presencia de una nube cargada de radiación, proveniente de la explosión de uno de los núcleos de la planta de Chernóbil, que repercutió en altos niveles de cesio y otros contaminantes en las ovejas, sino a las conclusiones emitidas por los expertos encargados de monitorear la amenaza nuclear. En un principio, las autoridades gubernamentales, a través de entidades ambientales y de salud, señalaron que los niveles de contaminación no representaban peligro para el consumo de las ovejas por parte de los humanos, y, en segundo lugar, que estos niveles pronto disminuirían hasta desaparecer debido a la naturaleza misma del contaminante. Pero lo que sucedió fue que los niveles siguieron aumentando hasta ser catalogados como peligrosos, recomendando que las ovejas no podrían ser consumidas, y que los granjeros deberían posponer la venta hasta que los niveles volvieran a ser "normales", lo que no ocurrió, ni siquiera a dos años del incidente.

Los "expertos" en ovejas, es decir, los granjeros, se quejaron de las prácticas de los científicos para tomar las muestras y no entienden por qué algunas fueron recogidas con mayor rigurosidad que otras, mientras concluían anticipadamente lo que debía o no hacerse con los animales. Además de ello, estos granjeros sienten desconfianza respecto a las competencias de los científicos en temas de agricultura, pues estos últimos hacen sugerencias sobre prácticas de pastoreo que van en contravía del marco de referencia que los granjeros han adquirido durante toda su vida, tales como los periodos de mercado -que incluyen las edades adecuadas a las cuales las ovejas deben ser vendidas-, el recorrido entre tierras altas y bajas para aprovechar el pasto, entre otras que fueron ignoradas por los científicos. Un último elemento entra en juego cuando los granjeros traen a la discusión la presencia de la planta de Sellafield, que años atrás había sufrido un accidente, liberando al ambiente ciertos contaminantes parecidos a los de Chernóbil. La posibilidad fue en primera instancia negada con arrogancia por parte de los expertos y las autoridades. Dicho accidente no tuvo mayor difusión en medios de comunicación y sus peligros nunca fueron registrados por muestras ni estudios de contaminantes. Así, ciencia, política y burocracia pierden rápidamente sus contornos en la construcción de hechos, y la conveniencia para unos y otros se ve reflejada en la forma en las que éstos son comunicados y el cuidado con el que se incluyen, o no, a los públicos. Aunque para Collins & Pinch (2002), en este caso, no debe hacerse un juicio sobre alianzas oscuras del

gobierno con los expertos, en tanto que estos están tratando de responder de la manera más prudente posible a una crisis, evitando hacer un llamado el pánico dentro de la población británica, si se reconoce que de haber tomado en serio la participación de los públicos o, más específicamente, a los granjeros, ambos grupos - científicos y granjeros - hubieran podido aprender conjuntamente como hacer frente a la situación.

En consecuencia, y según este enfoque, una persona experta se definirá y encontrará su posición en una controversia, no solo gracias a sus conocimientos, sino también en relación a qué grupo/colectivo de pensamiento está adherido, a los objetos materiales que utiliza para la interpretación del suceso en disputa o de interés, la orientación de sus intereses y de quienes le rodean. En este sentido, O'Connell (1993) analiza desde una perspectiva histórica la construcción de estándares a través de objetos y símbolos que responden a los intereses de diferentes sociedades científicas, o lo que él llama colectivos materiales - tomando como referencia los colectivos de pensamiento de Fleck (1986). - En su estudio, se describe cómo en algunos casos los estándares responden a diferentes eventualidades, algunas más o menos relacionadas con la precisión, la coherencia y eficiencia, mientras otros se construyen a partir arbitrariedades, por ejemplo, conflictos de nacionalidad (ser un ingeniero británico al que se le sugiere que adopte un modelo alemán para definir características de la energía eléctrica).

La metrología, para O'Connel, se materializa en instituciones que definen objetos que deben ser considerados para la realización de experimentos en cualquier campo de la ciencia, como ya lo señaló Miller (2004) en la sección anterior. Sin embargo, las contradicciones aparecen debido a la dificultad por encerrar en una definición la complejidad de cualquier fenómeno que se intente estudiar. Así, aunque autoridades como la National Institute for Standards and Technology, NIST, y otras, elaboren constantemente las exigencias que los laboratorios e investigadores deben considerar para sus trabajos, en la práctica, cada investigador en cualquier laboratorio del mundo se ve enfrentado a un sin límite de situaciones que desborda las definiciones de los estándares y por tanto son constantemente negociadas según intereses colectivos o particulares en actividades tan banales como la manipulación y calibración de instrumentos, el tipo de materiales utilizados, entre otras.

Por su parte, los *legos* descritos por Wynne (2004) suelen verse enfrentados a grandes ensamblajes en los que estar adscrito a la Ciencia – con C mayúscula – parece bastar para legitimar otro tipo de apreciaciones e interpretaciones sobre las realidades con/en las que viven aquellos actores no-científicos. Tal como lo ha señalado Theodore Porter (1995), "Idealmente, la experticia debe ser mecanizada y objetiva. Debe estar bien sustentada en técnicas específicas sancionadas por un cuerpo de especialistas [...]". Así pues, el trabajo manual, artesanal si se quiere, está presente en la construcción de la realidad y por su puesto de la verdad aclamada por los científicos en cada una de sus disciplinas. La objetividad científica – siguiendo con Porter (1995) – proporciona una respuesta a las exigencias morales de imparcialidad y equidad, a través de la cuantificación que, a su vez, permite a expertos tomar decisiones sin que parezca que éstas están mediadas por algún tipo de interés.

Un trabajo, muy cercano a la relación experticia-riesgo-meteorología, es el de Ignacio Farías (2014), quien lleva a cabo un análisis sobre una alerta que puede, o no, funcionar en un momento dado, según lo que diversos actores esperan de ella. Para el autor, lo ocurrido en Chile en febrero de 2010 respecto a las catástrofes ocasionadas por un tsunami, tiene que ver con una compleja serie de circunstancias en las que interactuaron datos, dispositivos, entidades científicas, autoridades gubernamentales y civiles. Se trata de una alerta que se quedó atrapada entre las negociaciones y traducciones por parte de diferentes actores sobre una serie de datos obtenidos luego del temblor que sacudió la costa chilena en la madrugada del 25 de febrero. Para el autor cobra relevancia el concepto de ontologías múltiples de Annemarie Mol (2003) en tanto que el diagnóstico de las probabilidades de estar ante la presencia de un tsunami y sus consecuencias, son constantemente negociadas entre diversos saberes y actores. Mientras que para miembros de una institución estaba claro que el epicentro del terremoto, uno de los principales causantes de tsunami establecidos por la comunidad científica, no estaba lo suficientemente lejos de la costa como para alertar a una gran parte de la población costera, para otros actores, la intensidad del terremoto debía ser considerada altamente peligrosa y potencial causa de tsunami en el Océano Pacífico. La descripción del autor nos permite evidenciar la cantidad de circunstancias, enunciados, comunicaciones, contextos, instrumentos, etc., que, en menos de una hora, luego del terremoto, estuvieron en juego

para que se decidiera finalmente no dar el aviso de alerta y la orden de evacuación de las poblaciones en riesgo.

A partir de los estudios de controversias y la creación de objetos científico-técnicos, han surgido diversas preguntas acerca del tratamiento del análisis en las tensiones que nos lleva a pensar se trata de diferentes clases de expertica. ¿Qué hace que una persona sea experta?, ¿qué tanto deben influir los públicos no-científicos en la producción de objetos científico- técnicos?, ¿de qué manera debería darse un diálogo entre diferentes actores para resolver una controversia? Algunos enfoques acerca de estas preguntas señalan que la formación de la experticia puede darse a través de 1) la afiliación a un paradigma científico (Kuhn, 1971) o estilo de pensamiento (Fleck, 1986), 2) la utilización de un lenguaje que, a su vez, es acompañado del uso estándares que normalizan un objeto de estudio, 3) la interacción con objetos (actores no-humanos) en la elaboración del hecho científico y 4) la movilización de aliados - humanos y no- humanos - que reforzarán los argumentos construidos sobre cualquier tema.

El curioso fenómeno que da como resultado esta producción de hechos científicos es que los lugares en los que se producen, los instrumentos utilizados e incluso la voz del investigador desaparecen para no dejar rastro alguno de subjetividad en la investigación. Así, Gieryn (2002) "[...] concluye que todas las afirmaciones de conocimiento científico se originan en algún lugar y vienen de allí. Sin embargo, a medida que se convierten en verdad, estas afirmaciones pierden las circunstancias eventuales de su creación y se convierten en trascendentales (presumiblemente ciertas en todas partes, supuestamente sin un lugar de origen o sitio particular)" (Escobar, Polo, Carreño, & Jiménez, 2016). No obstante, aún nos haría falta algo de la reflexión sobre la influencia o participación de los públicos legos en la producción científico-técnica. Al respecto, autores como Collins & Evans (2002) han sugerido que la experticia tiene ciertos niveles que son posibles de identificar siguiendo las prácticas de los actores que "habitan" el campo científico. Para estos autores de acuerdo con nivel en el que se puedan hallar, ciertos actores podrán, o no, participar de la creación de hechos científicos. La experticia de contribución (*contributory expertise*) hará referencia al nivel en el que personas tienen la capacidad de participar activamente en la creación y coproducción del hecho mismo. Por su parte la experticia de interacción (*interactional expertise*) será el conjunto de personas que son

capaces de hablar con cierta propiedad sobre un tema en específico de alguno de los campos científicos, aunque su participación deberá limitarse a la discusión política y no a la creación de hechos científicos. Por último, la experticia de referencia (*referred expertise*) será ganada por aquellos que sean capaces de aplicar sus habilidades y conocimientos en un campo científico diferente al propio. Como lo ha señalado Ribeiro & Lima (2016), estos planteamientos teóricos-normativos del conocimiento científico han recibido múltiples y numerosas críticas por parte de otros autores de los Estudios Sociales de la Ciencia (Wynne, 2003; Jasanoff, 2003; Rip, 2003), entre otras cosas por reducir a un problema epistemológico los asuntos relacionados con la participación de los públicos, a quienes se les da, según esta visión, el "derecho en la participación" política sobre hechos tecnocientíficos. Así, el lenguaje y la fluidez con la que los actores sean capaces de hablar dentro de un campo, estarán en el centro del análisis de la experticia desde esta perspectiva. Lo que sugiero aquí, de acuerdo con Ribieiro & Lima (2016), es que tanto el lenguaje con el que hablan las ciencias, como las actividades en los lugares en los que se produce conocimiento, terminan por ser ellos mismos objetos políticos cuyos intereses no pueden separarse del resto de actividades de la vida social.

En conclusión a esta sección, me gustaría señalar que el estudio de las experticias y las formas de producción de conocimiento deben ser comprendidas en diferentes ámbitos, si se quiere. Por un lado, está el ámbito *normativo*, que suele corresponder con las nociones clásicas de la Sociología de la Ciencia de Robert Merton (1977 [1973]) sobre el deber ser y el *ethos científico.* De igual manera aquí podríamos ubicar nociones posteriores como los *paradigmas* de Kuhn o *Estilos de Pensamiento* de Fleck, y las clasificaciones de la experticia de Harry Collins. Lo que tienen en común estas postulaciones es que producen un imaginario de lo que es o debería ser un experto a partir de una lista de elementos que se cumplen en mayor o menor medida. Estas nociones tienden a desconocer experticias no-científicas y su papel en la producción de conocimiento, además de agudizar las asimetrías que de por sí ya estaban presente en los estudios sobre controversias entre los llamados saberes legos y expertos.

Un ámbito quizá más interesante en el que podemos ubicar este tipo de discusiones es el *material.* Este hace referencia a la producción de conocimiento a partir de una cantidad importante de contingencias y subjetividades en la que se encuentran actores humanos y

no-humanos. Aquí el objeto de interés o de estudio no es una entidad que está afuera en estado salvaje y que el experto debe descubrir y clasificar, sino que objeto e investigador se coproducen, según la visión de Jasanoff. El conocimiento entonces se crea a partir de prácticas situadas, según los intereses particulares de grupos o individuos que ejecutan todo tipo de tareas durante un periodo determinado. En la siguiente sección, abordaré con mayor detalle algunos de los elementos del ámbito material en un lugar que estará directamente relacionado con el objeto de estudio de esta investigación, los espacios de enseñanza.

3. Interacción y materialidades: el salón de clases

En la construcción de la experticia, los procesos de enseñanza/aprendizaje han permitido a diferentes disciplinas científicas mantener su fuerza en la producción y reproducción de actividades e ideas que son utilizadas para representar e interpretar el mundo en el que existimos. Como ya se ha mencionado, gran parte de los Estudios Sociales de la Ciencia han fijado su mirada en las prácticas científicas en el momento y lugar de su elaboración, es decir, en los laboratorios, ya sean aquellas construcciones herméticas alejadas del resto de la vida social, o aquellos que han sido puestos en el exterior para combatir enfermedades en el espacio en el que se manifiestan (Latour, 1992). Sin embargo, la construcción del conocimiento científico no es agotada por el estudio de laboratorios ni de controversias entre expertos y legos en los lugares donde la "ciencia en acción" parece ser más evidente. En este trabajo propongo mover el lugar de esos análisis a los salones de clases de ciencias, donde las experticias dan lugar a otro tipo de interacciones en el que aquellos fenómenos que son producidos adquieren materialidad. En el libro de Kress G. et al. (2001) *Multimodal Teaching and Learning, the rhetorics of science classroom*, los autores señalan que el aprendizaje no puede ser tratado como un proceso que depende exclusivamente del lenguaje, ni siquiera de manera central. En su lugar, proponen un enfoque multimodal en el que sean incluidas las diferentes prácticas y actividades de la vida social. En cierta medida se trata de alejarse de los enfoques que estudian la pedagogía y las prácticas de enseñanza que reducen las discusiones a cuestiones básicas del lenguaje.

Algunos estudios sobre educación han realizado diferentes contribuciones para comprender las interacciones en los procesos de enseñanza y aprendizaje en ciencias, en otras palabras, en la formación de expertos. Según Roehl (2012b), algunos enfoques etnográficos han fijado su mirada en las interacciones entre estudiantes y maestros como punto central del análisis de las dimensiones simbólicas de la comunicación en el aprendizaje (Hammersley 1990; Hatton 1988; Vanderstraeten 2001), dejando por fuera la materialidad presente en la interacción con objetos, instrumentos y otros dispositivos. Mientras tanto, otros autores, asegura Roehl, han reconocido la importancia de la

espacialidad y la construcción situada de las clases, abriendo lugar al análisis del rol que ocupan objetos como el tablero para las instrucciones que se dan al interior de estos espacios (Macbeth 1994). Sin embargo, una visión en la que los objetos se reduzcan a herramientas a través de las cuales se hace posible la interacción, no permitiría ver con claridad que ellos mismos están haciendo parte de la co-producción de acciones sociales. Para este autor, siguiendo la Teoría del Actor Red los objetos pueden ser descritos como verdaderas entidades capaces participar activamente en la construcción de hechos sociales, como las lecciones de matemáticas, por ejemplo, y otros lugares en la enseñanza. El análisis de un programa de computador (software) para la enseñanza de las matemáticas en cualquier curso, podría decirnos cómo se afecta el tradicional "paso a paso" que ha acompañado el desarrollo de una cantidad infinita de problemas aritméticos y de otra naturaleza. Así, los estudiantes no estarán solo preocupados por resolver el problema planteado por su maestro, sino que el software los obligará a ser cuidadosos con la manera en la que introduce la ecuación, seguir las instrucciones técnicas del programa y otras actividades que podrían alejarse de los procesos tradicionales en matemáticas. Los espacios, entonces, están habitados por actores humanos y no-humanos y será en los momentos de interacción entre ellos, en los que la enseñanza se materializa. Estudios como el de Tobias Roehl (2012a), dan cuenta de las formas en las que ideas sobre ciencia adquieren materialidad en las interacciones entre maestros, alumnos, materiales de laboratorio, tableros, números y otros actores dentro de un salón de clase. Se trata de prácticas situadas que responden a formas específicas (*performance*) utilizadas por estudiantes y maestros, interactuando también con objetos materiales y a través de los cuales pueden llegar a verse afectados. Por un lado, los objetos epistémicos[2] utilizados en la enseñanza de las ciencias sufren diversos y muy particulares cambios durante las diferentes interacciones. Por el otro, estudiantes y maestros son afectados por aquellos objetos desde el modo en la que sus manos los manipulan, hasta las formas lingüísticas en las que se refieren a ellos. Para este autor, la enseñanza científica en las escuelas puede ser divida en dos formas performativas situadas. La primera, la del experimento en el laboratorio y la segunda, a través de la escritura de enunciados utilizando el tablero. Respecto al laboratorio, Roehl (2012a) señalará que se trata de una

[2] Ver Rheinberger (1997). En un sentido similar al *epistemic thing* descrito por Sundberg (2009). En este caso, vendría de la traducción de *epistemic object* o *knowledge*, que hará referencia a una idea que es formulada en abstracto sobre algún tema o fenómeno y se materializa a través de símbolos u objetos que responden al sentido de esa idea.

configuración especial, creada intencionalmente separada del resto de la escuela. Allí, los experimentos deben ser introducidos verbalmente por el maestro, anunciando lo que va a suceder y qué leyes o fenómenos de la naturaleza se van a manifestar en el lugar. Los estudiantes por su parte son testigos del suceso, y deben prestar especial atención a las indicaciones que se les da sobre lo que es o no relevante para el experimento, antes, durante y después de que este aparece en el escenario.

Para Tobias Roehl, es necesario que los ojos, oídos y manos de los estudiantes estén disciplinados y sepan responder a cada situación dentro del laboratorio. En primer lugar, sus ojos deben saber a qué prestar atención en el momento de la demostración que realiza el maestro. Luego, sus manos deben saber cómo manipular ciertos objetos cuando se les solicita replicar un experimento consignado en una guía. El maestro está representando de alguna manera - la que él aprendió a hacer - fenómenos naturales u objetos científicos a través de prácticas cotidianas; está formando nuevos expertos que también serán capaces de representar e interpretar hechos científicos.

Es claro que, en la enseñanza de las ciencias modernas, el laboratorio se ha convertido en uno de los lugares obligatorios para la formación de nuevos expertos y expertas en diferentes disciplinas. El estudio de Escobar, Polo, Carreño y Jiménez (2016) describe con detalle la relevancia de las materialidades de estos espacios tanto para la creación de conocimiento científico, como para la construcción de identidad de cada uno de los actores que desempeñan diferentes actividades allí dentro. Las condiciones socio-materiales de la creación de conocimientos, señalan las autoras, influye significativamente en las habilidades que deben desarrollar los investigadores dentro del laboratorio, incluidas la reconfiguración de acciones con los objetos del mismo, el reciclaje de instrumentos, y diversos niveles de cooperación entre colegas. El análisis fue realizado en tres laboratorios de la Universidad del Atlántico (Colombia) y debido a sus características, han sido definidos como laboratorios de pequeñas dimensiones, ubicados en la "periferia de la periferia" en relación con otros laboratorios de otras ciudades y otros países. Aquí, la imagen de la enseñanza de ciencias en laboratorios sofisticados, con los mejores equipos y disposición de sus funcionarios se pierde rápidamente entre "[...] mecheros artesanales, ollas de cocina, instrumentos guardados en cajas de zapatos y secados con secadores de pelo" (Escobar, Polo, Carreño y Jiménez, 2016), con los que se

realizan diferentes actividades y, de cierto modo, se construye conocimiento. En este sentido, resultaría fácil describir una relación desigual desde el punto de vista centro/periferia o Norte/Sur, que algunos autores han señalado para el desarrollo de las ciencias en diferentes disciplinas, sin embargo, el estudio demuestra una dislocación en este tipo de relaciones, pues las prácticas cotidianas situadas y localizadas, como la cantidad de gestiones administrativas que deben hacer los funcionarios del laboratorio para que este se mantenga en sus condiciones básicas, priman sobre las ideas en las que "[...] la división internacional del trabajo científico condena a los laboratorios periféricos a servir de escenarios de muestreo, colecta o producción de conocimientos bajo encargo" (Ibíd). De hecho, el estudio señala que muchas veces los laboratorios se niegan a recibir a investigadores extranjeros por la vergüenza que sienten por las condiciones "no apropiadas" para la práctica científica. Tenemos, por tanto, que los objetivos de enseñar y aprender se materializan en espacios que se han definido para ello. Como ya se ha señalado, tanto el laboratorio como el salón de clase poseen otro espacio y otro tiempo lejos del resto de la cotidianidad de los actores y que hacen que las actividades que allí se realicen otorguen criterios de verdad sobre diferentes realidades, relacionadas especialmente con las ciencias.

Por su parte, Santiago Martínez (2016) describe el anfiteatro como uno de esos espacios en los que la enseñanza médica es realizada a partir de objetos, cuerpos en conservación, libros y los ojos y las manos de los estudiantes, entre otros. Su interés particular es seguir las formas en las que es aprendida la arteria carótida como entidad de los cuerpos humanos, fijándose sobre todo en las prácticas dentro del anfiteatro. Para este autor, "En el contexto de la enseñanza, las prácticas tienden a ser más detalladas y lentas [...]" (Martínez 2016) y allí es posible percibir la aparición de aquellas entidades de maneras que en otros lugares no se hacen tan evidentes. Esto sin embargo debe advertir que posiblemente no se trate de las mismas entidades, pues la arteria carótida no se hace del mismo modo en una sala de quirófano a como se hace en el espacio de aprendizaje, cada espacio contiene prácticas y tiempos muy específicos, teniendo en cuenta además que un cuerpo en conservación nunca va a ser igual a uno vivo, ni un vivo igual a otro vivo, ni el del libro igual al conservado, ni este último con otro recién puesto en formol. Cualquiera de estas combinaciones, y es quizás una de las conclusiones más interesantes del artículo, tiene como punto en común las prácticas de tocar, seguir con ojos y manos, palpar si está

vivo o apretar si está muerto, entre otras actividades que se enfrentan a un sin fin de actores heterogéneos. El cuerpo humano no es uno solo y esto se aprende en el anfiteatro, con las manos, los libros y los cuerpos sobre la mesa de disección. Los ojos de los estudiantes, bien disciplinados (Roehl, 2012a) comparan el libro con lo que sus manos van persiguiendo en el cuerpo para que pueda aparecer la arteria carótida, que sin embargo no aparecerá de la misma forma el día de su primera cirugía.

Actores humanos y no-humanos hacen del salón de clase y los laboratorios, espacios con características específicas en cada interacción, esto quiere decir que nunca una clase será igual a otra, más allá de que se utilicen los mismos objetos, esté presente el mismo maestro y la audiencia sea la misma. En este sentido, la enseñanza de las matemáticas como proceso en la formación de experticia en ciencias contiene un tipo de materialidades y prácticas muy particulares que han sido descritas por diferentes autores (Scoenfeld, (1998); Fetzer, (2009); Roth (2012), entre otros). Para Barany & Mckenzie (2014) la tiza y el tablero han jugado un papel fundamental en la historia y las prácticas de enseñanza e investigación de las matemáticas. No importa si se trata del escenario más abstracto y complejo del universo de la investigación matemática, siempre se hace necesario el regreso a esta materialización de conceptos a través de la tiza y el tablero. En la práctica, las matemáticas son un campo altamente fragmentado. Según el análisis de los autores, en eventos como seminarios de matemáticas, la comunicación no necesariamente significa co-entendimiento (*co-understanding*) entre los asistentes y los expositores. Lo que hay es un seguimiento de los argumentos expuestos que estarán mediados por los intereses particulares de cada asistente. Es decir, existen lugares comunes entre los expositores y la audiencia que son seguidos a lo largo de la conferencia por estos últimos, sin embargo, el interés principal es el de compartir los temas de investigación más que darlos a entender, o puntualizar sobre los detalles de los mismos, tarea que tomaría demasiado tiempo. Rara vez, señalan Barany y Mckenzie, la audiencia se ha preparado previamente para escuchar el tema del seminario, más bien asisten con un desconocimiento parcial o total de los temas del expositor. En estas interacciones, los seminarios y la charla van siempre acompañados por inscripciones en el tablero que han sido desarrolladas durante años de práctica en la docencia y por lo que resulta ser un recurso frecuente para el diálogo entre colegas. A pesar de la combinación entre la retórica utilizada para acompañar las gráficas y procedimientos escritos en el tablero, los

asistentes raramente prestan atención a lo que está diciendo el expositor, anotando en sus libretas mayormente aquello que está siendo escrito con tiza sobre el tablero. Este último se convierte en una tecnología semiótica que funciona tanto como escenario, así como una superficie de escritura. En ocasiones solo se están escribiendo funciones y figuras matemáticas, pero en otras, se están dramatizando, transformando, interactuando y, es allí cuando el tablero se convierte en un escenario en el que pueden aparecer y desaparecer personajes según convenga para la trama.

La interacción, como vemos, viene a ser parte central para los estudios sobre la enseñanza y aprendizaje en ciencias. Ya hemos visto cómo actores humanos y no humanos conforman complejas redes en las que diferentes interacciones tienen lugar. En la mayoría de los casos parecería ser que la agencia de los primeros se hace más visible, en tanto que, en espacios como el salón o el laboratorio, son los humanos los que parecen estar interactuando entre ellos y que los objetos son solo herramientas que sirven como objeto de representación de lo que se está diciendo. El principio de simetría, con sus limitaciones, nos obligaría a describir por igual la agencia, tanto de los humanos, como la de los no-humanos. Sin embargo, como lo ha advertido con certeza Pickering (1991), este principio de simetría resulta ser idealizado, en tanto que el actor humano tiene la capacidad de reflexionar sobre el resultado de la interacción con el no-humano, y no viceversa. Una forma de ilustrarlo es pensar en los resultados arrojados por un modelo de computador que un técnico analiza, y cuyos datos no concuerdan del todo con los intereses que el técnico tiene. Este último podría ajustar, calibrar o afinar (*tuning*) el instrumento hasta poder encontrar un resultado más o menos acorde con sus intereses. Por su puesto que el modelo de computador podría hacer que se modificarán los intereses del investigador con los resultados arrojados, pero no existe en ello ninguna intencionalidad reflexiva, como si lo hay en los ajustes que nuestro científico pueda llegar a solicitar en el instrumento.

Con todo esto, sin embargo, existen momentos en los que la agencia de los objetos, o actores no-humanos, se hace más visible y evidente en procesos de enseñanza, divulgación e investigación de las ciencias. Así lo señala el estudio de Ditte Laursen (2013) quien analiza los procesos de coproducción entre actores humanos y no- humanos de interacciones en un museo en el que se exhiben muestras basadas en computadores.

Allí, la autora señala que a pesar de existir algunos libretos inscritos en los objetos para que los asistentes puedan llevar a cabo ciertas actividades con ellos, estos libretos son resignificados y modificados en la práctica dependiendo el grupo de edad al que pertenezcan los participantes. Por un lado, cuando una atracción ha sido diseñada para que los participantes trabajen en equipo o generar en colaboración entre ellos para cumplir tareas, lo asistentes adultos suelen interpretar estas tareas individualmente, así como la ejecución parcial, casi nunca completa de la misma. Puede que estén simultáneamente participando, pero la colaboración para conseguir una meta conjunta no se hace presente en muchas de las muestras de los museos en este grupo etario. Por otra parte, los grupos de asistentes en edad escolar se muestran más receptivos a interactuar con las atracciones y completar las tareas en su totalidad siguiendo, desde su perspectiva, las instrucciones que se dan por parte de los instrumentos. Los conceptos de programas y anti-programas de acción descritos por Latour (1992) serán entonces fundamentales para describir de manera más o menos acertada la interacción entre actores humanos y no-humanos. Estos conceptos pueden ser definidos como los libretos creados para el uso de objetos por parte de sus diseñadores, en otras palabras, se trata de las funciones que se espera cumplan los objetos, además de los pasos a seguir para el buen funcionamiento de estos. Por su parte, tal como lo señaló Laursen (2013), los individuos o colectivos pueden reinterpretar estos pasos e instrucciones y re-significar los objetos mismos, así tenemos los anti-programas. Ahora veremos estos y otros conceptos desarrollados por la Teoría del Actor Red que servirán para comprender el marco de referencia bajo el cual se ha construido esta interacción.

Finalmente, la *materialidad* para el caso de este estudio tendrá en cuenta las recomendaciones hechas al respecto por Sørensen (2009), quien la entiende como *formaciones espaciales* que permiten el enrolamiento de actores humanos y no-humanos para el reordenamiento de posibilidades que permiten cumplir los objetivos planteados por la enseñanza de una disciplina particular. Estas posibilidades crean *formas de presencia* y aunque es posible que puedan generar patrones perceptibles en las prácticas educativas, estos no son estables ni definitivos y es necesario prestar atención a los detalles que permiten entender que cada situación de aprendizaje es diferente y crea siempre resultados diferentes (Sørensen, 2009). Esta visión, nos permite resaltar el papel de las interacciones entre diferentes actores (humanos y no-humanos) para dar sentido

a situaciones que tienen un lugar y tiempo específicos. En este sentido, tendremos que lo material, es decir, aquello que puede decirse se ha desprendido de toda "humanidad", no tiene por sí mismo el carácter de representación o sentido. Solo en su interacción con intenciones humanas, adquiere estas características. Así, la materialidad de la atmósfera a través del tablero solo podrá aparecer cuando los elementos puestos en él, en el momento indicado, y en relación con las intenciones de los humanos con los que interactúa, están alineadas para que la entidad *atmósfera* aparezca allí. Un poco, lo que trato de decir, es que la *materialidad* puede ir más allá de la mera *representación*, pues esta última tiende a evocar una relación más estrecha con un realismo que resulta ser inagotable. Por su parte, la materialidad junta tantos elementos como le es posible, entre ideas abstractas y los *objetos epistémicos* con los que se dotan de sentido dichas ideas, para que la tensión entre *realismo* y *representación* deje de importar en los momentos en los que atmósfera hace presencia. Quizás es en este sentido, en el que el estudio de la atmósfera incluye cada vez más elementos para intentar dar materialidad a una entidad tan etérea, incontrolable e impredecible. El marcador no solo está trayéndonos una representación de la velocidad del viento, sino que nos está describiendo cómo se comporta el viento, hacía donde podría ir y cómo podría cambiar. El marcador está, ciertamente produciendo la atmósfera.

4. El enfoque: Teoría del Actor Red y otros complementos

El espectro de perspectivas disponibles para tratar temas relacionados con procesos de enseñanza y aprendizaje es bastante amplio, fructífero y transversal a diferentes disciplinas. Los planteamientos teóricos que se han preguntado desde la pedagogía sobre las interacciones dentro del salón de clase suelen ser dirigidos por los maestros y psicólogos, buscando resolver cuestiones relacionadas con el comportamiento, objetos epistémicos y las formas en que los estudiantes las aprenden. Gran parte de estos estudios toman como referencia principal aspectos cognitivos de los involucrados en las interacciones. Sin embargo, las categorías elaboradas por este tipo de perspectivas se alejan bastante del interés de este trabajo, que en últimas lo que busca es describir en detalle, en lugar de generalizar, las prácticas de un lugar y un momento bastante específico, es decir, lo que ocurrió en las sesiones de los cursos de Meteorología Dinámica y Meteorología General durante un semestre. De entrada, es problemático sugerir que se va a describir lo que ocurrió, cuando sería mejor confesar que lo que estoy aquí elaborando es una versión muy personal de elementos que llamaron mi atención y que encontré conveniente describir en este texto para elaborar mi relato. Lo cierto es que la exploración teórica realizada para este fin me ha sugerido tomar como referencia, más que las categorías, algunos elementos metodológicos de tres líneas que pueden llegar a dar un poco más de coherencia a mis traducciones hechas sobre las realidades vividas dentro del salón de clases.

Dentro de un grupo de teorías que resaltan la importancia de las descripción en su estado más puro y fiel posible - curiosamente esto significa reconocer que la descripción, inevitablemente, estará mediada por la subjetividad del investigador -, he decidido tomar elementos de la Teoría del Actor Red (Callon, 1986; Latour, 2008; Law, 2012 y otros) además de algunos de los puntos de análisis que ya he señalado a lo largo de este capítulo respecto a la experticia, las materialidades y las interacciones en el salón de clases. Adicionalmente, reconociendo que la Teoría del Actor Red no busca ser un planteamiento que lo explica todo desde un perspectiva estructuralista o funcionalista, sino que es en sí misma constructivista-relativista, he intentado acá adicionar algunos elementos del Análisis de la Conversación (Sacks, 1984) y la etnometodología (Garfinkel, 2006). Antes de describir estos dos enfoques, me gustaría agregar un par de comentarios sobre una

analogía que me ayudaría a construir el cuerpo teórico para este trabajo y que ha sido tomada del desarrollo y utilización de *software* frecuente en nuestros tiempos desde hace mucho. Para aclarar este punto, piénsese en un programa (*software*) instalado en un ordenador, terminal, computador, o como se quiera llamar. Un navegador como Internet Explorer, Google Chrome, Mozilla Firefox, Opera, entre otros es uno de los ejemplos más cotidianos hoy en día de eso que conocemos como programas o *software*. Cada uno de ellos trae un paquete de códigos básico para la operación de diferentes funciones (navegar en internet, es la más común). Sin embargo, las mismas empresas o actores externos a ellas han desarrollado programaciones para estos *softwares* que son conocidos como "complementos" o "*plugins*" para extender o actualizar el abanico de funciones del original.

Es, más o menos, en este sentido que he querido añadir el Análisis de Conversación y la Etnometodología como "complementos" al paquete que adquirido de la Teoría del Actor Red que estará siempre en el centro del análisis. Con ello lo que espero es que se abran posibilidades de análisis, además de superar algunos obstáculos que en cualquier momento los planteamientos teóricos puedan presentar. Se trata de tomar algunas de sus herramientas para el tratamiento analítico de actores humanos y no-humanos en momentos de interacción.

Así, para comenzar, tomaré la Teoría del Actor Red (TAR o ANT en inglés) desarrollada por autores como Callon, 1986; Latour, 2008; Law, 2012 y otros), debido, en primer lugar, al interés que he tenido a lo largo de mi formación académica por el papel que desempeñan los objetos en las actividades sociales. En mi formación como sociólogo me encontré muchas veces con una obsesión epistemológica por explicar los hechos sociales como cosas, objetos o datos, haciendo referencia a que la sociología debería ser capaz de entender sus objetos de estudio como las ciencias exactas lo hacen con los suyos. La idea de ver unas ciencias sociales con la rigurosidad y objetividad de las ciencias naturales es tentadora cuando recién se llega al campo, incluso resulta cómodo no salir de allí a lo largo de la formación. Sin embargo, esta actitud académica nos estaría alejando cada vez más de la comprensión de un universo en el que el caos, las convergencias aleatorias entre diferentes actores, la complejidad de sucesos en diferentes escalas, la posible inexistencia misma de esas escalas, etc., dan forma a las actividades de todos los días, a las

instituciones que han estado en pie durante siglos y a historias donde los objetos son coprotagonistas de esos grandes logros de la humanidad.

Para la Teoría del Actor Red abordar la "sustancia" de los hechos sociales significa remitirse a su construcción, donde será posible percibir de qué están hechos, quién los construye, y por qué son, o no, tan estables (Latour, 2008). Reconocer el papel de los actores no-humanos en la construcción de estos hechos será fundamental a la hora de describir en la práctica cómo es que una idea acerca de casi cualquier cosa, especialmente en ciencias, se estabiliza y se convierte en un "hecho" firme, casi indestructible. Lo social, en la Teoría del Actor Red, deja de ser aquella entidad etérea, sin cuerpo, que actúa sobre la voluntad de las personas, tal como Durkheim (1986), señaló en su momento, para dar paso a las asociaciones entre actores humanos y no- humanos (Callon, 1986). Así veremos, por ejemplo, cómo las normas de tránsito, un medicamento, o el calentamiento global, tendrían que ser justificados una y otra vez, y otra vez indefinidamente, por cada persona que intentara evocarlos como verdad, de no ser por los "objetos" (semáforos, resultados de laboratorio, medidor de temperatura global, etc.) cuya autoridad parece ser superior a la endeble retórica de las personas. En otras palabras, si "lo social" pudiera ser definido como aquello que hace que las personas puedan vivir entre sí y para ello han necesitado construir todo tipo de reglas sobre la base de algo supuestamente superior (¿la sociedad acaso?), tenemos que preguntarnos de qué está hecho ese algo. Para la Teoría del Actor Red, no es necesario inventar ni creer en alguna entidad cuyo peso recae sobre los demás. Se trata más bien de describir y detallar las maneras que han encontrado ciertos grupos de personas, incluso individuos, para construir relatos sobre la existencia propia y de la sociedad; y para lo cual ha sido necesario delegar ciertas funciones a dispositivos y artefactos de diferente naturaleza, es decir, actores no-humanos en palabras de Bruno Latour (2008). Constituciones políticas, un colisionador de partículas, microscopios, supercomputadores, y una cantidad inimaginable de "cosas" han ayudado a construir eso que llamamos lo "social" y han justificado la producción de la burocracia, la teoría del comienzo del universo como una casualidad, la pasteurización, y el cambio climático, por nombrar algunos ejemplos. Los objetos, entonces, tendrán una especial atención en el análisis de la construcción de cualquier hecho de interés para los Estudios Sociales de la Ciencia.

De la interacción entre actores humanos y no-humanos es posible obtener una cantidad de objetos de estudio que servirán convenientemente a los intereses de expertos según dónde estén ubicados y según el lugar de su enunciación. Muchos de ellos serán convertidos en estándares inamovibles, como la secuencia de colores de las luces de tránsito (verde, amarillo y rojo), pero pueden ser transportados a otros ámbitos como el de los mapas de riesgo (rojo: peligro; amarillo: no tanto peligro; verde: libre de peligro) en donde su significado es aparentemente el mismo y en los cuales públicos de diferentes naturalezas confían en la mayoría de los casos. Sin embargo, para los científicos en un laboratorio, los "hechos" están desprendidos de su materialidad, como si no pudieran ser construidos. Rara vez, casi nunca, se reconoce en los objetos de medición, colores, papeles, lentes, baterías, electrodos, y otros elementos, su agencia en la construcción de enunciados que son asumidos posteriormente como verdad acerca de una realidad. Al respecto, es necesario tener en cuenta que con el desarrollo de nuevas tecnologías digitales para la creación de todo tipo de inscripciones en ciencias - desde sofisticados y complejos mapas a través de los cuales podemos navegar, avanzadas imágenes de microscopios (November, Camacho-Hüber & Latour, 2010) hasta ilustraciones sobre planetas similares a la Tierra a unos cuantos millones de años luz de distancia - las representaciones de fenómenos por parte de científicos de todas las disciplinas han adquirido nuevas realidades que añaden elementos aún más complejos de analizar. November, Camacho-Hüber & Latour (2010) han señalado en este sentido que:

> Si ya se podía fácilmente olvidar la cantidad de instituciones, habilidades, convenciones e instrumentos inmersos en la realización de un Atlas bellamente impreso, es aún más difícil ahora que tenemos que recordar el número de satélites guiando nuestros GPS, las redes de cobertura, la variación en la calidad de los datos, las interrupciones de los sensores, los datos ingresados finalmente por los usuarios, etc.

Para Latour (1986), el poder presentar un enunciado una y otra vez (representarlo) ha significado para la ciencia poder hablar con autoridad y legitimidad sobre el mundo y casi cualquier cuestión gracias a sus métodos. Un conquistador europeo no habría logrado el apoyo de su Corona si no hubiera podido presentar el territorio recién descubierto con ilustraciones, mapas o relatos, es decir, haberlo llevado presente hasta su país de origen

en un papiro. Del mismo modo, un meteorólogo ha traído ante nuestros ojos la atmósfera de todo el planeta, ha hecho una lista con los gases que la componen, es capaz de identificar hacia dónde va el viento a cierta hora del día y está en facultad de señalar con flechas cuál es su dirección y velocidad. De manera similar, el maestro ha traído ante los ojos de los estudiantes diferentes fenómenos naturales, hechos científicos y leyes de la naturaleza. Si alguien decidiera por algún motivo no creer al conquistador, al meteorólogo o al maestro, necesitaría construir nuevos argumentos sobre los construidos por aquellos, o a partir de otras enunciaciones; hasta construir nuevos artefactos, pues comenzar desde cero significa tener que enfrentarse a siglos de construcción de argumentos, demostraciones, falsaciones y representaciones.

La fuerza de los mapas del conquistador y del meteorólogo no está tanto en lo idéntico del mapa con el territorio, sino más bien en aquello con lo que está relacionado: convenciones, ilustraciones, enunciaciones positivas (Latour, 1992), etc.

Como se ha visto, la Teoría del Actor Red entrega a los objetos una agencia para la producción de la vida social, sin embargo, el principio de simetría, que hace referencia al igual tratamiento para el análisis de actores humanos y no-humanos, tiene algunos problemas en su concepción como bien lo ha notado Andrew Pickering (1991), ya mencionado ligeramente arriba. Una de las críticas que considero más relevante a este principio, es que en la práctica la agencia se diferencia bastante a la hora de analizar actores humanos y no humanos, si tenemos en cuenta que los segundos actúan de acuerdo con intereses particulares que además denotan diferentes grados de reflexión respecto a sus interlocutores - ya sean personas u objetos -. Por el contrario, aunque en todo momento los objetos están influyendo en nuestras actividades de la vida social, estos no reflexionan ni poseen intereses propios que los movilicen, más allá que efectivamente sean movilizados por actores humanos en el cumplimiento de las expectativas de sus intereses.

Por su parte, la intención de estudiar los procesos de enseñanza y aprendizaje desde el enfoque de la Teoría del Actor Red ya ha sido planteada por Tara Fenwick & Richard Edwards (2010). Seguramente existen otras aproximaciones a este camino que yo desconozco. Por ahora me concentraré en algunos de los planteamientos de estos autores.

En un primer lugar, señalan que no debería haber una separación del aprendizaje y la enseñanza entre "individual" y "colectivo" como dos campos que parecerían estar separados y sobre los que algunas teorías se han basado, sino más bien describir las relaciones que estos dos puedan establecer. De estas relaciones es posible comprender la tecnificación e institucionalización de las prácticas de enseñanza y aprendizaje que han derivado en la formación de institutos, escuelas y universidades. En términos de la Teoría del Actor Red, lo que tenemos es un ensamblaje en el que múltiples actores confluyen a partir de un sinnúmero de interacciones para crear nuevas formas y situaciones sociales. Allí, vivir y aprender terminan siendo inseparables debido en parte a la construcción de espacios y tiempos en los que se involucran otros actores además de los estudiantes y profesores, tales como el hogar y la familia, hasta donde pueden extenderse este tipo de prácticas.

El estudio al interior de estas instituciones ha permitido identificar ciertas maneras de aprender y enseñar que pueden representarse como redes a las que pertenecen diferentes actores, prestando especial atención a los estudiantes. Las formas en las que estos estudiantes son organizados y dispuestos en un tiempo y espacios diseñados específicamente para el aprendizaje, dejan ver la manifestación de múltiples formas de ver, escuchar, aprender, escribir, leer, sentir, interactuar, representar y sobre todo, diferentes formas y caminos de conocer. La Teoría del Actor Red permite evidenciar la heterogeneidad de situaciones que crean relaciones e interacciones fugaces e intermitentes que hacen temblar la apariencia de estabilidad de este tipo de instituciones. Uno de los primeros aspectos que considero más relevantes del estudio presentado por Fenwick & Edwards (2010) tiene que ver con la "deformación" del tiempo y el espacio en las instituciones educativas que crean nuevas y variadas situaciones dependiendo de una cantidad considerable de eventos. Por ejemplo, el tiempo y espacio en un laboratorio al que asisten estudiantes de biología, generan relaciones particulares entre actores humanos que comparten una misma identidad (ser, vestir, hablar como estudiantes de biología) mientras interactúan también con actores no-humanos que proporcionan formas únicas de percibir y representar la realidad, por ejemplo, la visión molecular a través de sofisticados microscopios, la mezcla de sustancias para la obtención de una nueva. Por su parte, estudiantes de derecho han sido dispuestos en un espacio que, en algunos casos, simulan la sala de una corte o un juzgado. Allí, las interacciones distan

bastante de las que se pudieran dar en el laboratorio de los estudiantes de biología. En la clase de derecho, las interacciones entre actores humanos parecerían ser más visibles que las que se presentan con los no- humanos. Las palabras, la memorización de artículos, recitar, alegar, convencer, representar, no precisan de una bata blanca, ni de tubos de ensayos, ni de microscopios. Así mismo el tiempo en cada uno de estos espacios se vive de manera diferente de acuerdo a las actividades que allí se presentan.

De manera general, según lo presentan Fenwick y Edwards (2010), la Teoría del Actor Red permite identificar en los lugares de enseñanza la interacción de amplias redes de sentido en las que, por ejemplo, estudiantes de una región en Nigeria (África) están aprendiendo formas de conocimientos producidas desde "Occidente" y de acuerdo a sus valores de sentido. El aprendizaje entonces adquiere formas muy específicas tanto en el individuo como en los grupos con los que se interactúa, pues no se trata de un desplazamiento de conocimientos en el que se olvidan las maneras de vivir situadas, "aprendidas" en un entorno local, mientras se adquieren y apropian nuevas y lejanas formas de percibir su realidad. Lo que podemos encontrar entonces son procesos de negociación en los que esas formas lejanas se adaptan a las prácticas locales y se sitúan de acuerdo a los intereses y procesos de reflexión de estos individuos. De esta manera, la Teoría del Actor Red nos evita la incómoda visión de individuos desprovistos de conocimientos que van a la escuela a recibirlos como si fueran recipientes sobre los que se deben verter los contenidos de conocimientos de todo tipo. Por el contrario, identificar las interacciones y redes de los diferentes ensamblajes de la enseñanza, permitirá ver seres sociales que poseen ya formas desde las cuales perciben y representan su realidad y que están constantemente negociando con nuevas entidades y conocimientos que le servirán para reforzar o reevaluar los que ya poseían.

El único camino para lograr identificar todas estas interacciones es el de observar directamente lo que está sucediendo en estos espacios, pues todos generan diferentes y únicas formas de aprender y enseñar. Así, será posible crear relatos que describan lo que el investigador logró percibir sobre las relaciones entre actores humanos y no- humanos.

En algún punto, durante el camino recorrido para la investigación que estoy aquí presentando, consideré utilizar solo conceptos y herramientas de la Teoría del Actor Red

como sustento teórico. Sin embargo, luego de asistir a un curso con el profesor Malcolm Ashmore sobre discurso e interacción, quise intentar complementar mi relato con algunos aportes hechos desde la Etnometodología y el Análisis de la Conversación que intentaré abordar brevemente. La primera, obra y creación del sociólogo Harold Garfinkel, ha contribuido en gran medida a la consolidación de la TAR como teoría social, tal como lo señala Latour (2008). Podemos encontrar que su esencia es el actor social, humano, consciente de su lugar y el de su interlocutor en cada interacción, contrario a las ideas del social-estructuralismo Talcott Parsons, que sugería un papel utilitario del actor social dentro de grandes estructuras, en el que las normas sociales estarían por encima de la determinación del individuo. Para la etnometodología los actores utilizan prácticas, adquiridas por experiencias previas, para enfrentar la vida social, en la que las normas van y vienen, siendo utilizadas estratégicamente según convenga para los intereses de cada individuo. El único camino para comprender cómo una persona utiliza estos métodos en su día a día es dirigirse a los detalles de una conversación, por ejemplo, encontrando allí una riqueza de símbolos y lenguajes utilizados por unos y otros mientras, son ellos, los actores, quienes construyen y reproducen la vida social. Allí, la reflexión de Garfinkel (2006) para la investigación es no interpretar más de la cuenta lo que el actor está diciendo o haciendo, sino más bien capturar la mayor cantidad de objetos que construyen los métodos etnográficos y limitarse a describir las posibles desviaciones que se presentan en cada interacción que finalmente terminan por ser normalizadas. Uno de los ejemplos más brillantes expuestos por Garfinkel (2006) es el de los experimentos realizados con sus estudiantes en los que se analizaron prácticas aparentemente normales de la vida cotidiana de ellos con sus allegados. Allí se pudo comprender que dentro del grupo de respuestas socialmente aceptadas para la pregunta ¿Cómo estás? están cosas como: bien, gracias; bien y ¿tu?; mal; más o menos, entre otras. Cualquiera de estas respuestas da continuidad a conversaciones e interacciones "normales" sin que se exija alguna reflexión sobre ellas por parte del interlocutor. Por el contrario, y es lo que demuestra el estudio, ante la misma pregunta ¿Cómo estás? hay respuestas no-aceptadas y que alteran el "normal" desarrollo de la interacción de las cuales se presentan en el estudio de Garfinkel como: ¿cómo estoy respecto a qué? ¿Te refieres a mi salud, mis finanzas, etc.? Allí, encontramos una serie de respuestas que el interlocutor no esperaba y que le exige una respuesta hostil ante lo que, en el caso normal, habría pasado desapercibida.

En resumen, el interés de la etnometodología son los procesos o actividades que nosotros usamos, como miembros de la sociedad, para analizar, categorizar describir, definir, inferir, razonar, dar cuenta de, etc., en resumen, crear sentido acerca de nuestro mundo. Garfinkel (2006) sugiere que la manera en la que los individuos dan orden o crean el sentido de su mundo social es a través de un proceso que él llama "métodos documentales de interpretación". Este método consiste en seleccionar ciertos elementos de una situación social, que parecen ajustarse a un patrón y entonces dan sentido a esos elementos en términos de patrones. Y al mismo tiempo, la relevancia y adecuación de esos patrones son establecidas con el uso de elementos particulares.

Por su parte, el Análisis de Conversación, de algún modo, se ha fijado en ciertas estructuras que parecen existir en las interacciones entre personas. Uno de los hallazgos de Sacks (1984), es que estas estructuras están basadas en una intención de "ser - o al menos parecer - una persona ordinaria", en la vida social. Sin embargo, no son fijas ni preestablecidas por una entidad social que no podemos ver, sino que, en la práctica, en el día a día, están siendo trabajadas con esfuerzo por parte de los individuos. Lo ordinario y extraordinario; lo normal y lo anormal; y otros binarios, están construidos a partir de categorías con las que las personas reportan sucesos o actividades y que funcionan, o no, para sus intereses. Mientras algunos detalles son ignorados o dejados por fuera de un relato sobre una escena cualquiera, aquellos detalles que son tomados en cuenta por parte del individuo que la está reportando serán los que finalmente moldeen la realidad misma de la escena, esto implica que los relatos de una misma escena, narrados por actores diferentes, presentarán diferentes detalles y en consecuencia diferentes construcciones de la realidad de lo que se está reportando. La idea principal en el fondo señalará Sacks (1984), es que cualquier persona, en cualquier momento, en cualquier lugar, está prestando atención a otras personas, a objetos, a lugares, en fin, a detalles con los que hará un relato propio, que pueda ser contado (*storyable*), acerca de lo que está sucediendo y de lo que sucedió en determinada situación. Es en los detalles de estas historias en donde encontraremos la riqueza del Análisis de Conversación, pues es allí en donde está el trabajo y los esfuerzos de los individuos para construir la vida social. En ellos encontraremos además que lo extraordinario, lo que no podría definirse como normal, presente en la mayoría de los relatos de los individuos, que de alguna manera se

materializa en el uso de categorías de diferentes tipos (blanco, negro, alto, mestizo, nacional, extranjero, pequeño, increíble, estupendo, etc.) resulta siendo, por el contrario, lo normal y lo ordinario.

Conclusión al primer capítulo

En la última sección de este capítulo quiero hacer un recuento de lo que tenemos hasta ahora. Si acaso he logrado plasmar más o menos acertadamente mi intención con palabras, entonces se notará que del inicio hasta el final de la primera sección del capítulo hubo un desplazamiento desde la concepción de la atmósfera que parecía general (una entidad global de interés para "todo el mundo"), hasta llegar a interacciones entre actores humanos y no-humanos en espacios y escenarios más bien mundanos y cotidianos. Al comienzo parecería que la atmósfera en sí misma es una entidad omnipresente, salvaje y natural que está lejos de ser controlada por el ser humano, luego nos hemos ido desplazando hasta los lugares en los que esa misma entidad adquiere un cuerpo político e influye en las decisiones de países enteros.

Luego, he mencionado, en la sección dedicada a la experticia, las formas en las que la atmósfera, y muchas otras entidades, se han convertido en objetos de estudio por parte de comunidades científicas. Las concepciones del riesgo han sido complementadas por cuerpos y mentes expertas que, con la ayuda de instrumentos, han definido los peligros a los que estamos expuestos, cómo solucionarlos y lo que deben hacer, o no, aquellos que no son expertos. En todo esto, la atmósfera ha jugado un papel central en la visión de la amenaza global a la que nos enfrentamos con el calentamiento global, la capa de ozono, el cambio climático, la acumulación de contaminantes que son movidos por el viento entre continentes y un sin fin de peligros que seguirán apareciendo. La experticia se convierte, por tanto, en un sistema de defensa, similar al de un ejército nacional, ante la posibilidad de ser atacados por la naturaleza (Masco, 2010). Todos los países deberán estar preparados, con sus ejércitos expertos, para combatir las amenazas. La segunda sección, sin embargo, nos muestra que la experticia es construida en momentos y espacios muy específicos, si se ubica en un plano *material*. Al final se trata de actores humanos que crean, repiten y adaptan tareas manuales en la construcción del hecho que están intentando definir, a partir de actividades situadas que corresponden a las subjetividades e intereses de ciertos grupos o individuos. Con la agencia de objetos e instrumentos, es decir, actores no-humanos, definen sus discursos incluyendo un número reducido de variables, mientras descartan una infinidad de otras.

Un elemento importante que se ubica en el medio del ámbito normativo y el material tiene que ver con la incertidumbre y como es invisibilizada a través de los datos para que la experticia se pueda blindar de los ataques de otros actores que dudan de su trabajo. Las controversias son espacios de tensiones y negociaciones que normalmente se resuelven a favor de aquellos que puedan movilizar la cantidad necesaria de aliados para poner un punto final a la discusión. En el camino, encontramos que estos expertos lo son en el sentido de movilizar tanto aliados humanos como no-humanos para responder a sus intereses, y no tanto en los temas que enfrentan, muchas veces muy lejos de los lugares donde se sienten más cómodos, es decir, los laboratorios.

Teniendo claro que la atmósfera, como objeto epistémico, ha sido construida, al igual que muchos otros, por actores humanos y no-humanos en momentos y lugares específicos, entonces hemos avanzado un paso en el desensamblaje de esta entidad. Es decir, hemos podido ver que la atmósfera comienza a ser un conjunto ilimitado de posibilidades ensambladas de acuerdo con los intereses de actores humanos en interacción con otros, humanos y no-humanos. Tengo que aclarar que la intención no es negar de facto la existencia de fenómenos como el cambio climático, el agujero en la capa de ozono, y otros. La invitación con esta conclusión anticipada es a pensar que las explicaciones sobre estos fenómenos son construidas desde la visión de comunidades que trabajan todos los días en definir los términos para conseguirlo. En esta labor están expuestos a negociaciones de todo tipo en los que la objetividad será la norma más difícil de cumplir teniendo en cuenta que los criterios de verdad que adoptan en el momento específico de su construcción están mediados por la subjetividad, expresada en metas e intereses particulares o colectivos. O mejor aún, ni lo subjetivo ni lo objetivo aparecen claramente definidos a la hora de analizar la producción de hechos científicos. Esto puede ser identificado con cierta facilidad en los estudios sobre laboratorios que se han elaborado desde los estudios sociales de la ciencia.

Mi propuesta apunta a explorar los lugares en los que la atmósfera se materializa y en los existen actividades de enseñanza y aprendizaje para las disciplinas científicas que estudian su “comportamiento”. Antes de salir a hablar sobre radiación, sobre calentamiento global o cualquier otro fenómeno, mujeres y hombres de ciencia estuvieron sentados dentro de un salón de clase, prestando atención a lo que su maestro

les indicaba, o en un laboratorio manipulando objetos y sustancias según un manual establecido. El lenguaje que se debe usar, la pericia en el uso de las matemáticas para representar y explicar fenómenos naturales, la creación de imágenes que sirvan para representar entidades completas, el "buen" uso de herramientas para la investigación de un objeto, en fin. Creo que todo esto, y más, se puede encontrar en los espacios de enseñanza de cualquier disciplina. Por esta razón, he tratado de hacer un recuento de algunos estudios que se han realizado de las prácticas e interacciones presentes en estos espacios. En ellos encontramos que los espacios de enseñanza ya sean laboratorios o salones, han sido intencionalmente creados como lugares apartados del resto de la vida social.

Existe así una intención por generar una ruptura material entre lo que se aprende y se enseña, y el resto de la vida de los actores que allí interactúan. Curiosamente, existe una visión según la cual la enseñanza sirve, o debería servir, para la vida de quienes asisten a los centros de enseñanza. El por qué estos lugares han sido separados en tiempo y espacio del resto de la vida social, estará presente a lo largo de los análisis sobre producción de conocimiento, y uno podría comenzar a pensar que se debe a las ambivalencias presentes entre una ciencia - piénsese en cualquiera de ellas - que debe presentar organizadamente los estándares y mediciones sobre un objeto de interés, mientras que afuera sus practicantes se encuentran con un mundo en el que contingencias de todo tipo van y vienen, sobre las cuales resultaría imposible delimitar y definir criterios de verdad. Además de la separación de estos espacios, nos encontramos también con que las condiciones socio- materiales de estos influyen significativamente con la creación de conocimientos. Según esto, dejamos de lado las visiones de procesos de enseñanza donde los estudiantes son recipientes vacíos que se sientan a recibir contenido por parte de sus maestros. Lo que tenemos es que, además del maestro y los estudiantes como actores principales de las interacciones de enseñanza y aprendizaje, objetos, actores no-humanos entran a jugar un papel fundamental en la construcción de conocimientos de cualquier tipo. Con esta sección, nos encontramos con procesos y prácticas situadas en las que las clases dejan de ser vistas como momentos que se repiten periodo tras periodo, para crear situaciones únicas de acuerdo con cada interacción entre actores humanos y no-humanos.

Finalmente, la Teoría del Actor Red estará en el centro del marco teórico que he intentado construir. De allí se destacan las herramientas conceptuales y metodológicas que recomiendan adoptar una visión en la que actores humanos y no-humanos, por igual, están todo el tiempo participando en el ensamblaje de la vida social. De esta manera resultará más fácil hacer una descripción en la que se incluya la mayor cantidad de elementos que contribuyen a la existencia de una acción social, en lugar de reducir el análisis a categorías preestablecidas sobre el comportamiento de los humanos en los espacios de enseñanza. La invitación es a evitar las generalizaciones sobre este tipo de procesos y construirlos entendiendo qué es lo que hace que estos se produzcan y se mantengan en el tiempo.

Lo que sigue entonces es entrar a estos espacios, recorrer los pasillos de las grandes edificaciones que se han forjado para asegurar la estabilidad de las actividades y situaciones que allí surgen - estás más bien inestables -. Como ya lo he manifestado el lugar central será un salón de clase en el que yo me ubicaré junto a estudiantes que se están formando como expertos en representar y explicar la atmósfera

.

2. ENSEÑAR Y APRENDER LA ATMÓSFERA: ESTUDIO SOBRE LAS MATERIALIDADES E INTERACCIONES

Introducción: Qué es la atmósfera y donde encontrarla.

En este capítulo intentaré seguir la producción de la atmósfera a través de un camino diferente tal vez a las perspectivas que se presentaron en un comienzo (Miller (2004), Jassanoff (2014), Sundberg (2009, 2011) y otros) para encontrar aquellos elementos que permitan desensamblar y describir otras partes que componen este complejo aparato – el del estudio de la atmósfera. Así, el foco que se ajustará en este trabajo hace énfasis en las discusiones y tensiones que se puedan presentar entre las representaciones y materialidades de una entidad como la atmósfera, en un momento y espacio específicos: un salón de clases en el que tienen lugar los cursos de Meteorología Dinámica y Meteorología y Climatología General para estudiantes de primer semestre de un programa de Maestría en Meteorología en la ciudad de Bogotá.

Para comenzar, me gustaría señalar que en el camino que me trajo hasta acá, me encontré con una atmósfera altamente compleja, una que puede escapar a cualquier definición dadas todas las contingencias que llega a presentar en su producción como objeto científico, que finalmente sería el interés del campo de los Estudios Sociales de Ciencia y Tecnología. Así, por ejemplo, tanto el Diccionario de la Real Academia Española, como el Oxford English Dictionary, tienen al menos cinco definiciones para la palabra "atmósfera". El segundo ubica el origen de la palabra hacia el siglo XVII como una composición del griego *atmos* (vapor) y *sphaira* (esfera). Por ello, la primera definición que uno suele encontrar respecto a la atmósfera tiene que ver con una "Capa gaseosa que rodea la tierra y otros cuerpos celestes (planetas)". De esta manera, una idea inicial sobre la materialidad de la atmósfera es que esta es gaseosa, intangible para los seres humanos hasta hace muy poco cuando se produjeron artefactos para capturar porciones de aire, trozos de atmósfera, a partir de la experimentación y la co-producción de nuevas visiones para comprender la naturaleza y las sociedades. La siguiente definición más recurrente entre diccionarios y otras referencias tiene que ver con el "interior" de un "espacio" y el aire que allí se contiene. Una vez más, hay un algo intangible, el aire, pero que hará presencia, por ejemplo, a través de olores, colores, hasta sensaciones, que se atribuyen a

ese interior. Esto me hace pensar inmediatamente en un salón de clases y cómo poder describir su atmósfera. Sin embargo, el trabajo de campo me mostró que, en estas definiciones, si bien contribuyen a hacer una abstracción simple de una entidad, hace falta observar cómo se producen estas ideas y a través de qué y cómo se materializan. El espacio escogido, el salón de clases, ofreció pistas importantes de dónde encontrar la atmósfera, los momentos en los que se produce y aparece de formas diversas y complejas, mucho más que las que uno pudiera encontrar en un diccionario o un libro especializado.

Por esta razón, me permito proponer, más que una definición, una descripción socio-material de la atmósfera, con la única intención de lograr comprender que la atmósfera se puede hacer tangible gracias a la interacción de actores humanos y no-humanos en momentos muy específicos, a través de representaciones y artefactos de todo tipo, que describiré más adelante, y sin los cuales la atmósfera es solo un ente sin corporalidad, efímera y difícil de capturar. En el salón de clases, pude entonces encontrar algunas interacciones en donde ciertas entidades, no necesariamente la atmósfera, adquieren materialidad y son definidos en diferentes momentos y de diferentes maneras a través del tablero y el marcador, las manos del maestro, fórmulas matemáticas, preguntas de los estudiantes, videos satelitales, *softwares* de modelación climática, infografías, libros y citas de expertos extranjeros, colores, referencias a otras disciplinas, entre otras actividades que conforman esta realidad. Como lo evidenciará el trabajo de campo, en el aula de clase todo sucede más lento (Martinez, 2016) y nos es posible describir con mayor detalle las relaciones entre aquellas leyes de la física, fórmulas matemáticas, observaciones afinadas con la experiencia de los meteorólogos, aproximaciones hechas a conveniencia del experto, en definitiva, fenómenos que a pesar de querer ser una sola cosa - la atmósfera -, resultan ser muchas cosas a la vez.

Durante el primer semestre de 2017, asistí a cerca de cuarenta y cinco sesiones correspondientes a los cursos Meteorología y Climatología General (dieciséis sesiones, una cada semana), y Meteorología Dinámica (treinta y dos sesiones, dos cada semana), ofrecidas por un programa de Maestría en Meteorología. En todas las sesiones a las que asistí, tomé un lugar junto a los estudiantes de los cursos y desde allí intenté seguir la presencia de ciertas materialidades que iban apareciendo a lo largo de cada clase, algunas

eran demostraciones hechas en computador de temas de interés para el curso, otras resultaron ser notas que tomé al igual lo hacían los estudiantes sobre lo que ocurría en el tablero, y otras, complejas ecuaciones matemáticas que intenté resolver con relativo éxito.

Mi acercamiento con el campo estuvo basado especialmente en la observación, acompañada de algunas herramientas como el diario de campo, captura de imágenes, grabación de material auditivo y, mi participación e interacción dentro de esta comunidad. A este conjunto de actividades la llamé en un momento "observación etnográfica", simplemente para nombrarla de alguna manera que la diferenciara de la "etnografía". Algunos elementos también fueron tomados de conversaciones informales que sostuve tanto con profesores como con estudiantes. Una primera reflexión que me gustaría hacer respecto al proceder metodológico de esta investigación en lo relacionado con el trabajo de campo es la complejidad de las situaciones que como investigador tuve que sortear durante mis visitas. Para mencionar un solo ejemplo, el cómo llevar correctamente un diario de campo exigió la toma de decisiones inmediatas y su resultado final, como material investigativo, terminará dependiendo del rumbo que éstas hayan tomado. En todo caso, no creo que exista una forma correcta de "diligenciar" un diario de campo, sino que este resulta ser un producto más de la interacción entre el investigador, el objeto de estudio y otros múltiples y diversos objetos que se co-producen en el proceso investigativo. Para la presente investigación el diario de campo poco a poco fue convirtiéndose en un cuaderno de notas de un estudiante que trataba de aprender meteorología y que dio materialidad a esos fenómenos enunciados en una ecuación, o en un gráfico. Me gustaría entonces presentar en este capítulo algunas reflexiones sobre estas notas. Pero eso debe suceder más adelante.

Mientras tanto, debo mencionar que mi compromiso, para poder asistir a las clases para elaborar esta investigación, fue el de no interrumpir su desarrollo con intervenciones puntuales relacionadas con mi investigación durante las horas dentro del salón. Parte del planteamiento que hice a los dos profesores que me permitieron entrar a sus cursos, tenía que ver con mi intención de participar como un estudiante más, tomar lugar entre ellos y tratar de responder mis preguntas con los elementos que pude percibir desde esa posición. Se me pidió prudencia por tratarse de un programa de maestría que tiene

ciertas normas acerca de restricciones para el ingreso de personas que no estén inscritos al mismo, por ejemplo, no poder asistir a las evaluaciones, ni tener acceso a los ejercicios que las componen.

La captura de material auditivo no fue hecha durante todas las sesiones, ni por largos periodos de tiempo. Se trata más bien de micro capturas que realicé en momentos que creí podrían ser relevantes. Algunas de estas conversaciones fueron transcritas e incluidas en este escrito, otras fueron descartadas por no responder a los planteamientos de la investigación. De cierta manera, es posible decir que estuve interactuando con los mismos objetos con los que profesores y estudiantes interactuaron en el desarrollo de las diferentes sesiones, pero además con mis propios objetos como investigador y observador de situaciones cotidianas en el transcurso de las clases. Las actividades en campo me permitieron entonces asumir una perspectiva única sobre muchas de las cosas que sucedieron dentro del salón, sin querer decir que con esta investigación estoy en capacidad de describir fielmente el panorama completo de la enseñanza de esta disciplina. Con esto quiero decir que los resultados plasmados en este trabajo son parte de una relación de coproducción entre el investigador y su objeto.

Algunas cosas han cambiado, debo advertir, desde el planteamiento, hasta la finalización de la investigación. Para comenzar, durante mi estancia en la maestría cambié un par de veces el tema, el enfoque y el "objeto" de mi investigación. En el planeamiento inicial del proyecto de investigación, la intención principal era llevar a cabo un estudio de laboratorio al interior del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), acerca de las prácticas de representación de los Fenómenos de la Niña y el Niño Oscilación Sur (ENOS). El primer contacto para intentar ingresar a la institución fue con un meteorólogo profesional, con una maestría obtenida en Rusia hacia finales de los 90's y ex trabajador del IDEAM. La conversación inicial me dejó ver la intensidad y complejidad de este campo y que no iba a ser un trabajo fácil para mí. Infortunadamente de esta primera conversación no se pudo concretar el ingreso al lugar escogido para el proyecto, sin embargo, esta persona me ofreció la posibilidad de asistir a los cursos de un programa de maestría en meteorología para que yo pudiera acercarme un poco más al campo. Así, una vez obtenida la autorización de cada uno de los maestros de los cursos ya mencionados, debí cambiar los objetivos y gran parte del planteamiento del proyecto y

posteriormente, por momentos, me dejé perder entre los objetos epistemológicos utilizados para la enseñanza, me esforcé por interpretar el idioma que allí se hablaba, basado especialmente en fuerzas naturales, cuyo lenguaje era una mezcla de números, letras y símbolos que aparecían y desaparecían tanto del tablero, las libretas y las proyecciones visuales, como de las formas verbales de maestros y estudiantes.

De cada sesión salía con nuevas ideas de cómo abordar la investigación, muchas de las cuales no podré nunca materializar en este breve escrito, en tanto debí concentrar mi atención en unos pocos de ellos para no perder el foco. Elaboré un diario de campo que fue interrumpido pronto, debido a la rapidez con la que avanzaban las anotaciones en el tablero. Mi libreta se convirtió, sin más, en apuntes acerca de meteorología dinámica y climatología general. Allí subrayé con interés todas las direcciones web utilizadas por los profesores para hacer demostraciones acerca de fenómenos que en su mayoría podrían estar relacionados con los temas que el libreto académico ofrecía, también capturé la transformación de ecuaciones utilizadas para describir ciertos objetos y que fueron llenando el tablero en todas las sesiones, intenté dibujar los diagramas, tablas y esquemas que ayudan a representar algunos fenómenos en los que la escala resulta fundamental. En fin, de cierta manera mi libreta de apuntes pudo estar cerca de parecer una de alguien perteneciente a lo que Collins & Evans (2002) llamaron *interactional expertise*. Allí, sin embargo, aparecen también mis propias traducciones sobre algunos elementos que sentí se podían entender en términos sociotécnicos y me pregunto si acaso mis compañeros de salón hacen lo mismo y traducen a sus propios términos lo que van escuchando y copiando del profesor y del tablero. En un momento posterior estaremos hablando sobre ello.

Este capítulo empírico comienza describiendo la materialidad de algunos objetos que he resaltado en la interacción enseñanza-aprendizaje, en la que participan maestros, estudiantes y otros actores humanos y no-humanos. De allí es necesario mencionar que dicha materialidad resulta socialmente relevante en la práctica, es decir en el momento mismo de la interacción, de la construcción de eventos y de la vida social de los cuales pueden ser tanto productos como coproductores. En segundo lugar, me concentraré en seguir algunos objetos que aparecen en diferentes momentos en el tablero, en las libretas de los estudiantes, en los textos y guías, entre otros espacios. Buscaré concentrarme en

los objetos que son llamados vectores y que parecen tener un valor semiótico fundamental para el desarrollo de las sesiones dentro del salón. En cuanto se comprende su papel dentro de esta disciplina, es posible encontrar que son capaces de dar forma a la atmósfera, así como otros fenómenos de menor escala allí dentro del salón.

.

1. Materialidades e interacciones

De lo inestable a lo estable, el tiempo y el espacio: ensamblando la atmósfera de la enseñanza

Los espacios de las actividades de enseñanza e investigación para las ciencias no son hoy lo mismo que fueron años atrás. Sería imposible llegar a cuantificar los elementos que han influido en sus transformaciones siquiera en los últimos diez años. Según Gomes (2004), el sistema de salones, tan común hoy en día para las ideas de aprendizaje y enseñanza, responde a ciertos principios de la Ilustración, reflejados en reformas educativas durante los siglos XVII y XVIII, con las que se buscó que la enseñanza de la disciplina y el manejo de ciertas técnicas fueran aprendidas por varios alumnos a la vez. De acuerdo con cada disciplina, encontraremos, cambios en los componentes materiales con los cuales se construyen estos espacios, que a su vez tienen que ver con los cambios en los paradigmas de las diferentes disciplinas científicas. Así, por ejemplo, la mesa de disección, el cadáver y el anfiteatro descritos por Martínez[3] (2017) nos proyectan una imagen muy distinta a la "lección de anatomía del Dr. Willem van der Meer" ilustrada por el pintor holandés Michiel Jansz van Mierevelt en 1617.

Diversas e incontables materialidades se han transformado, en tanto la práctica misma ha sufrido cambios para la enseñanza de estas y todas las disciplinas. Además, a pesar de la pretensión del universalismo de las ciencias modernas - lo que ha llevado a la creación

[3] Martinez (2017) describe un espacio en una Universidad del siglo XXI, en una ciudad como Bogotá. Allí se dispone de varios "cadáveres" con diferentes niveles de *conservación*. La clase de anatomía en el anfiteatro no se presenta ya como un espectáculo en el que un artista o un grupo de artistas (el experto anatomista) demuestra sus habilidades y conocimientos sobre el cuerpo en disección, sino que se deja *sentir* y *tocar* el cuerpo a las personas que están aprendiendo (ver más en Martinez, 2017).

de un imaginario colectivo sobre los espacios de enseñanza[4] - los centros de educación poseen características locales/situadas que les hacen únicas y que están constantemente negociando con aquellas enunciadas por paradigmas globales. Tendremos, por ejemplo, diferencias importantes para el análisis entre una universidad en los Estados Unidos de América y otra en Colombia. Y para no caer en simplismos cuasi-obvios de la odiosa comparación entre el "primer mundo" y los otros mundos, resultaría fácil describir las diferencias materiales entre universidades de un mismo país, o una misma ciudad, incluso al interior de una misma universidad. Podríamos volver, en este sentido, sobre el estudio de Escobar, Polo, Carreño y Jiménez, (2016) mencionado ya en el primer capítulo, en el que se hace referencia a las condiciones socio materiales de los laboratorios y su participación en la construcción de conocimientos.

Es claro que los cambios socio-tecnológicos han creado en cada momento ambientes de enseñanza e investigación muy diferentes a lo largo del tiempo. ¿Qué papel pueden jugar los objetos que conforman estos espacios en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la atmósfera hoy en día? Algo de esto está en los detalles que obtuve como resultado de las visitas que hice a cada una de las sesiones, en las que presté atención a diferentes elementos que parecerían alejarse de la enseñanza, pero que en la práctica están ahí, en el desarrollo de cada sesión. He tratado de concentrar mi atención en cómo la materialidad[5] de estos objetos interactúa con otros actores y crea momentos de construcción de sentido respecto a la enseñanza, lo que nos haría comprender que la atmósfera no es definida ni estudiada hoy como se hacía hace veinte años o en los tiempos de Francisco José de Caldas o las expediciones botánicas de la época colonial en el territorio colombiano. Pero algunas cosas parecen mantenerse rígidas en el tiempo y el espacio, como algunos edificios que fueron construidos para que allí adentro se estudiará la naturaleza que estaba allá afuera. La permanencia de estos lugares es un interesante

[4] Ver Macbeth (1996) quien analiza los programas que otorgan una esencia de *autenticidad* a los espacios de enseñanza, que también han señalado que lo aprendido en el aula debería ser reflejado en actividades y prácticas mundanas en la "vida real".

[5] Retomemos aquí la definición sobre la *materialidad* adoptada para este estudio: La *materialidad* en este caso será entendida como *formaciones espaciales* que permiten el enrolamiento de actores humanos y no-humanos para el reordenamiento de posibilidades que permiten cumplir los objetivos planteados por la enseñanza de una disciplina particular. Estas posibilidades crean *formas de presencia* y aunque es posible que puedan generar patrones perceptibles en las prácticas educativas, estos no son estables ni definitivos y es necesario prestar atención a los detalles que permiten entender que cada situación de aprendizaje es diferente y crea siempre resultados diferentes (Sørensen, 2009).

comienzo para dar los primeros pasos en una exploración, en parte porque allí están situadas las interacciones que nos interesan. A veces como telón de fondo, otras como coproductor de estas interacciones.

Comenzaré este relato en el lugar donde comenzaron mis visitas, la entrada del edificio de Geociencias. Este fue el edificio al que entré durante todo el semestre, tiene por lo menos siete décadas de existencia. Aunque nunca lo llegué a recorrer en su totalidad, sé que tiene unos cuatro niveles en los que se pueden encontrar salones de clase, laboratorios de geología, oficinas de profesores y directores de programas, entre otros espacios. Sus puertas principales se abren poco antes de las siete de la mañana y permanecen así hasta el final de la jornada, casi llegando las diez de la noche cuando las últimas personas dejan sus labores y salen para regresar en otro momento. El flujo de personas suele ser más denso durante las horas impares antes del mediodía y las pares después de la hora de almuerzo, esto tiene que ver con los horarios asignados para los cursos. Apenas aquí comenzamos a notar una relación entre espacio y tiempo que va a acompañar muchos momentos de esta investigación. Las horas impares y las horas pares sobre las cuales están organizadas la mayoría de las actividades dentro del edificio, pueden ser muy diferentes a las horas con las que se organizan otros espacios fuera (los centros comerciales suelen abrir después de las 8 a.m., en algunos centros de salud se asignan citas a pacientes desde las 6 a.m., los turnos laborales se asignan con extensión de 8 horas, etc.). El movimiento de personas a través de los pasillos recrean una fluidez que contrasta con la estabilidad que pretenden el edificio y los horarios, estabilidad que es materializada también por algunos objetos dentro del edificio como vitrinas, escaleras, cuadros y retablos didácticos, entre otros.

Una vez dentro del edificio decidí que no haría falta preguntar por el salón que estaba buscando, el 224, si estamos hablando de estabilidad, entonces estamos hablando de estándares, y si algo he aprendido de la organización de los edificios en Bogotá es que el número de los salones (en el caso de instituciones educativas), consultorios (para hospitales y clínicas) o apartamentos (para unidades residenciales), etc., señalan la posición de estos y no la cantidad de unidades existentes. Así, es claro que el salón que estoy buscando lo encontraré seguro en el segundo piso. Localizando una escalera para subir al salón al que debía llegar, encontré algunas repisas que refuerzan un poco la

noción de estabilidad y estandarización que pretende un lugar como este. Los objetos allí guardados no parecen llamar la atención de las personas que por ahí transitan, la vitrina sirve más como espejo para que algunas personas ajusten su peinado o simplemente miren de reojo su reflejo. El primer día no me detuve a observar estos objetos, pues me interesaba más llegar pronto al salón, porque no quería ser el extraño, que viene de otra disciplina y que llega tarde. Sin embargo, dejé como tarea pendiente observar y analizar los objetos del edificio para saber si se podían, o no, conectar con mi investigación. Al comienzo vacilé bastante en incluir este tipo de descripciones en el trabajo pues según lo iba entendiendo, poco o nada tendría que ver con un trabajo sobre la atmósfera. Sin embargo, como ya lo mencioné anteriormente, la atmósfera como entidad escapa a una sola definición y está relacionada, como lo fui entendiendo hacía el final de la escritura de este trabajo, con asociaciones entre un "todo" y un tiempo/espacio que son limitados. Así que, en esta primera parte he decidido hacer una descripción de la atmósfera de un espacio de enseñanza, por lo que debo entonces hacerlo sobre lo que contiene y conforma el edificio, este cuerpo no-celeste que encierra la creación de conocimiento y sus prácticas, además de pequeñas partículas de producción y reproducción social, imposibles de capturar en su totalidad.

Por su parte, una de las enseñanzas más importantes que me dejó este acercamiento a la enseñanza y el aprendizaje, es que la atmósfera se produce, se captura, se escribe, se enseña y se aprende en porciones, en capturas de momentos en espacios limitados y definidos por la creación de escalas. Así que, como lo veremos más adelante, en lugar de tener una totalidad de un fluido gaseoso que recubre la tierra y que se puede explicar en una sola definición, tenemos que la atmósfera es trozos de otros fenómenos, un rompecabezas de fichas ilimitadas que deben ser interpretadas por meteorólogos, climatólogos y otros interesados en sus misterios, a través de prácticas y objetos especializados. Así, para esta sección, la atmósfera de la enseñanza es producida a través de pequeñas porciones de realidades en las que interviene mi subjetividad como investigador para entregar algunas fichas al lector y que este las arme y se haga su propia idea de lo que pueda ser esta atmósfera.

Un primer elemento ya fue mencionado, el tiempo partido en porciones que indican a qué hora deben encontrarse estudiantes y profesores para producir una clase. Esta

fragmentación del tiempo genera además un flujo denso de personas en las horas ya mencionadas y momentos semivacíos cuando la mayoría de esas personas se encuentran encapsuladas en pequeños recintos que son llamados salones y que están rotulados según el piso y la ubicación en la que se encuentran. Los cientos (100) para el primer piso, los doscientos (200) para el segundo piso, los trescientos (300) para el tercer piso, etc. Debido a esta separación de tiempo y espacio, se crea una especie de transición entre el desarrollo de la vida, fuera del salón, y el de las clases dentro. En esta transición, se mezclan algunos elementos de estos dos mundos, como el lenguaje, ojos y manos disciplinadas (Rohel, 2012a) - un poco menos que si estuvieran ya dentro del salón - y el despliegue de elementos retóricos en los que se usan referencias a grandes mentes de ciencia para demostrar cierto nivel de experticia. Pero también se habla de cuestiones familiares, de preocupaciones personales, del partido de fútbol del día anterior, de política y otros elementos que hacen parte de la vida fuera del salón. Todo esto sucede en los instantes en los que los estudiantes esperan la llegada del profesor y el inicio de clase. Solo una transición de tiempo/espacio como el que allí se produce, permitiría el carácter y la cantidad de interacciones como estas. Aunque para seguir con una descripción de esta atmósfera de la enseñanza, debería hablar en términos de *microclimas,* que es el término que se utiliza en meteorología para explicar los patrones y procesos atmosféricos que caracterizan un entorno o ámbito reducido o de pequeña escala.

Uno de esos *microclimas* es el de las interacciones entre estudiantes que se encuentran en el pasillo, esperando la entrada del profesor y el inicio de las clases. Para profundizar un poco más en la descripción este *microclima* debo primero retomar algunos elementos de la etnometodología. Para Garfinkel (2006), la manera en la que los individuos dan orden o crean el sentido de su mundo social es a través la selección de ciertos elementos de una situación social en términos de patrones, es decir, a partir de la asociación de elementos que parecen pertenecer a categorías que se pueden clasificar y repetir para diferentes situaciones sociales. En este sentido podemos preguntarnos ¿cómo resulta la interacción entre dos estudiantes conocidos que se cruzan en un pasillo? Para hacer una aproximación desde la etnometodología debemos tener en cuenta ciertos patrones que dan sentido a "ser estudiante", que tienen que ver, para este caso, con su afiliación a una disciplina científica.

Fragmento conversación 1.

1. Estudiante 1: qué clase tiene [hmmm

2. Estudiante 2: dinámica (1.0) es de la maestría de meteorología vamos a ver cómo nos vA

3. Estudiante 1: hmmm aaah, re bien.

4. Estudiante 2: (.) si (0.1) y usted que

5. Estudiante 1: nada voy a hablar con un profe para lo de un grupo de investigación

6. Estudiante 2: aah bien (.) hablamos suerte

Una porción de esta *atmósfera de la enseñanza* fue capturada mientras esperaba en el pasillo, frente a una puerta y junto a otros estudiantes la llegada del profesor. La conversación rompió de cierto modo un silencio que se había generado desde unos minutos atrás, pues era el primer día, nadie conocía a nadie, ninguna de las personas que estaban a mi lado se podían imaginar siquiera que junto a ellos estaba un sociólogo prestando atención a lo que hacían y decían. El tiempo climático que es la definición usada para describir fenómenos climáticos a corto plazo (días, semanas, meses) y sobre los cuales se hacen predicciones en canales de televisión, radio e internet, podría servirme para entender estos momentos en los pasillos. En ese momento no lo entendí, pero ahora es claro que el silencio del primer día, cortado de vez en cuando por una conversación tímida, iba a ir cambiando conforme pasan los días. Algunos días serán más tormentosos, como aquellos previos a la entrega de un taller, o un examen. Pude tal vez jugar a predecir cómo iba a estar la atmósfera fuera del salón para la siguiente sesión.

Fragmento Conversación 2.

1. Estudiante 1: Usted lo que tiene que hacer es delimitar ese problema (.) porque lo que usted quiere hacer es como para un doctorado (1.0) eso de las ondas en las placas tectónicas yo no sé si ya se ha dicho algo de eso para la atmósfera

2. Estudiante 2: (.) pues es que yo leí un artículo de un man y el man lo que hacía era comparar la intensidad de unas ondas en los movimientos algo así de las placas tectónicas y creo que la presión atmosférica en esos mismos lugares (1.0) entonces si hay algo

3. Estudiante 1: Sí sí sí sí pues yo creo que sí hay algo (1.0) pero usted tiene que delimitar esa vaina porque que datos va a coger usted (.) piense cómo va a hacer los experimentos (.) porque acuérdese que la profesora dijo que para presentar el proyecto hay que decir lo que se va a hacer

Para los estudios de Análisis de Conversación (Sacks, 1984), estos pequeños retazos de realidad están cargados de vida social en plena construcción, soportando el peso de la interacción entre individuos que convergen en un espacio, que algunos llamarán escenarios. En la construcción de nuestra atmósfera de la enseñanza, si cada palabra fuera lluvia, viento, temperatura o presión atmosférica, podríamos ver como pasamos de ligeras lluvias y cielos parcialmente nublados, a huracanes y tormentas, cargados de representaciones e ideas que se han construido dentro del salón junto a otras subjetividades, las de los estudiantes y el profesor, acerca del clima, el planeta Tierra y una cantidad y variedad importante de otras entidades.

Pero en este punto quiero volver sobre dos elementos que mencioné anteriormente, unas vitrinas que están ubicadas en algunos lugares del edificio, y un poco de los pasillos y cómo se convierten en actores no-humanos productores de situaciones sociales. Como se ve más abajo, el espacio del pasillo obliga a adoptar posturas del cuerpo tanto a las personas que transitan por allí como a aquellas que esperan por el ingreso a clase. Los

segundos se recargan sobre las paredes, mientras esperan afuera del salón, y van formando pequeños grupos de tres o más personas que interrumpen el flujo continuo a una hora en la que otros cursos están por comenzar. Para los primeros es imposible caminar en línea recta a lo largo del pasillo, por lo que deben esquivar los pequeños grupos o individuos que se encuentran ahí suspendidos. Allí pequeñas conversaciones pueden aparecer en instantes y dan paso a algunas actividades de ciencia en una forma latouriana[6] de ligeras recomendaciones entre colegas sobre algún problema con las muestras, o una reunión sin confirmar y tomada con prisa con un profesor para revisar algún paper, etc. Para el caso de la primera conversación analizada, es claro que el pasillo y sus componentes hicieron inevitable la interacción entre dos personas que se conocían con anterioridad, en un espacio más abierto, el Estudiante 1 habría podido evitar al Estudiante 2, y así la ligera y posiblemente incómoda conversación

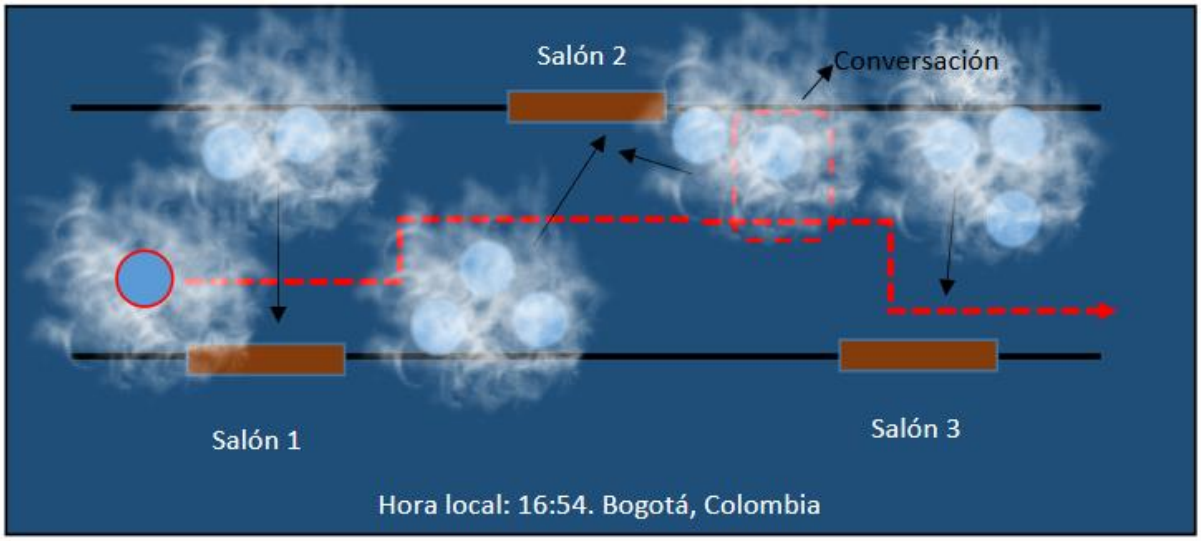


Imagen 1 Flujo en el pasillo

Aquí, pasillo y personas se juntan para crear momentos de interacción que intento capturar en esta ilustración que representa un fragmento de la atmósfera que he intentado construir en esta sección. La línea roja punteada simula la trayectoria de una persona que debe atravesar el pasillo. A su paso, debe esquivar varios grupos de personas aparentemente desconocidas, hasta que, en uno de esos grupos, casi al final de su trayecto, ve una cara conocida, allí surge la conversación. El tiempo materializado en la hora que marcaba el reloj, las 16:54, resulta ser un elemento fundamental para que esta

[6] Ver Latour (1986) *La vida en el laboratorio.*

fugaz conversación existiera. A esta hora, los grupos de personas ubicadas al frente y al costado de las entradas a los salones, están esperando el momento de ingresar a las clases, que deberían ser a las 17:00. Si la persona que pretendía atravesar todo el corredor lo hubiera hecho unos veinte minutos más tarde, toda la situación habría sido distinta.

Sobre las vitrinas que guardan piezas al parecer relevantes para una disciplina como la geología, me llaman la atención un par de cosas. En primer lugar, el estado físico en el que se encuentran, es decir, seguramente hay procesos de preservación y cuidado de los objetos además de la protección que puedan brindar los vidrios que cubren las repisas. En segundo lugar, que cada elemento está acompañado de un formato en el que se indica el nombre del objeto, un símbolo que hace referencia a un estándar, algunas aplicaciones de este, su lugar de procedencia y otros ítems. ¡Aquí está el azufre! Ha sido sacado de su estado salvaje y domado por las manos de científicos para que las personas que pasen cerca de esta vitrina puedan verlo. En términos de Bruno Latour (1986), son aquellos móviles inmutables los que han permitido a científicos de diferentes disciplinas poder trasladar los objetos de la naturaleza de su estado más salvaje e incontrolable, a la seguridad de un laboratorio, la claridad de un mapa o herbario, o a una tensa reunión de un grupo de investigación.

Una vez pude prestar mayor atención a estos objetos, algunos días en los que llegué con tiempo de sobra, intenté plantear algunas preguntas sobre ellos. ¿Qué nos estarían diciendo estos objetos si pudieran hablar? ¿Su único objetivo allí es decorar un edificio de ciencias? ¿Por qué habría en el lugar un mini museo de geología en un departamento universitario? En alguna sesión del Seminario de Estudios Sociales de Ciencia[7], durante el 2018, los conferencistas se preguntaban sobre qué dicen los objetos cuando hablan, haciendo referencia al proceso de diseño de diferentes artefactos y sus inscripciones discursivas. Durante la discusión surgieron propuestas sobre la descripción de los *affordances* como el conjunto de posibilidades que los humanos tienen para el uso que pueden llegar a dar a ciertos objetos. Para comprender de otra manera qué nos dicen los objetos y cómo lo dicen, encuentro más conveniente pensar en las categorías de

[7] Seminario permanente del Grupo de Estudios Sociales de la Ciencia, la Tecnología y la Medicina de la Universidad Nacional de Colombia. *¿Qué dicen las cosas cuando hablan? Aproximaciones a partir del diálogo entre las experiencias dis/capaces y el dispositivo del diseño.* Diana Rodríguez Cely y Nicolás Torres Rodríguez. 21 de mayo de 2018. Bogotá, Colombia.

programas y antiprogramas de acción descritos por Latour (1986), en los que las posibilidades no se reducen a opciones disponibles (*affordances*), como si fueran inherentes a cada objeto, sino que, en la interacción, los actores humanos encontrarán formas infinitas (antiprogramas) para acomodar las funciones de un objeto a sus intereses. Esta ligera aclaración debería servirnos para preguntarnos sobre qué dicen los objetos que decoran un edificio como el que he mencionado aquí. Lo que ha señalado Laursen (2013) es que los objetos dispuestos en los museos tienen varios objetivos planteados por curadores y operarios de estos lugares, pero difícilmente serán cumplidos en la práctica debido a la complejidad de interacciones que se presentan en situaciones específicas entre los asistentes al museo, los funcionarios y objetos de este. Según lo veo yo, el edificio necesita ser identificado, adscribirse a alguna o varias disciplinas mientras se diferencia de otras. En comparación con la otra parte de la edificación en la que se enseña historia, estudios de género y ciencia política, en esta parte nos encontramos con muestras de rocas traídas de algún lugar, expuestas como en un museo, retablos sobre objetos de interés científico que parecen cerrados porque nadie se para a refutar nada sobre su vigencia.

Lo que una vitrina puede sumarle a la producción de la atmósfera que estoy intentando ensamblar en esta primera parte, creo que tiene que ver con la sensación de estabilidad y rigidez que proyecta un cristal que protege objetos de ciencia que ya fueron examinados y clasificados, no sin antes haberlos extraído de su lugar de origen. La fragilidad de lo estable aparece aquí representada por un vidrio que promete proteger lo que hay dentro y un papel con letras escritas en tinta que aseguran saber qué es el objeto y de donde proviene.

IImagen 2 Las vitrinas con objetos (móviles inmutables)

Las dos fotografías en la imagen 2 hacen referencia a estas vitrinas que contienen objetos a modo de colección. Uno de estos objetos tiene una rotulación en la que hace referencia a su nombre, azufre, algunos usos que se dan en la industria y, su lugar de procedencia, Volcán Azufral en Nariño, Colombia. Aparece también el nombre de la persona que se encargó de extraer el objeto de su lugar de origen, clasificarlo, estudiarlo y disponerlo en este lugar.

Para cerrar esta primera parte, quisiera señalar que los pocos elementos aquí mencionados pueden entenderse como porciones, pequeñas partículas de realidad que se relacionan unas con otras creando complejos ensamblajes. Estos últimos resultan ser continuos, contingentes y, paradójicamente proyectan una sensación de estabilidad y rigidez debida, en gran parte, a los objetos, artefactos e instrumentos que los coproducen. Como ya lo habría señalado Bruno Latour (1986), una institución no resulta ser más o menos importante en relación a su tamaño o magnitud, no se trata, en estos términos, de un tema de escala. Lo que resulta ser fundamental es comprender cómo se relaciona, se asocia e interactúa con otros actores, humanos y no-humanos. Aquella rigidez y estabilidad proyectada por algunos ensamblajes son el resultado de la gran cantidad de asociaciones que han tejido entre sí sus diferentes actores.

El salón: Posibilidades de lluvia y vientos huracanados

Hasta el momento tenemos entonces un edificio, un pasillo, personas que lo transitan y conversan entre sí, vitrinas con objetos que normalmente son ignorados por los transeúntes, y ahora estamos frente a una puerta, la del salón. Una vez adentro, al otro lado de la puerta, el performance (Roehl, 2012) da inicio con los estudiantes ubicados en las mesas, el tablero en blanco esperando su momento, un computador portátil conectado mediante un cable VGA a un video beam, el profesor tomando su lugar al frente. Aunque el ingreso de los estudiantes deja ver los rastros de esa *atmósfera* del pasillo, en un momento todos saben que la clase comenzará, lentamente se desvanece el ambiente del pasillo, o mejor, cambia de forma.

La primera sesión a la que asistí fue a la clase de Meteorología Dinámica, a cargo de un profesor que en adelante llamaremos Dr. H.D. Él es físico, magíster en meteorología, doctor en meteorología del Max Planck Institute y dos estancias postdoctorales en ciencias atmosféricas y estadísticas oceánicas. Como veremos en adelante, su objeto de estudio tiene que ver con simulaciones de fenómenos a gran escala (escala sinóptica) que, como él mismo lo afirma varias sesiones después, "resultan más convenientes hacerlas a partir de fenómenos ideales, abstracciones, dada la cantidad de contingencias y variantes que tendría estudiar un fenómeno "real"" (notas diario de campo). Capturar esa realidad del fenómeno resulta ser más difícil que crear un modelo que simule la virtualidad de ¿acaso el mismo fenómeno o uno diferente? Además, la ventaja de la simulación, sobre la representación, según lo explica el experto "es que es menos limitada, se pueden descubrir más cosas desde las leyes de la física, que si se hace con un fenómeno real" (diario de campo). La relación entre lo que se define como "real" y lo que no, comienza a abrirse paso, y acompañará el resto de las sesiones. En un comienzo, a mí en particular me parece una relación compleja, ¿a qué se refieren ellos cuando dicen "real" ?, pues hay ocasiones en las que esta relación pierde sus contornos y lo que parecía ser una simulación de un fenómeno que no existía, es enunciado como algo que ocurrió o está por ocurrir. Espero poder desarrollar más adelante un poco sobre la complejidad de lo "real", la representación y la simulación de fenómenos naturales.

De regreso a las primeras sesiones de Meteorología Dinámica, el encargado del curso el Dr. H.D., luego de presentarse a sí mismo, sugiere que todos los asistentes al curso nos presentemos. La presentación debe incluir, por supuesto, el nombre, la carrera profesional de la cual venimos y el interés en tomar este curso y lo que esperamos de él. El curso es pequeño, éramos menos de diez las personas que asistimos a él. Pierce, es el primero en presentarse. Su español no es muy fluido, dice que es ingeniero en computación, proviene de China, y llegó a Colombia a estudiar la maestría en Meteorología. María, por su parte, es geóloga, recién ha terminado sus cursos en el pregrado y está interesada en continuar estudiando haciendo parte de esta maestría. Luis es licenciado en física, dicta clases en un colegio y le interesan temas relacionados con las placas tectónicas. Pedro es ingeniero hidráulico, posee una especialización, y ya ha trabajado con sistemas y equipos de meteorología. Antes de él, tuve que presentarme yo. David es sociólogo, actualmente está construyendo su objeto de estudio para graduarse de la Maestría en Estudios Sociales de Ciencia y Tecnología. De inmediato, el profesor pregunta si ellos (estudiantes y profesor) son como los ratones de laboratorio y si yo voy a estudiar sus comportamientos. Hay risas en el salón, seguido de un silencio y la mirada de todos los asistentes que esperan la respuesta del sociólogo. - me interesa mirar las representaciones que ustedes hacen sobre fenómenos naturales, cómo se crean y cómo se da la producción de conocimiento de una disciplina como esta - fue lo que respondí intentando salir del apuro. El curso terminó de presentarse con Carlos, un geógrafo interesado en estudiar la interacción entre comunidades y sistemas climáticos de ciertas regiones en Colombia, Juan, agrónomo y Camilo, ingeniero químico. Como vemos, la afiliación a diferentes disciplinas científicas hace parte del curso que se comenzará a construir de inmediato. Esto resulta relevante debido a las competencias que los estudiantes deben tener con las matemáticas y es bien sabido que no todas las disciplinas desarrollan con la misma intensidad esta clase de habilidades. Para los encargados de los cursos esto no es un problema, pues todos partirán de un mismo punto que es un recuento de operaciones básicas que se deben hacer para aprender a hacer meteorología y climatología.

La primera sesión de este curso me sirvió para entender que en adelante estaría navegando en un mar de elementos con los que no me había familiarizado en años, las matemáticas, pero que sabía que estaban en el fondo, como base, de toda disciplina

científica. El Dr. HD., no tardó mucho en ir directo al punto, después de señalar que "hay cosas básicas que revisaremos para entender la atmósfera como un sistema físico". De inmediato se hizo con el marcador, dio vuelta hacia el tablero y comenzó a escribir mientras hablaba. Esperé un instante antes de encender la grabadora y comenzar con las anotaciones que irían en mi diario de campo. "Pero ¿qué voy a escribir? Qué voy a grabar si aquí solo hay un profesor hablando de las propiedades de los vectores", "cómo se hace un diario de campo sobre un tablero repleto de expresiones matemáticas". Ahí entendí que mi diario de campo debía ser construido de la misma manera en la que los estudiantes llevan sus libretas, transcribiendo lo que hay en el tablero.

Este es el comienzo del ensamblaje necesario para traer la presencia de la atmósfera al interior del salón. Una entidad que parece estar en todos lados, en todo momento, y que sin embargo resulta tan compleja de definir, de clasificar, de representar con unas pocas palabras y ejemplos. Parte de esa complejidad comienza ahora con eso que el Dr. H.D., ha llamado "cuestiones básicas" y que tienen que ver con el lenguaje y el Sistema Internacional de Medidas. Aquí es donde La Atmósfera, el objeto de estudio de meteorólogos y climatólogos se aleja de las definiciones antes mencionadas por los diccionarios y la que yo intenté construir en los pasillos del edificio.

Property	Name	Symbol
Length	Meter (meter)	m
Mass	Kilogram	kg
Time	Second	s
Temperature	Kelvin	K

Property	Name	Symbol
Frequency	Hertz	Hz (s^{-1})
Force	Newton	N (kg m s^{-2})
Pressure	Pascal	Pa (N m^{-2})
Energy	Joule	J (N m)
Power	Watt	W (J s^{-1})

Imagen 3 Propiedades Fundamentales de un sistema físico. Sistema Internacional de Medidas

Lo primero fue hablar de las propiedades fundamentales de un sistema físico que son distancia, masa, tiempo y temperatura, de las que se derivan "todas las demás" (Imagen 3), velocidad, aceleración, trabajo, etc. Estas propiedades son medidas en unidades fundamentales que están definidas en el Sistema Internacional de Unidades (Imagen 3). El "repaso" de conceptos se ha ido, poco a poco, convirtiendo en una delimitación de algunos aspectos para que, en adelante, hablemos todos de "lo mismo". Hasta ahora, hemos dado nombre a ciertas propiedades que, al llevarlas a la práctica, se traducen en la descripción de características que aplican para cualquier objeto físico. ¿Cuánto mide esa persona? 1.72 metros. ¿Cuánto mide ese edificio? 56 metros. A continuación, para que sigamos "hablando de lo mismo", necesitamos hacer referencia a los prefijos de escala, es decir, cómo nos vamos a referir a las propiedades de ciertos fenómenos cuando estos sean muy grandes, muy pequeños, o no tan grandes ni tan pequeños. El propósito de nombrar las propiedades de acuerdo con su escala es sobre todo práctico, en el sentido de facilitar las operaciones matemáticas. Estas, sin embargo, pueden transformarse en cualquier momento a conveniencia para adaptarse a cualquier escala que se necesite para el ejercicio matemático. Todo esto ocurre a través de tres aspectos relevantes en la práctica de la enseñanza y el aprendizaje. El primero tiene que ver con el uso del tablero, un marcador borrable, por parte del profesor, y libretas, lapiceros, reglas y otros objetos por parte de los estudiantes. Estos objetos permiten que las características, antes mencionadas y con las cuales se ha comenzado a construir la atmósfera, se conviertan en objetos epistémicos, aquellos que traen ideas abstractas a un plano de comunicación y significación material. El tablero ha permitido históricamente la materialización de estas ideas en el estudio de las matemáticas (Baranay & McKenzie, 2014) y todas las disciplinas que las utilizan para validar su producción de conocimientos. Aquí estoy siendo testigo de la relevancia del tablero y todo lo que se puede hacer en él, incluyendo la materialización de fenómenos relacionados con la atmósfera. Pero también encuentro algunos elementos que entran en tensión en esta relación enseñanza/aprendizaje. Por un lado, los elementos que fueron más difíciles de conciliar y negociar a lo largo de las sesiones tuvieron que ver, precisamente, con el tablero. La ubicación de este muy arriba, casi llegando al techo, el reducido tamaño de la superficie para escribir las fórmulas matemáticas, el reflejo de las luces en la superficie brillante, marcadores claros usados

por los maestros. Las condiciones materiales de los objetos dentro del salón se hacen explícitas, en su mayoría, en los casos en los que afectan negativamente las interacciones. En la práctica matemática, como lo han notado Barany & Mckenzie (2014), los asistentes suelen prestar mayor atención a lo que se escribe en el tablero que a las palabras del expositor. En consecuencia, es recurrente que los estudiantes se "pierdan" en algún punto de las secuencias de los procesos matemáticos y tengan que pedir que se vuelva unos pasos atrás para, después de haber escrito lo que estaba en el tablero, ahora sí prestar atención a lo que el profesor dijo al respecto.

El problema se agudiza un poco más cuando la secuencia debe ser borrada debido al reducido tamaño del tablero y algún estudiante pide que se vuelva uno o dos pasos atrás en una secuencia como la que se muestra a continuación (por ejemplo, fragmento 3). El profesor debe entonces buscar algún espacio vacío en el tablero para volver a escribir y explicar lo que borró, o seguir borrando para escribir de nuevo. La fluidez del discurso, sesión tras sesión, se ve interrumpida por situaciones como estas. Los símbolos en el tablero seguirán teniendo la intención de quién las escribe sea cual sea la superficie, aunque está claro que, si la forma de aprender matemáticas es seguir una secuencia a través de lo que se escribe en el tablero, entonces un tablero que no permita dar continuidad a estas secuencias estará influyendo, en parte, sobre la forma en la que estos expertos están aprendiendo.

El segundo aspecto fundamental tiene que ver con el relato, la voz de los interlocutores en las interacciones, que usualmente da mayor participación a la del profesor. Los relatos que presencié pueden clasificarse en tres tipos según su complejidad. El primero obedece a relatos sobre situaciones cotidianas, en ocasiones ajenas a los temas del curso. Comentarios sobre una noticia relevante para la Universidad o para la ciencia del país, anécdotas de los profesores que pueden ayudar a relajar el ambiente y dar un descanso a la extenuante tarea de seguir fórmulas y ecuaciones. Se trata de relatos en los que el profesor puede soltar el marcador, dejar de mirar el tablero, sentarse sobre el escritorio, cambiar el tono de la voz, hacer preguntas casuales a los estudiantes. Bajo esta modalidad se pueden mencionar temas relacionados con los objetivos de los cursos, como el huracán Katrina que afectó parte de la costa del sur de los Estados Unidos en 2005. Un segundo tipo, intermedio, hace referencia a un tono más especializado con el cual se enuncian

relatos que pueden ser cotidianos o de alta complejidad. Aquí, los profesores se apoyan en material audiovisual. El relato del Huracán Katrina pasa de ser anecdótico y se muestran las imágenes satelitales del fenómeno, la captura de ese momento, y con sus manos, el profesor señala la intensidad de los vientos y lo fuerte del impacto. Allí se enuncian algunas características que comenzarán a ser cada vez más familiares para nosotros, la presión atmosférica, la dirección del viento, la velocidad del viento, entre otras. También se hace uso del tablero y los marcadores para hacer un "paréntesis", esto es, una pequeña interrupción al relato que se venía haciendo. Así, en un espacio reducido del tablero se recrean algunos elementos del huracán o de otros fenómenos, se hacen algunos dibujos para entender lo que no deja entender la imagen satelital, o para complejizar lo que antes fue una anécdota sobre alguna región en Colombia. Por último, el tercer tipo de relato que identifiqué resulta ser el de mayor complejidad. En este se hace uso del marcador y el tablero, el profesor además hace uso de un libreto que ha preparado con anterioridad que en algunos casos está basado en un libro guía (por ejemplo, el de Robert Holton) o en elementos que han preparado para clases previas. El relato va acompañando lo que se escribe en el tablero, recordando el significado que tiene cada elemento, lo que se puede y no se puede hacer con las ecuaciones. Paso a paso, como en una receta, es escrito y narrado cuidadosamente.

Transcripción 3

1. Dr.V.R: Presión atmosférica es fuerza sobre (.) área (0.1) y la fuerza la medimos en N?

2. Estudiantes: (2.0) newtons

3. Dr. V.R: Newtons (1.0) y el área ennn (0.5) metros cuadrado (0.5) ahora (1.) si newton ess kilogramo por metro sobre segundo al cuadrado tendríamos kg sobre segundo al cuadrado por uno sobre metro cuadrado sí? sí

5. Estudiante: aja

6. Dr. V.R: metro con metro se vaa (.) y nos queda que la presión es kilogramo sobre metro por segundo al cuadrado. Qué unidad es esa, muchachos?

7. Estudiantes: (1.0) Pascales?

8. Dr. V.R: COorrecto (.) Pascales

Estos momentos, que componen gran parte de las sesiones, suelen ser tediosos. Los estudiantes en su mayoría prestan mayor atención a lo que va apareciendo en el tablero, pues lo que alcancen a escribir será lo que les servirá para preparar los exámenes. El relato trata de ser fluido, pero se ve continuamente interrumpido debido a preguntas hechas por los estudiantes, sobre lo que aparece en el tablero. La primera forma entonces en las que veo aparecer la atmósfera es en forma de relato oral, que puede ser más o menos complejo dependiendo el momento del curso. En los momentos de mayor complejidad la atmósfera es traída al tablero a través de símbolos, números y gráficos elaborados por el profesor. Estos objetos epistémicos recuerdan que la atmósfera debe ser capturada en porciones y momentos, como fotografías. Me parece que la complejidad de estos momentos recae en el proceso de transformación de una abstracción mental, traída del mundo de las ideas, que debe ser expresada, representada y dotada de sentido a través de un símbolo que debe ser común para todos los que asistimos a la sesión. Esto además se conecta con el complejo aparato de conocimientos previos que se han construido para la disciplina, porque debemos recordar que en estos cursos hay una diferencia sustancial con laboratorios y trabajos de investigación, pues se tratan de clases "teóricas" que lo que pretenden es ofrecer bases conceptuales para, posteriormente, trabajar en producción de conocimiento.

La atmósfera también hace presencia en otros tipos de relato, como ya lo he mencionado, y el tercer elemento que pude identificar como fundamental en esta relación enseñanza/aprendizaje - atmósfera se ubica en la interacción con ciertas actividades y artefactos. En algunas sesiones, las luces del salón se apagan, permitiendo que la imagen proyectada por el video beam se pueda ver con mayor claridad.

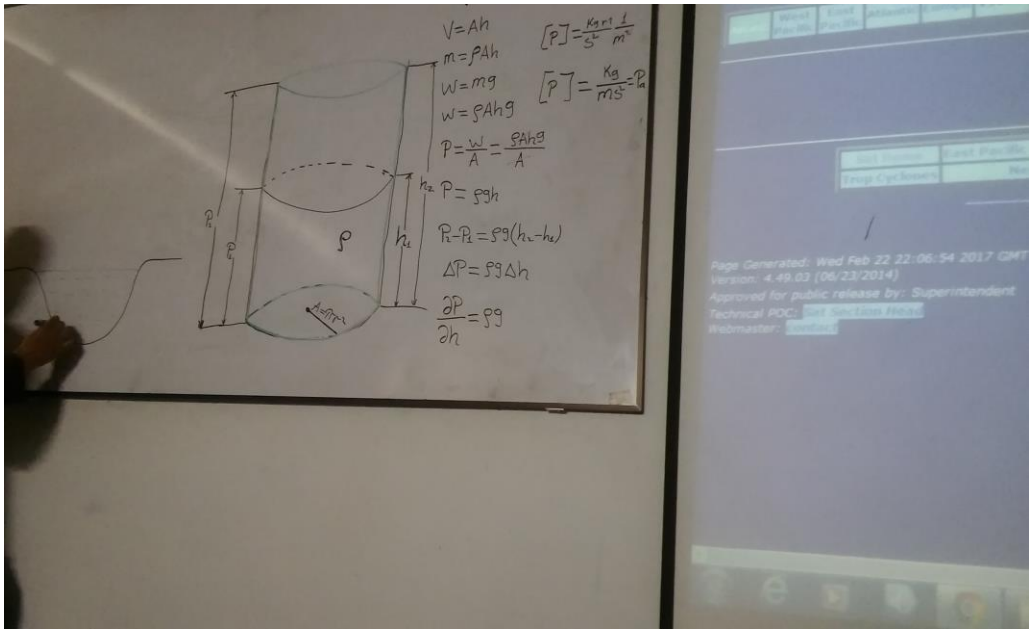


Imagen 4 Una porción de atmósfera. Un cilindro de presión

Dentro de los programas de acción de este artefacto se incluyen algunas instrucciones para su "buen funcionamiento". Además de apagar o desvanecer otras luces, se necesita que al frente esté una superficie plana y blanca, a una distancia mínima de tres metros del proyector, con el área suficiente para el tamaño de la imagen que se desea, una conexión vía HDMI o VGA (pueden existir otros tipos de conexión de acuerdo con el modelo y marca del aparato) compatibles con un ordenador, un cable de potencia, configurar la nitidez y el tamaño de la imagen. Es decir, la "atmósfera" del salón se debe transformar para que las imágenes proyectadas sobre el fondo blanco cumplan con su objetivo, mostrar algunas formas en la que fenómenos relacionados con la atmósfera son representados. Algunas de estas condiciones se cumplen en nuestro salón, pero otras no, por lo que pocas veces las actividades con el video beam se vieron interrumpidas. Condiciones como la distancia a la que debe estar el video beam, la superficie plana, la intensidad de las luces, entre otras, fueron negociadas por los actores quienes no vieron como un obstáculo para el desarrollo de las clases que la imagen proyectada no fuera exactamente del tamaño de la superficie blanca o que no estuviera bien alineada.

El Dr. V.R., profesional en hidrometeorología, magíster ciencias meteorológicas y doctor en ciencias de la tierra de la Universidad Estatal de Hidrometeorología de Rusia, es el encargado del curso de Meteorología y Climatología General. Él y sus estudiantes tuvieron que negociar con algunos problemas que surgieron cuando se quiso acceder la Wyoming

Weather Web[8], para ilustrar qué datos se obtienen a partir de las radiosondas en diferentes lugares del mundo. La red sociotécnica necesaria para este objetivo tiene algunas debilidades para nuestros dos cursos. La señal wifi institucional es inestable, el peso (en bits) de algunos sitios web parece demasiado, actualizaciones del software del ordenador en ocasiones no compatibles, entre otras contingencias, obligaron a postergar la presentación de estos modelos para cuando las condiciones fueran favorables. La Wyoming Weather Web puede ser descrita aquí como una base de datos de propiedad de la Universidad de Wyoming a la que cualquier persona puede ingresar a revisar diferentes cuestiones relacionadas con el tiempo climático (Imagen 4).

Navegar (November, Camacho-Hüber & Latour, 2010) a través de ella permite acceder a una cantidad infinita de datos que difícilmente podrían llegar a ser clasificados en su totalidad, en parte porque estos se actualizan todos los días, incluyen mediciones en cientos de países, en todos los continentes, acerca de múltiples elementos como la nubosidad, temperatura, presión atmosférica, predicción de lluvias, etc. Al intentar ir de un lado a otro en este sitio web, uno podría pensar que solo personas relacionadas con el lenguaje y los símbolos con los que se presentan los datos podrían lograr sacar provecho de ellos, en palabras de Collins & Evans (2002) solo teniendo un nivel de *experticia de interacción*. Pero, como hemos visto, la experticia va más allá del lenguaje y la interpretación de símbolos, se ve reflejada también en la práctica, en la repetición de actividades manuales, en el despliegue de habilidades de todo tipo, en el uso de instrumentos, entre otras. Para poder "navegar" dentro de este tipo de páginas, el profesor de Climatología y Meteorología General ha tenido que repetir actividades una y otra vez, obteniendo resultados diferentes en cada interacción. Los programas de acción (Latour 1992) mencionados arriba, resultan ser útiles una vez más para describir situaciones como esta.

[8] http://weather.uwyo.edu/ es un portal web de la Universidad de Wyoming, EUA, en el que se recogen datos de estaciones meteorológicas en diferentes países del mundo. Allí es posible acceder a los datos ya procesados por modelos estandarizados para crear representaciones sobre diferentes fenómenos relacionados con la atmósfera.

Imagen 5 El centro de cálculo. Wyoming University

En la práctica de ingresar a una página web intervienen una cantidad de elementos y actores que se conectan en una red socio técnica en la que el profesor debe saber interactuar. Aunque los diseñadores/creadores de estas redes crean instrucciones (programas de acción) para cada elemento de sus objetos, las posibilidades de interacción crecen con cada actor que entra en el juego. La práctica va haciendo que el usuario se vuelva experto en sus propias formas de interacción con los diferentes no-humanos dentro de la red. El uso de anti-programas de acción se ha vuelto tan común en el uso de la tecnología que en ciertas ocasiones diseñadores y creadores terminan incluyéndolos dentro de los programas de acción.

La noción de un centro de cálculo (Latour, 1992) resulta pertinente para comprender lo que es la Universidad de Wyoming como un actor fundamental en el ensamblaje de esa atmósfera que estamos intentando comprender acá. Por un lado, tenemos que recordar que eso a lo que llamamos conocimiento, según Latour, hará referencia a ciclos de acumulación, entendiendo, por ejemplo, que un extranjero debe viajar más de una vez a una tierra desconocida, explorar, clasificarla y traerla de vuelta a su hogar para poder estar en ventaja y hacer válido el conocimiento que ha adquirido acerca de aquel lugar. Traer de vuelta la tierra desconocida a través de documentos, mapas y objetos servirá para nuevas generaciones de interesados en estudiar temas sobre aquellos territorios. La acción a distancia permitirá validar el conocimiento que se enuncia por una institución establecida como centro a través del flujo de relaciones e información ensamblado con las periferias. De esta manera se crea una asimetría dentro de la producción y

acumulación de conocimientos entre los centros y las periferias, pues es hacia los primeros donde se conducen los datos, la información y los objetos recolectados, precisamente por actores de aquellas periferias. Cuando el Dr. V.R., comenta a modo de anécdota la manera en la que solían tomarse los datos algunos años atrás, está precisamente desensamblando la red de las relaciones entre los centros de cálculo y las periferias que describen la meteorología en el país. El centro al que fluye la información en Colombia es el IDEAM (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales) con sede en Bogotá, donde a cierta hora del día llegan los datos capturados por estaciones meteorológicas ubicadas en distintas partes del país. Una vez han llegado a Bogotá estos datos se procesan, clasifican y a partir de ellos se producen las predicciones sobre lluvias, temperaturas, vientos, etc. Hoy en día existen sistemas automáticos de recolección y procesamiento de datos, pero como lo señala el profesor, esto anteriormente debía hacerse a mano, con libreta y lápiz.

Transcripción 4

Ahora con tanta tecnología todo es más fácil (.) a ustedes muchachos les tocó la parte fácil de meteorología ⟦risas⟧ usted entra acá busca Bogotá ⟦clic, sin respuesta⟧ (.) donde está Bogotá (.) acá está ⟦clic, aparece Bogotá⟧ (.) mira la presión ⟦clic⟧ mira la temperatura ⟦clic⟧. O puede volver a la imagen ⟦clic⟧ y mirar el anticiclón chileno ⟦señalando con la mano abierta⟧ o el de baja california (.) por acá no se ve bien pero está el anticiclón de los azores y así. (3.0) Y todo eso lo hace un computador, usted mete los datos y ya está. (.) Nosotros a las 6 de la mañana en el Ideam recibíamos por teléfono los datos y usted los anotaba en su libretica y luego a mano tenía que dibujar mapas como estos usted se imagina? ⟦risas⟧

Por su parte, La Wyoming Weather Web recibe datos de instituciones como el IDEAM en Colombia, y sus similares en cientos de países. Es uno de los mayores centros de cálculo desde los que se ensambla la atmósfera. La cantidad de información que reciben y producen desborda cualquier análisis, pues además de los datos que provienen de los diferentes países, también adquieren imágenes y datos obtenidos por satélites puestos en órbita y sondas en los mares. La acción a distancia de la institución ha logrado este gran flujo de información con el cual se ensamblan los diferentes fenómenos que hacen

parte del estudio de la atmósfera. Hacer atmosfera en este sentido significa entonces movilización masiva de datos desde las periferias hacia centros "locales" y de allí hacia uno o varios centros globales. La cantidad de información es transformada por actores humanos y no-humanos y devueltos en forma de conocimiento a través de una página web en la que cualquier persona interesada en conocer sobre la atmósfera puede interactuar. De esta manera es retornada la atmósfera capturada por las periferias, por los satélites y por las sondas en los mares.

De vuelta al salón, el Dr. V. R., navegando en este tipo de sitios web, señala que basta con dar clic en cualquier pestaña de la página para que aparezca un nuevo mapa. Se puede seleccionar la región (dividida por continentes y subcontinentes), los fenómenos a observar (dispersión de contaminantes, sistemas ciclónicos, velocidad de los vientos, temperatura, etc.), y otros elementos. Cada clic abre nuevas posibilidades y la interacción con el software cae en una situación paradójica en la que el actor humano (el estudiante o profesor) cree que está dando instrucciones al no-humano (el software) "ordenando" que desea ver a continuación a través del "clic". Sin embargo, ahí tenemos las instrucciones dirigidas desde la pantalla hacia los estudiantes y el profesor, "si desea ver lo que sucede con el viento en Bogotá hoy, haga clic en el lugar correcto". En todo caso, este tipo de lugares, páginas web, han sido creadas para responder a los deseos e intereses de quienes atraídos en estudiar la atmósfera en nuestros tiempos. Es evidente que años atrás no era posible mostrar en un salón de clase la interacción con un software, por lo que se podría pensar que con su existencia se ha crean nuevos tipos de experticia, el de ser experto en interacciones con softwares meteorológicos, por ejemplo.

El último elemento que quiero señalar, antes de salir del salón, tiene que ver con el tablero. El tablero ha sido diseñado como un documento instantáneo de poca duración y gran formato que sirve para que cualquier asistente en un mismo espacio pueda observar lo que allí sucede. Por lo general está ubicado de manera horizontal sobre una pared al frente del salón. Tenemos así que tanto salón como tablero tienen una distribución de sus dimensiones: arriba, abajo, derecha e izquierda para el tablero; atrás, al fondo, al frente, derecha, izquierda, la puerta, la ventana, etc., para el salón. La tecnología del tablero y la posibilidad de escribir y borrar cuantas veces se desee no tiene restricciones sobre dónde comenzar a escribir, ni dónde terminar, aunque sus barreras son bien marcadas. Por el

contrario, las libretas o cuadernos en los que los estudiantes toman nota son de un tamaño reducido, algunas veces con orientación vertical, la posibilidad de escribir y borrar es condicionada por otros elementos materiales, como el uso de lápices y lapiceros, la disponibilidad de borradores y correctores. Además de ello, los estudiantes están lidiando con el tiempo y deben desarrollar habilidades especiales para escribir, comprender y además corregir de ser necesario. Las diferentes mezclas de tecnologías presentes en los cursos exigen de los estudiantes habilidades que han sido perfeccionadas con los años (si tenemos en cuenta que la escolaridad puede comenzar desde edades tempranas). Deben saber transcribir en sus libretas lo que el profesor va indicando, jugando con el espacio con el que disponen, a su vez, deben atender al discurso del profesor con que acompaña la escritura; también tratar de traducir eso que están viendo y oyendo para su posterior interpretación, pero también deben tener habilidades sociales y comunicativas por si desean preguntar algo al profesor delante del resto de asistentes, estar atentos a cualquier pregunta que dirija el profesor, esperando que los estudiantes respondan, en fin. Estas y otras actividades son muestra de la complejidad de los asuntos que tienen lugar, por ejemplo, en dos horas de una clase de Meteorología Dinámica. Al final, los exámenes para evaluar las competencias de los estudiantes sobre el curso ignorarán por completo estas otras habilidades. Aunque pueda ser objeto de otra investigación, podría aquí anticipar que para estos exámenes y la forma en la que los estudiantes se preparan, la interacción de la clase forma parte de un conjunto de otras actividades que materializan el aprender y que pueden estar siendo desarrolladas tanto individual como colectivamente en otros espacios. Más allá de lo obvio de esta afirmación, está que estas actividades podrían no solo complementar en algún sentido lo que sucede en clase, sino que podrían también estar contradiciendo mucho de lo que las relaciones maestro/estudiante/objetos tuvieron lugar durante las sesiones en el salón.

La relación atmósfera y tablero comienza a evidenciar su tensión cuando intentamos representar tres dimensiones (que se supone corresponde a la “realidad” de la atmósfera) en una superficie de dos dimensiones (que corresponde a la condición material del tablero). Esto exige tanto del maestro, como de los estudiantes, procesos de asociación y uso de metáforas (Thom & Roth, 2011), aún más explícitos que en los casos de otras expresiones matemáticas, en los que cuerpo, signos y gestos contribuyen a producir el objeto del que se habla. Este nivel de asociación debe ser reforzado una y otra vez según

el caso. La atmósfera en este sentido se ensambla a partir de la traducción en la producción de objetos epistémicos, pues muchas veces estos resultan bastantes complejos y no basta el despliegue de sus componentes en el tablero, como en el caso del *Efecto Coriolis.* Para que se pudiera tener una noción del espacio correcta en la comprensión de este fenómeno fueron necesarios varios recursos. El que más llamó mi atención fue el de un paraguas que el Dr. H.D. utilizó para representar el movimiento de una masa suspendida en el aire. Allí necesitábamos contemplar su altura respecto a la superficie de la tierra, pero también su posición inicial y final respecto a la longitud y latitud en términos de coordenadas en la tierra. El dibujo de una esfera en la que se ubicó la masa y todas las flechas que indicaban los vectores del fenómeno, no bastaron para que la totalidad de los estudiantes entendiéramos la naturaleza del movimiento de este. Es entonces cuando un estudiante sugiere - profe, explíquelo con ese paraguas - . La forma semicircular del objeto resultó ser útil para la explicación. - Imaginemos que esta es una parte de la tierra, y aquí tenemos nuestro objeto suspendido… la altura la determinamos desde la superficie de la tierra, hacia dentro del paraguas, la longitud hacia este lado y la latitud hacia acá… ¿si es claro? -. La atmósfera aquí fue evocada por la noción que todos tenemos de su forma esférica, acompañada de la asociación directa del paraguas con una porción del planeta. Este ejercicio de imaginar que latitud y longitud son porciones del planeta, que lo dividen en celda, debe además asociarse y dar sentido a las ecuaciones con las que se está trabajando. Las traducciones en esta porción de realidad capturada desprendieron por completo el ser del paraguas como objeto que nos protege de las lluvias y se convirtió en un momento en un modelo de tercera dimensión en el cual era posible ver cómo la atmósfera tiene partículas suspendidas en el aire que se mueven debido a la rotación de la tierra, el *efecto Coriolis* y otras entidades.

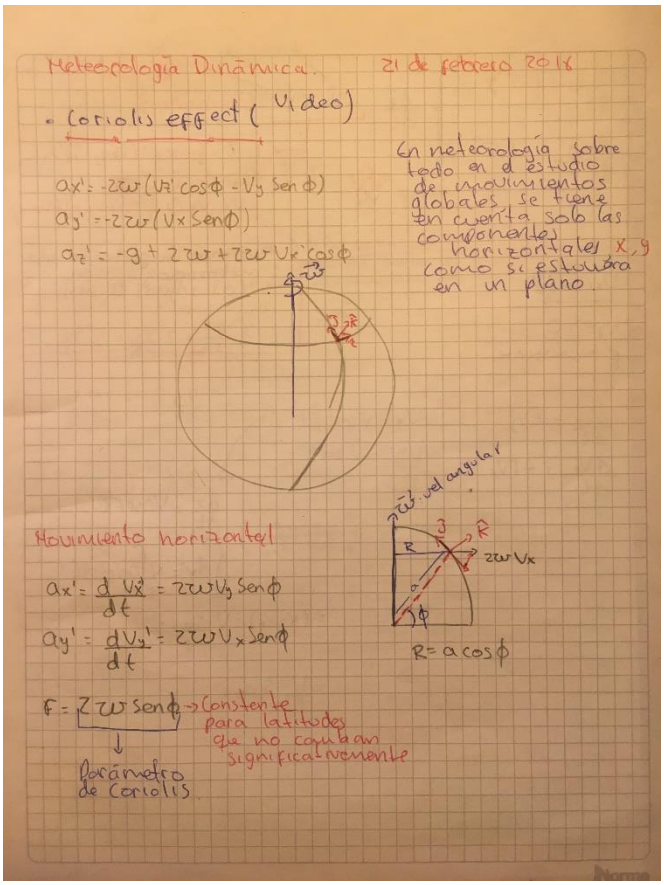


Imagen 6 El Efecto Coriolis y el Paraguas

La atmósfera adentro y afuera

Otro de los elementos que llamó mi atención en las observaciones que hice durante las diferentes sesiones se encuentra en la tensión entre lo que se entiende como real y las formas de representarlo o producirlo. En este sentido, dentro del salón, de acuerdo a lo que he intentado describir hasta el momento, hemos estado hablando de lluvias, vientos, huracanes, temperaturas, etc., a partir de una serie de actividades que constituyen el conocimiento meteorológico, es decir, el conocimiento de la atmósfera. Sin embargo, mientras afuera del salón llueve, o el viento hace que los árboles se muevan, o el frío hace que las personas usen abrigos para cubrirse, etc., esto pocas veces es mencionado dentro del salón. Las lluvias adentro no son lo mismo que afuera. En el exterior la lluvia hace que la gente busque refugio, es agua que viene del cielo, generalmente si hay nubes puede haber lluvia. Dentro del salón la lluvia es precipitación, que debe entenderse a partir de diferentes elementos como la reducción de las temperaturas a una altura *h* y aumento de la presión atmosférica en un momento determinado.

Imagen 7 El tablero para observar nubes. Las nubes

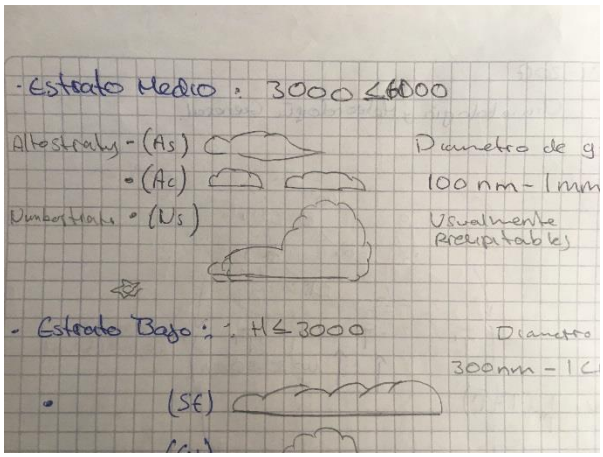


Imagen 8. Cómo observar y nombrar nubes

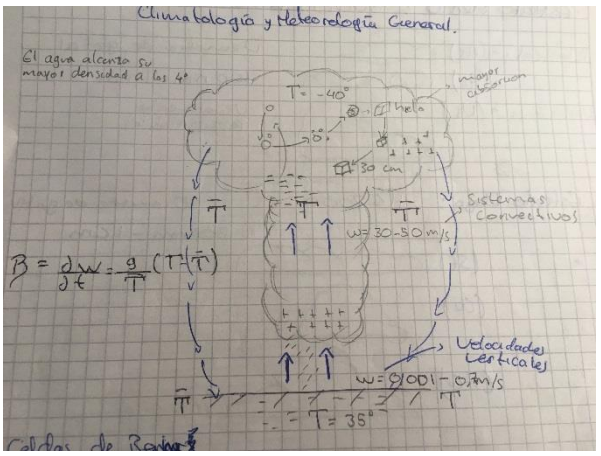


Imagen 9. La complejidad de la lluvia

Dentro del salón, lluvia y nubes tienen una relación muy diferente a la que tienen allá afuera. Las segundas se dibujan y se clasifican según su forma, tamaño y altura respecto con la superficie de la tierra. Mientras que afuera, por pura observación deben asociarse a esas formas que no resultan ser tan claras si uno está ubicado en el suelo, más difícil aún calcular la altura a la que se encuentran. Según el Dr. V.R, si pudiéramos estar arriba, las veríamos con mayor claridad y podría ser más fácil identificarlas. Ciertas características son pasadas por alto si uno no es un experto en nubes, o si por lo menos

no está relacionado con la correcta observación de estas entidades multiformes. La primera es el albedo, el índice de absorción de energía solar de los colores. El blanco es el color ideal para proteger la tierra de los rayos UV, debido a que su nivel de absorción es muy bajo, mientras que su capacidad de reflexión es muy alta. Esta característica hace que a las nubes se les atribuya la función específica dentro de la atmósfera, además de generar las lluvias, de reflejar parte de los rayos UV y otras partículas que vienen del espacio, protegiendo la vida en el planeta. Otro elemento que se puede destacar de las nubes tiene que ver con el cambio de su color ¿por qué las nubes se tornan oscuras, en ocasiones llegan a ser negras? Esto según lo vemos en clase tiene que ver con el tamaño y densidad de los cuerpos nubosos. Cuando se acumulan formando nubes de gran tamaño, la luz deja de pasar a través de ellas y lo que vemos entonces como nubes negras u oscuras es más bien la sombra de nubes que siguen siendo blancas.

El D.r. V.R., decidió que la mejor manera de comprender las formas y el comportamiento de las nubes es saliendo del salón, luego de haberlas dibujado en el tablero y haber explicado sus características. Siendo casi las seis de la tarde, aún hay luz para ver nubes. En una terraza desde la cual se ve el atardecer, el profesor aprovecha para hablar, no solo de nubes, sino de otros fenómenos, relacionados con la hora a la que el sol deja ver los rastros de contaminación sobre la superficie de la tierra, y unos rayos que se pueden ver reflejados al oriente solo a cierta hora. Bogotá resulta ser una buena ciudad para ver nubes, dice él. Con su mano, como si estuviera señalando en un tablero dice - ¿lo ven muchachos? Esa formación de allá son *cumuliformes,* deben estar a unos veinticinco mil o treinta mil metros, es decir, de alto estrato. Si ustedes se fijan más arriba hay unas que tienen una forma como pintadas con una espátula, esas son *cirros stratus,* se encuentran a alturas de más de seis mil metros de altura. “Debido a sus cristales de hielos, pueden presentar efectos ópticos en la atmósfera, como los que estamos viendo” - (haciendo referencia a los colores rojizos que deja ver el atardecer).

Mientras el profesor seguía señalando en este gran tablero las formas y nombres de las nubes, pude notar mi dificultad para entender la profundidad de la atmósfera, de eso que comúnmente llamamos el cielo. Antes de esta sesión, nunca me detuve a mirar que antes de tres mil metros es la altura a la que suelen acumulase las nubes y que antes de los mil quinientos, en lo que el Dr. V.R., llama cinturón de condensación, es dónde se generan las

lluvias que son tan comunes en una ciudad como Bogotá. El ejercicio de salir del salón, llevando una clasificación en mente, una idea de cómo se debe observar y nombrar nubes, resultó ser por demás provechoso. Entonces, la atmósfera afuera y adentro, con todos los fenómenos que la componen incluidas las lluvias y las nubes, tienen en la práctica de enseñanza y aprendizaje diferencias materiales muy importantes. Afuera no nos queda más que intentar mirar nuestras libretas y tratar de acertar la altura a la que puedan estar ciertas nubes y su forma para definir su nombre. El tablero aquí afuera, ese gran y profundo cielo en tercera dimensión resulta ser inabarcable. Sin embargo, al igual que nuestro tablero dentro del salón, este también es instantáneo, se borra con el paso del tiempo para dar nuevas formas y traer nuevas nubes a la porción que alcanzamos a observar desde nuestra limitada posición. Dentro del salón, aunque el tablero resultar ser muy limitado, permite abarcar mayores porciones de ese cielo, gracias al uso de escalas y las características que ya hemos mencionado. Además de ello, tenemos el soporte de softwares como la página web de la Wyoming University. La atmósfera se muestra fluida, un *continuum*, en el que tiempo y espacio se desdibujan una y otra vez mientras que satélites, sondas, y estaciones meteorológicas intentan capturar instantes y porciones de esta gigantesca entidad.

Finalmente, para cerrar esta sección, quiero retomar uno de los aspectos que mencioné anteriormente que tenía que ver con la toma de información por parte de los actores que conforman una estación meteorológica, para ser enviada a *centros de cálculo* desde donde se produce el conocimiento acerca de la atmósfera. En una ocasión visitamos una estación meteorológica como parte del curso de Meteorología y Climatología General. La idea allí era conocer el nombre de los instrumentos, para qué servían y cómo se tomaban los datos que se utilizan en las diferentes ecuaciones que habíamos visto previamente en el curso y otras que aún no conocíamos.

Imagen10 La estación meteorológica, el heliógrafo.

Imagen 11 Barómetro y Termómetro

Imagen 12 Otros instrumentos

Imagen 13 Toma de datos virtual

Imagen 14 Toma de datos manual

El termómetro y barómetro análogos ubicados dentro de la pequeña caseta indican la temperatura y presión atmosférica del lugar. Su lectura me resultó bastante compleja aún después de la instrucción del profesor. Una pequeña barra de mercurio resulta ser la clave para la interpretación de la temperatura, igual para el caso de la presión atmosférica. Estos son los objetos más sensibles de la estación, deben ser manipulados cuidadosamente por personas para la toma de datos. Para el termómetro, solo el número que indica en grados Celsius la temperatura no basta para ensamblar atmósfera, hace falta hacerlo cada cierto tiempo, anotarlo en una planilla indicando también la fecha y hora a la cual se hizo la toma de información. Este es el inicio del flujo de datos que terminará tal vez en el IDEAM y se juntará como miles de tomas más, harán parte de un modelo y finalmente aparecerá en las gráficas que nos presentan las páginas web o las secciones de noticias dedicadas a estos temas.

El heliógrafo, por su parte, captura la duración y la intensidad de los rayos solares durante un día. Este artefacto consta de una esfera de cristal que se ubica sobre un pequeño trozo de papel. La esfera concentra los rayos de sol y hace que el papel se queme dejando una mancha marrón de diferente intensidad y continuidad dependiendo las condiciones de los rayos en un día cualquiera. En la toma de datos con este artefacto también resulta imprescindible la interacción con un actor humano que debe cambiar el pequeño trozo de papel después de tomar anotar en una planilla la información y recolectar el trozo ya quemado.

Tabla 1 Los instrumentos de la estación meteorológica

Termómetro	Mide la temperatura. Lectura análoga. Interacción indispensable con actores humanos para lectura y “poner en ceros” o “reiniciar”
Barómetro	Mide la presión atmosférica. Lectura análoga. Interacción indispensable con actores humanos para lectura y “poner en ceros” o “reiniciar”.

Pluviómetro	Mide la cantidad de agua que cae sobre la superficie. Lectura por observación e interacción indispensable con actores humanos para la toma de datos.
Pscicrómetro o higrómetro	Medida de la humedad relativa del aire y la temperatura de punto de rocío. Su interacción con actores humanos no es indispensable. Los datos son tomados por computador de manera permanente.
Heliógrafo	Mide la duración e intensidad de la luz solar. Interacción indispensable con actores humanos para su buen funcionamiento y toma de datos
Anemómetro	Medida de la velocidad del viento. Toma de datos por computadora. Su interacción con actores humanos es mínima.
Veleta	Hace referencia a la dirección del tiempo. No me quedó clara la toma de información, si es que existe, de este instrumento.

Como vemos, en una estación de meteorología como esta, la atmósfera se ensambla a partir de los instrumentos y su interacción, en mayor o menor medida, con actores humanos. Las entidades que se materializan aquí son la luz solar, el viento, las lluvias, la temperatura, la presión atmosférica. Este complejo meteorológico, al igual que el salón, se encuentra de cierto modo aislado, y no se combina con ninguna otra actividad que no tenga que ver con la toma de datos de las entidades ya mencionadas.

2. La práctica a través de los ojos de las matemáticas: seguir los vectores, reducir ecuaciones

Un barco, viajando hacia el oriente, cruza por una isla en su ruta hacia una costa cercana para descargar su mercancía. El viaje hasta acá ha sido extenuante. En su trayecto han tenido que enfrentar fuertes lluvias, navegar en contra de la corriente y sortear vientos de altísimas velocidades. Por suerte, la isla es una señal que les avisa a sus tripulantes que se acercan a su destino. Por fin podrán descansar y recibir el pago por la entrega, antes de embarcarse en su camino de regreso…

Este pequeño relato, recrea una imagen muy común para cualquiera que haya pensado en viajes a través del mar. Existen diferentes elementos desde los cuales se podría hacer una exploración de su materialidad, redes sociotécnicas, interacciones entre actores humanos y no-humanos. Por ejemplo, preguntar por la agencia de las cartas de navegación como móviles inmutables (Latour, 1992) que han hecho posible que estos marineros regresen una y otra vez al lugar donde pagan por la mercancía que han traído. También, la relación entre centros y periferias en el flujo de mercancías o información que transitan a lo largo y ancho del océano y lo que supondría la existencia de un centro de cálculo desde donde se controla todo a distancia.

Sin embargo, para el interés de esta investigación, este relato puede ser traducido a otros términos para que sirva como ejemplo de la materialización de la atmósfera y algunas de las entidades con las que se relaciona. Una traducción hecha de este relato por una clase de Meteorología Dinámica hablaría en los siguientes términos:

"La presión disminuye en 3 hPa cada 180 km hacia el oriente. Un barco que va viajando hacia el oriente a 10 km/h, mide una disminución en P de 1 hPa cada 3h. ¿Cuál es el cambio de temperatura de una isla por la cual el barco está cruzando?".

La intención de este relato no es reflejar situaciones cotidianas en la vida de los navegantes y los actores con los que se relacionan. Lo que pretende es visibilizar entidades que no resultan tan evidentes en estas situaciones, pues *presión* no está etiquetada a lo largo del viaje de este barco cada 180 km a la vista de la tripulación. Más

vale que el barco venga equipado con un barómetro si desean conocer la presión atmosférica en cualquier momento. Pero también, más vale que tengan idea de cómo calcular la variación de la presión que les podría indicar posibilidades de lluvia o presencia de huracanes en su viaje.

Según el libro *An Introduction to Dynamic Meteorology*, del estadounidense Robert Holton, y el D.r. H.D, necesitamos hacer uso de la *Derivada Total,* para conocer la relación entre la presión de la isla y la que es capturada por el barco en el momento en que está cruzando frente a la isla. Luego de unos cuantos pasos, reemplazando algunos valores, moviendo algunas variables, escogiendo el sistema de coordenadas y resolviendo un par de derivadas habremos resuelto el misterio. Antes de cualquier cosa, el profesor sugiere realizar un dibujo, para tener más claro que es lo que estamos haciendo.

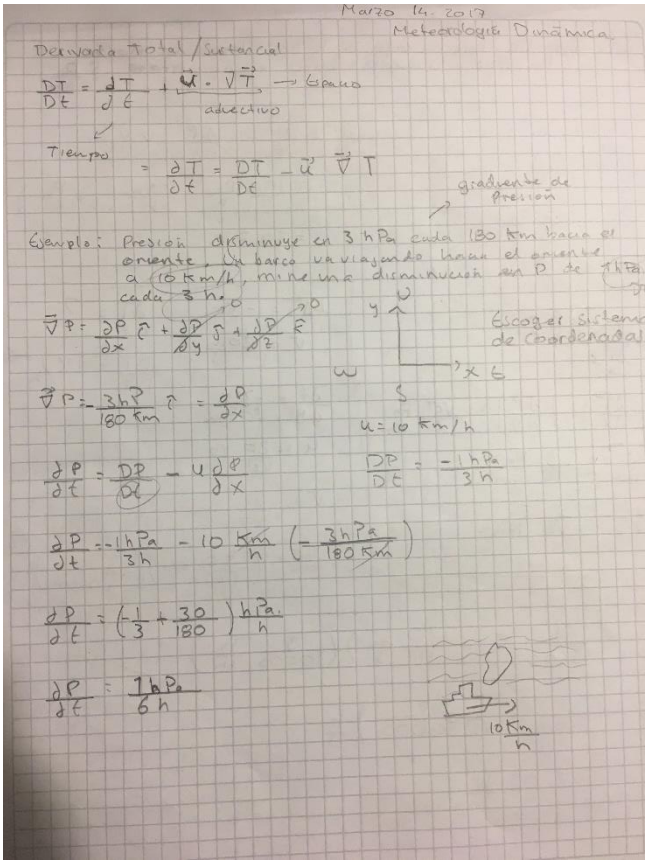


Imagen 3 El bote que cruza la isla

En este punto me voy a permitir describir qué sucedió. Luego de hacer el dibujo de la embarcación y la isla, tuvimos que elegir el sistema de coordenadas. Este primer sencillo y elemental paso consiste en colocar una cuadrícula imaginaria sobre la situación, en la que se hagan explícitas tres dimensiones. Para nuestro caso, conviene ubicar un eje (el *x)*

para que coincida con la dirección oriente. Los otros dos ejes, el eje *y* para la altura, y el eje z para la dirección norte-sur, como veremos, aquí son irrelevantes. ¿Por qué son irrelevantes? El relato hecho bajo estos términos necesita de un contexto, no en un ambiente marítimo, geopolítico, ni si quiera cultural, sino en el tema que estamos revisando en clase que corresponde al de la *Derivada Total.* Este tema considera matemáticamente los cambios sufridos por las propiedades de un cuerpo en movimiento. Por ejemplo, un globo aerostático en movimiento tiene su propia temperatura, pero esta se ve afectada cuando atraviesa un lugar donde la temperatura pueda ser mayor o menor. También podemos hablar de una *parcela de aire*, que se mueve hacia una dirección con una temperatura determinada. Al entrar a un espacio en el que la temperatura es mayor que la propia, tanto la temperatura de esta *parcela*, como la del espacio mencionado se verán afectadas. La relación entre estas dos temperaturas estará dada por nuestra llamada *Derivada Total.* Esta relación también se puede calcular para los cambios de presión que sería el caso de nuestro relato del barco que cruza la isla.

Pero ¿Qué es la *Derivada Total*? ¿Con qué otros elementos se relacionan? ¿Cómo se enseña? ¿Cómo se llega a ella? Detrás de todos los elementos que hemos mencionado hasta este momento, nos encontramos con un ensamblaje epistemológico de gran envergadura que considera postulados matemáticos que se han enseñado y discutido durante varios siglos y que hacen presencia dentro del salón a través de este ejemplo que debe ser resuelto en el tablero y en los apuntes de los estudiantes.

Sistema Lagrangiano vs Sistema Euleriano

Cuando el Dr. HD, hacía referencia a la atmósfera como un sistema físico, le dio a esta entidad una serie de propiedades que hace que pueda estudiarse como un fluido una "continuidad" siempre en movimiento y que nunca se detiene. El estudio de este tipo de entidades está presente en gran parte de la preocupación de personajes que han dejado su marca en la historia de la física, como el astrónomo y matemático italo-francés Joseph Louis de Lagrange y el matemático, físico y filósofo Leonhard Euler. Ambos hicieron aportes al estudio de los cuerpos en movimiento en el siglo XVIII, tras encontrar algunos vacíos en los sistemas cartesianos y newtonianos. El sistema Lagrangiano propone seguir los cuerpos en movimiento a través de su desplazamiento dentro de otro cuerpo fluido

para entender los cambios en sus propiedades físicas, siguiendo las leyes de conservación de energía, masa y momento. Esto requiere establecer un punto inicial en el que estas condiciones se encuentran también en un estado inicial, para luego establecer otro punto en el que la posición y también las propiedades de este cuerpo han cambiado. Esto sería, más o menos, como estar a bordo de un bote al interior de un río y seguir su trayectoria, desde adentro, para conocer los cambios, tanto del río como de la embarcación. Por su parte, Euler propone un sistema en que se establece una parcela, o punto de control y se observarán, desde afuera, las entradas y salidas de diferentes cuerpos a través del cuerpo fluido. Esto sería como sentarse a la orilla del río y observar un punto fijo por el que pasan diferentes cuerpos.

En términos de Holton

> En el marco de referencia de Euler, el volumen de control consiste en un paralelepípedo de lados δx, δy, δz, cuya posición está fija con relación a los ejes de coordenadas. Los presupuestos de masa, impulso y energía dependerán de los flujos causados por el flujo de fluido a través de los límites del volumen de control. Sin embargo, en el marco lagrangiano, el volumen de control consiste en una masa infinitesimal de partículas de fluido "etiquetadas"; por lo tanto, el volumen de control se mueve siguiendo el movimiento del fluido, siempre conteniendo las mismas partículas de fluido.

Los dos sistemas fueron revisados en clase a través de sus expresiones matemáticas. Sin embargo, por algunas razones prácticas el sistema Euleriano resultó ser el que se utiliza con mayor frecuencia para el estudio de ciertos fenómenos relacionados con la atmósfera, así como en la utilización de diferentes softwares que modelan sistemas climáticos. Para nuestro relato de la pequeña embarcación cruzando una isla y cuya variación de presión queremos calcular, el sistema que utilizaremos será el Euleriano. Esto quiere decir que no nos quedaremos dentro de la embarcación y fijamos una posición inicial y una final y calcularemos en cuánto varió la presión, sino que nos concentramos en la isla, o mejor, un cubo imaginario en que la podemos encerrar, y vemos como el barco y atmósfera cruzan a través de ella. Aunque, cualquiera de los dos sería útil para este tipo de ejercicios.

La serie de Taylor

Para aplicar las leyes de conservación a este caso en el marco de Euler es necesario hacer una traducción al campo del Cálculo en el que se deben relacionar la *Derivada Total* con la *Derivada Local o parcial.* La primera (denotada *D/Dt*) hace referencia a los cambios ocurridos que se pueden capturar en un instante cuando un flujo pasa al interior de esa figura imaginaria en la que hemos encerrado la isla. La segunda es tan solo una derivada parcial respecto al tiempo. Si se toma una variable como *temperatura*, entonces tendremos que considerar sus cambios en ese plano imaginario, es decir, respecto a los ejes *x, y, z.* Esto, en otras palabras, significa que hay una dependencia, en este caso, de la *temperatura* respecto al punto que se encuentre dentro de este plano. Así, si un globo que se mueve por el viento tiene temperatura en un punto específico en el que lo comenzamos a estudiar, esta va a cambiar de acuerdo al tiempo y a su punto en los ejes *x, y, z*, que son los que componen esa parcela, o figura imaginaria que hemos creado para estudiar nuestro pequeño barco.

¿Cuántos cambios de posición pueden existir dentro de esta figura? Pues infinitos. Y para ello es necesario utilizar una Serie de Taylor, que permite calcular variaciones en una cantidad infinita de derivadas o integrales. Ahora hay que seguir transformando. Esta transformación llega hasta este punto en el que se incluye una traducción a la notación vectorial.

Los vectores y el Sistema Internacional de Medidas

En la sección anterior, exploramos brevemente el uso de un lenguaje basado en el Sistema Internacional de Medidas, y la notación con la que podemos nombrar entidades muy grandes o muy pequeñas. Luego de esto tuvimos que hacer una delimitación entre dos tipos de cantidades, una escalar y otra vectorial. Antes de seguir con los vectores, veamos un poco una referencia al Sistema Internacional de Medidas.

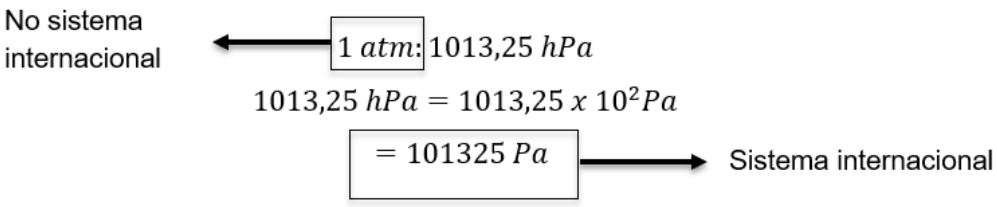


Imagen 4 Transformación al Sistema Internacional

La imagen 16 hace referencia a los términos en los que se debe hablar de presión. En este caso, cuando nos hablen de la presión en *atmósferas* (atm), pero esta unidad no corresponde al Sistema Internacional de Medidas. La traducción que debe hacerse es a *Pascales (Pa),* que es la unidad que corresponde a dicho sistema. Esta traducción debe memorizarse, es un estándar ya establecido y una operación matemática básica para el estudio de la presión de los fluidos. Una unidad de *atmósfera (atm),* va a corresponder a 1013,25 *hecto Pascales. Hecto*, hace referencia a la notación científica que indica que este número es mucho más grande, es decir, que debe ser multiplicado por cien, para finalmente poderlo expresar en *Pascales (Pa),* y por fin poder hablar en términos del Sistema Internacional de Medidas.

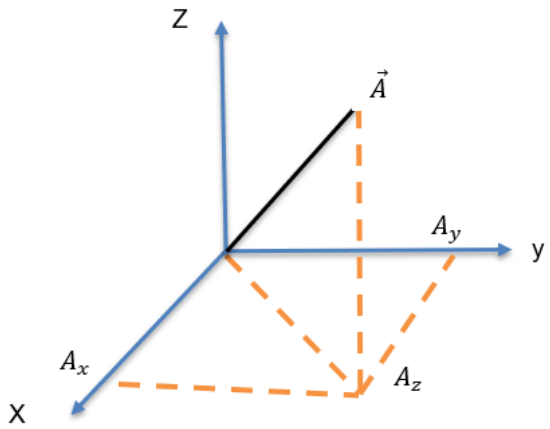
Mientras las cantidades escalares hacen referencia a un número específico que se atribuye a alguna propiedad de algún objeto físico independientemente del punto de referencia, las cantidades vectoriales necesitan ser definidas adicionando otras características. Un vector, en física, se define como una magnitud en un sistema de referencia. Esto quiere decir que, a diferencia de una cantidad escalar, el vector necesita ser definido por su orientación, dirección y longitud.

Transcripción

“La temperatura por ejemplo es una cantidad escalar (.) que podemos definir en la razón (0.2) [escribiendo en el tablero] te sub ce (.) porque la expresamos en grados Celsius en el sistema internacional (.0.1) igual a te sub ka (.) que es la temperatura termodinámica expresada en Kelvin (1.0) más doscientos setenta y tres punto quince que es el punto de congelación del agua en la escala de Kelvin.”

De camino a seguir vectores, hasta ahora nos hemos encontrado con la necesidad de utilizar símbolos que pertenecen a un lenguaje estandarizado enmarcado en las definiciones del Sistema Internacional de Medidas (O´Connell, 1993). En ese encuentro aparecieron los nombres que debemos usar para llamar propiedades que se pueden atribuir a objetos físicos, las escalas y sus prefijos y dos tipos de magnitudes, las vectoriales y las escalares. En adelante nos concentramos en las primeras, describiendo algunas de sus propiedades antes de poder ver cómo se relacionan con la atmósfera. Un vector se distinguirá de un escalar con una flecha (→) que estará siempre sobre él. Esta condición material en la escritura de vectores afectará el valor del mismo, y permitirá hacer cosas en la escritura que no se pueden hacer con las cantidades escalares

La idea de esta representación es la de dar un punto de referencia a un objeto en el "mundo real". Con el plano cartesiano, existe la posibilidad de instalar puntos de referencias en cualquier lugar del espacio material. Podría decirse, que un eje representará el "largo", otro el "ancho" y el otro la "profundidad" de cualquier objeto en el espacio. Así, volvemos a las características de los objetos que pueden ser ubicadas arriba, abajo, a un lado o al otro que se describieron en la sección anterior para el tablero. Es por esta razón que el tablero ha resultado ser tan útil para realizar este tipo de representaciones. Por tratarse de cantidades en números, los vectores poseen propiedades matemáticas que podemos ver en la tabla 2. Estas propiedades están relacionadas con operaciones que se pueden hacer entre cantidades escalares y vectoriales. Serán normas que se deben cumplir a la hora de trabajar con vectores. Estas propiedades siguen delimitando el marco en el que se inscribe la meteorología dinámica.



$$un\ Vector\ \vec{A} = (A_x, A_y, A_z)$$

Imagen 5 El plano Cartesiano, Los vectores

¿Qué se puede representar con vectores? Uno podría comenzar a decir que todo. Por lo menos aquello que se mueva en cierta dirección, y de eso se trata el estudio de la atmósfera como un continuum. Así que, desde las formaciones de nubes, sistemas de presión (ciclones y anticiclones), hasta proyectiles que se lanzan de un lugar a otro lado del planeta podrán ser representados como cantidades vectoriales.

Cada vez más, el punto de referencia va tomando mayor relevancia para el estudio de la atmósfera con vectores. Luego de haber visto algunas propiedades más de los vectores, ahora debemos saber si vamos a trabajar en un sistema de referencia inercial, es decir, acelerado, o un sistema no-inercial. Para entender cada uno de ellos el Dr. H.D. simula tener una cuerda en su mano con un cuerpo (puede ser cualquier cosa) en el extremo que comienza a hacer girar. Él nos dice “imaginemos que estamos en el extremo de la cuerda (.) al hacerla girar tenemos que considerar fuerzas aparentes que no estarían si estuviéramos observando lejos de la cuerda [girando la cuerda imaginaria] (.) fuerzas aparentes”

|

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} - \underbrace{\overrightarrow{A_0}}_{\text{Acel, sist de ref.}} - \underbrace{\vec{w}\,\vec{r}}_{\text{Transversal}} - \underbrace{2\vec{w}\,\vec{v} - \vec{w}}_{\text{Coriolis}}\ \underbrace{(\vec{w}\,\vec{r}')}_{\text{Centrífuga}}$$

Imagen 6 Ecuación para hallar la aceleración de un cuerpo en un sistema inercial

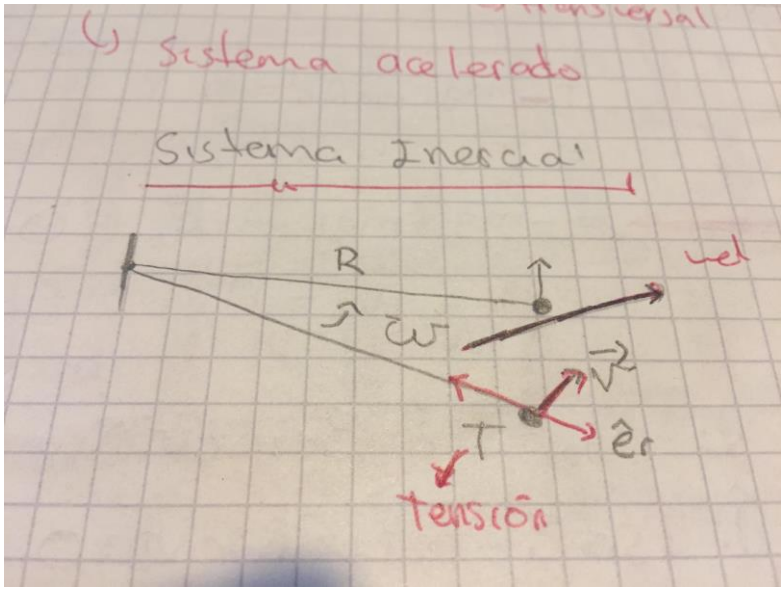


Imagen 7 Cómo dibujar la cuerda imaginaria girando desde la mano del profesor

Asociaciones como la de la "cuerda imaginaria" (Ilustración 17) girando sobre un eje dentro de un sistema inercial, pueden ser transportadas a otras escalas, pues ya hemos visto que la posibilidad de transformar la escala es necesaria para entender la atmósfera. Así, en lugar de una cuerda girando sobre un eje tenemos a la Tierra girando a una velocidad aproximada de 1670 km por hora en la línea del ecuador. Sin embargo, aquí aparecen algunas complejidades que se suman al asunto si tenemos en cuenta que la circunferencia de la tierra no es la misma en todas las latitudes, dada su "redonda figura".

De regreso al bote que cruza la isla…

Ya sabemos entonces que debemos considerar cantidades escalares (como la presión) y vectoriales (como la velocidad), la distancia, el tiempo, que está presente en todos los elementos relacionados con la atmósfera, y otras. Nos habíamos detenido en el uso de la serie de Taylor, que se puede reescribir en términos de vectores. Y solo entonces seremos capaces de reemplazar la información que nos proporciona el ejercicio y resolver el misterio.

Este pequeño relato, cargado de complejidades, es tan solo una porción, una parcela que nos permite capturar un momento en la práctica de estudiar y producir la atmósfera. La

complejidad está dada por la cantidad de elementos que se deben considerar para describir qué es lo que pasa con una entidad como la *presión* en una porción de realidad como la descrita por el relato del barco. Lo que tuvimos entonces fue, algunos elementos que debemos conocer de memoria, como el de utilizar una serie de Taylor, la *Derivada Parcial* y el Sistema de Referencia que más conviene. El cálculo de derivadas entonces produce momentos de representación, no con lo que sucede con el bote imaginario, sino con la transformación de objetos epistémicos que pueden ser transformados y que adquieren significados que luego, ahora si recordando el bote, dan sentido al relato. El sentido es por supuesto matemático, esto implica que existe una serie de abstracciones que no son del todo obvias en la vida cotidiana. Solo estando dentro del salón de clase, con las variables disponibles y los conocimientos suficientes en cálculo llegamos a conocer lo que pasaba con la presión justo en el instante en el que el bote cruzaba por la isla. La racionalidad con la que es entendida esta situación, más alá de que se trata solo de un ejemplo, entra en tensión con la pretensión de realismo de la situación.

En diferentes momentos se hace explícito que muchos de los cálculos que se hacen a partir de cualquier ecuación deben ser entendidos como una aproximación, que está más o menos lejos de la "realidad". Lo que se entiende por "realidad" nunca me quedó claro en esta aproximación. En algunos momentos la realidad, según los elementos de los cursos, estaba afuera, en todos lados y su complejidad rebasaba por mucho la capacidad limitada de los instrumentos de medición, la pericia de los expertos y los cálculos hechos en el tablero. La acumulación científica de conocimientos acerca de la atmósfera, apenas y habrían permitido representar fenómenos climáticos, o simular algunos imaginarios, o incluso, los más avanzados, predecir situaciones que están a punto de ocurrir. En todo caso, la naturaleza conserva ese carácter salvaje e indomable que por siglos se le ha otorgado.

En otros momentos, lo real estaba expresado en el tablero o en las imágenes satelitales. Era tan obvio que nadie se atrevió a cuestionarlo, era "demasiado real", esto es ¿más que real? ¿Ajustado perfectamente a la realidad? ¿Un poco menos que lo real, pero muy cerca? No podría por ningún instante saber a qué se hace referencia respecto a lo real. Sentí por momentos que algunas situaciones parecían surrealistas, por ejemplo, cuando supe que existían cohetes que podrían ser disparados a las nubes para evitar tormentas o

granizadas que pudieran afectar campos de cultivos, o evitar lluvias en momentos en los que nadie quiere lluvias. Lo cierto es que, por momentos, parecería ser que la atmósfera ha sido domada por los humanos, es posible capturarla en porciones, dibujarla a conveniencia, predecirla y hacer que tenga cambios a corto y largo plazo. Las matemáticas, en este sentido, se encargan de transmitir un sentimiento de seguridad que hace irrefutable el control sobre la atmósfera.

Conclusiones

En el camino a ensamblar la atmósfera en un entorno de enseñanza y aprendizaje, nos hemos encontrado con una cantidad de elementos que desbordan su definición como entidad. Al inicio de este trabajo, señalé que diversas entidades o fenómenos relacionados con la atmósfera (aire, calentamiento global, tsunamis, etc) han tenido que ser producidas a partir de la interacción entre diferentes actores en contextos diferentes, algunos con diferentes consecuencias políticas. Tenemos entonces, que el resultado de algunos de estos ensamblajes suele estar relacionados con la formación de grandes instituciones en la que se producen diferentes experticias acerca de las entidades cuyo interés resulta relevante. El IPCC, por ejemplo ha producido el *Calentamiento Global* como epicentro de un discurso globalizador que entiende las interacciones entre humanos, atmósfera y vida, de tal manera que las acciones de los primeros afectarán directamente el "buen funcionamiento" de las otras dos, y en consecuencia, en el mediano y largo plazo, la agricultura, la fauna, flora, el agua, el aire que respiramos, etc., y otros elementos que resultan ser fundamentales para humanos y no-humanos, ser verán afectados negativamente.

Pero el discurso, por sí mismo, no podría movilizar la cantidad de recursos y elementos que moviliza una institución como el IPCC. Hace falta extender las redes sociotécnicas para que la tecnología del *Calentamiento Global* sea justamente global. Así, es necesario producir ejercicios de experticia, en los que se reconozca una diferenciación excluyente con el no-experto, para la validación del discurso. En términos de Fleck, estaríamos diciendo que el *Calentamiento Global*, se ha convertido en un nuevo *Estilo de Pensamiento,* que ha abierto nuevos programas académicos, reestructuró las agendas políticas de cientos de países, es uno de los temas con más títulos en artículos científicos de diferentes disciplinas, ha influido en el desarrollo de nuevas tecnologías relacionadas con *energías limpias,* etc.

De cierta manera, los estudios contemporáneos sobre la atmósfera se han concentrado cada vez más en el *calentamiento global*, como en su momento ocurrió con la *capa de ozono* y los agujeros en ella que estaban produciendo una serie de consecuencias negativas en la vida en el planeta.

Los textos revisados en el primer capítulo han descrito la producción de diferentes entidades que tienen algunos aspectos en común. En primer lugar, su relación con la atmósfera, que en este sentido es entendida como la capa gaseosa que cubre la tierra y todo cuerpo celeste. Otro punto en común tiene que ver con la producción del riesgo que una vez más enfrenta la fragilidad de la vida humana con la despiadada furia de la *naturaleza*. Al respecto, los temas relacionados con las experticias resultaron fundamentales, en tanto la necesidad de sentir que se tiene el control, volcando todo sobre el saber científico, de entidades que golpean las sociedades humanas en forma de huracán, tsunami, o terremoto. Parte de esta sensación de control se produce a partir de sistemas expertos que incluyen la captura de porciones de estos fenómenos a través de imágenes, instrumentos de medición de temperatura, presión y movimiento. Las predicciones acerca de las ocurrencias de ciertas situaciones también hacen parte de estos sistemas expertos producidos para el ensamblaje de la atmósfera. En el estudio de Farías (2014), encontrábamos las negociaciones entre diferentes actores para interpretar adecuadamente una posible predicción y sus consecuencias acerca del impacto de un tsunami en las costas chilenas.

Para Pickering & Stephanides (1992) los marcos de referencia construidos para el análisis de las prácticas tecnocientíficas y experimentales pueden ser extendidos con éxito a la práctica conceptual presente en las actividades matemáticas. La idea de la práctica en los estudios sobre ciencia, por lo menos en Pickering (1991), tiene que ver con un proceso de modelaje a partir de la creatividad y la existencia de elementos culturales disponibles. Estos procesos de modelación, por su parte, tienen un final abierto en su elaboración, es decir, los investigadores o practicantes de ciencias, tienen una cantidad infinita de caminos por los cuales conducir su modelo, su investigación. En cualquiera de los caminos por los que conduzca su trabajo, el investigador interactúa con otros actores - humanos y no-humanos - obteniendo un abanico extenso de resultados con los cuales construye su objeto. En la práctica esto no ocurre con entidades aisladas, sino en asociación con diversos elementos (Pickering & Stephanides, 1992). Pero más allá de las asociaciones, la constante entre resistencias y adaptaciones es lo que permite el avance en la construcción de conocimientos o modelos científicos.

Así, una de las herramientas más poderosas del estudio de la atmósfera es sin duda las matemáticas. Con ellas es posible representar una cantidad significativa de lo que se supone está sucediendo allá afuera todos los días. Este elemento resultó ser una de las piedras angulares en las observaciones hechas para esta investigación y lo que nos llevaría a la exploración hecha en el segundo capítulo.

El segundo capítulo intentaría describir el ensamblaje de la atmósfera en un espacio definido para la enseñanza y el aprendizaje. Aquí atmósfera toma otros matices, diferentes a los señalados en el primer capítulo. Por un lado, retomamos dos de las definiciones más comunes con las que se suele relacionar *atmósfera.* Una de ellas sigue siendo la capa gaseosa que cubre todo cuerpo celeste. Sin embargo, hay otra que nos permite pensar en la atmósfera no como un cuerpo etéreo y fluido, sino como la sensación de estar, de presencia en un lugar que guarda ciertas características y que lo diferencian de otro. La atmósfera, por ejemplo, de una biblioteca puede describirse por su silencio, el olor a papel, la iluminación, etc. De esta manera me permití ensamblar una atmósfera para la enseñanza y el aprendizaje, en la que consideré un adentro del edificio como lugar de inicio para mi exploración.

Luego de ver algunos *microclimas*, o situaciones relacionadas con las interacciones entre diferentes actores que integran esta nueva atmósfera, entramos al salón de clase para ver las maneras en las que hacen presencia algunas entidades que tienen que ver con la atmósfera, como objeto de estudio científico.

Dentro del salón, las sesiones iniciaban todas más o menos de la misma forma, con el tablero como principal objeto de materialización de los fenómenos gracias a su fluidez, su instantaneidad, su color blanco y su tamaño. Ya es bien conocido que, en los temas relacionados con la enseñanza de cualquier cosa, un objeto como el tablero resulta indispensable. Podría decirse que se trata del medio por el cual transitan ideas abstractas acerca del mundo, para convertirse en objetos epistémicos en los que reposa el sentido de aquellas ideas. Estos objetos, materializados en una letra escrita sobre el tablero blanco con tinta borrable de cualquier color, permite que la atmósfera sea entendida de la manera en que está siendo enseñada. Estos banales objetos son el lienzo para que la atmósfera haga presencia dentro del salón, para que se transforme y podamos producir

algunas de sus propiedades, como su temperatura, la presión, la velocidad de sus vientos, entre otras.

En este sentido, las aproximaciones necesarias, el reemplazo de valores porque no parecen significativos para el sistema que se está enseñando en el momento, y otros movimientos realizados allí en el salón, podrían corresponder al concepto de afinación (tuning), descrito por Andrew Pickering en su Mangle of Practice (1991). Con este concepto Pickering describe la interacción entre actores humanos y los objetos que hacen parte de la práctica científica en diferentes disciplinas. Se trata del proceso mediante el cual las intenciones del investigador pueden variar dependiendo de los resultados obtenidos por las tareas para las cuales una máquina fue diseñada/construida inicialmente. Esto quiere decir que, en el proceso de construcción de conocimiento, tanto actores humanos como no-humanos (objetos, máquinas) están constantemente participando y cambiando, están afinando sus intereses, para el caso de investigadores, y sus funciones, para el caso de las máquinas. Esto puede funcionar así también para el caso de la modelación que es tan cercano a la meteorología y la atmósfera. Pickering (1991) señala: "la modelación es un proceso de final abierto sin un destino determinado. De un modelo dado – una máquina en particular – un número indefinido de futuras variantes pueden ser construidas. Nada acerca del modelo en sí mismo define cuál de ellas será definitiva para el momento particular de la práctica". Me parece que, según como lo hemos visto en esta exploración, la educación resulta ser, del mismo modo, un proceso de finales abiertos, dada la complejidad de las interacciones que allí se presentan. La cantidad de variables presentes en todos sus elementos contrastan con la proyección de estabilidad que se les ha otorgado a las estructuras de enseñanza. Me parece que allí reside el éxito en permanecer, de la educación en tanto a su duración a través del tiempo. Durante siglos, sus prácticas han cambiado y se han adaptado a nuevas formas de aprender y enseñar, incluyendo las interacciones con nuevos objetos y artefactos que se han creado desde las diferentes disciplinas científicas.

La descripción socio *material* de la atmósfera hecha a lo largo de esta investigación, me ha permitido comprender la cantidad de elementos que configuran este ensamblaje. Por un lado, están las visiones acerca de un mundo natural, como separado del mundo humano, que es alimentado por comportamientos que se atribuyen a los diferentes

fenómenos, como, por ejemplo, la misión de las nubes y los diferentes gases de proteger la vida en la tierra de peligros externos como los rayos ultravioletas y otras amenazas. En este mismo sentido, la atmósfera sigue presentándose como una entidad salvaje y difícil de dominar. Una de las maneras a partir de las cuales se intenta tener control sobre esta etérea entidad, es a través de la traducción que se pueda hacer al lenguaje de las matemáticas. Esta traducción permite controlar una cantidad considerable de variables, aunque deja otra infinidad por fuera. Allí, los fenómenos atmosféricos, no solo pueden ser representados, sino que se materializan, evocan una corporalidad para la atmósfera que parecía imposible en los primeros contactos con entidades que no podíamos ver, como el viento, o tocar, como las nubes, o percibir, como los rayos ultravioletas. Esto se conecta con el segundo elemento de la descripción, que tiene que ver con los instrumentos y artefactos que se utilizan en las disciplinas que se interesan en producir la atmósfera. Es solo a través de la interacción entre estos y los humanos que la atmósfera adquiere materialidad. Su objetivo es la captura de tiempo y espacio en las cuales se puedan encerrar porciones de atmósfera, como fotografías de algo que sucedió. Los instrumentos están puestos en distintos lugares, importan poco las especificidades de estos lugares, pues recordemos que la atmósfera hace presencia en todo el planeta. Lo ideal, sería que precisamente estos instrumentos logren atrapar las características de un lugar, que lo puedan diferenciar de otro, para luego hacer las traducciones y finalmente producir el conocimiento respecto a esa omnipresente entidad.

3. PLAN DE CAPÍTULOS PARA FUTURAS INVESTIGACIONES

1. Otras materialidades en el estudio de la atmósfera

Uno de los puntos apenas esbozados por esta investigación y que pueden ser desarrollados con mayor profundidad en futuras investigaciones, tiene que ver con la elaboración de mapas y otros productos a partir de la infinidad de datos que se generan a diario en los escenarios de la meteorología. El propósito de una nueva investigación estaría centrado en seguir la producción de estos datos desde su origen, es decir, desde los instrumentos que los capturan, pasando por sus posibles intermediarios y traductores, hasta la llegada a los "centros de cálculo" donde se producen las imágenes que vemos en portales web, noticieros y otros medios.

Dentro del trabajo de campo, se debería tener en cuenta la producción masiva de datos cuantitativos y las maneras en las que son transportadas, con una sospecha inicial de que no todos los datos tendrán el mismo destino, ni serán tratados de la misma manera. Aquí se profundizaría aún más en la modelación y la relevancia de las matemáticas para las actividades de captura de datos, movilización y producción de imágenes.

Finalmente, me interesaría explorar las formas en las que se basan las predicciones de los diferentes fenómenos, poniendo en tensión algunos de los aspectos que obtuve de las observaciones de la investigación y que tienen que ver con la certeza, la precisión de los datos y la interpretación del meteorólogo. Allí, saltarán a la vista las diferentes asimetrías entre centros y periferias en la construcción de dichas predicciones, teniendo en cuenta la disponibilidad de tecnología, la movilización de información y las diferencias climáticas entre unas regiones y otras.

2. Cambio climático y cambio tecnológico: Una mirada a las tecnologías basadas en discursos sobre el calentamiento global.

Una parte importante de la bibliografía revisada para esta investigación dejó en evidencia el auge del calentamiento global en la producción del riesgo y amenazas para la vida humana. Algunos de los elementos del planteamiento de Ulrich Beck

sobre la sociedad del riesgo han sido bien recibidos por comunidades científicas, grupos ambientalistas, partidos políticos y otros sectores sociales en diferentes lugares del planeta. En este sentido, cada tanto se hacen estimaciones del tiempo que le queda al planeta tal como lo conocemos, antes de la llegada del aumento de las catástrofes naturales, la extinción de especies animales y vegetales, la contaminación total o parcial del agua potable, en fin, la escasez de la vida misma.

A partir de ello, han surgido nuevos temas que prometen combatir este crudo destino de la humanidad. Entre ellos se pueden destacar “las energías limpias”, “eficiencia energética”, “economías sostenibles”, entre otros. En relación con cada uno de ellos se han producido una cantidad importante de tecnologías que materializan estas ideas acerca de un mejor futuro.

Una eventual investigación al respecto exploraría las redes sociotécnicas que se relacionan con estos artefactos y sus asociaciones con los discursos que hablan de un mejor futuro si estos objetos llegaran a popularizarse, como ya viene sucediendo en diferentes países. No se trata de hacer un diagnóstico para saber si en efecto están sirviendo o no, sino más bien explorar críticamente la coproducción entre discurso y actores humanos y no humanos en relación a este tema.

Referencias

(n.d.).

Agrawala, S., Broad, K., & Guston, D. (2001). Integrating Cilmate Forecasts and Societal Decision Making: Challenges to an emergent boundary organization. *Science, Technology & Human Values*, 454-477.

Baranay, J., & McKenzie, D. (2014). Chalk: Materials and Concepts in Mathematics Research. In C. Coopmans, J. Vertesi, M. Lynch, & S. Woolgar , *Representation in Scientific Practice Revisted* (pp. 107-130). MIT Press.

Beck, U. (1998). *La Sociedad del Riesgo. Hacia una nueeva modernidad.* Barceona: Paidós Ibérica.

Callon, M. (1986). Some Elements of a Sociology of Translation. Domestivation of the scallops and the fishermen of St Brieuc bay. In J. Law, *Power, Action and belief. A new sociolofy of knowlwdge?* London, Boston & Henley: Routledge & Kegan.

Carusi, A., & Sissel Hoel, A. (2014). Toward a New Ontology of Scientific Vision. In C. Coopmans, J. Vertesi, M. Lynch, & S. Woolgar, *Representtation in Scientific Practicce Revisted* (pp. 201-222). MIT Press.

Collins, H., & Evans, R. (2002). The Third Wave of Science Studies: Studies of Expertise and Experience. *Social Studies of Sciente*, 235-296.

Collins, H., & Pinch, T. (2002). The Science of Lambs: Chernobyl and the Cumbrian Sheepfarmers. In H. Collins, & T. Pinch, *The Golem at Large. What you should know about technology.* New York: Cambridge University Press.

Douglas, M. (1994). Clasroom Encounters with the Unspeakable. 'Do you see, Danelle? *Discourse Processes, 17 (2)*, 311 - 335.

Douglas, M., & Wildavsky, A. (1982). *Risk and Culture. An essay on the collection of technological and environmental dangers.* University of California Press.

Durkheim, E. (1986). *Las Regas del Método Sociológico.* México DF: Fondo de Cultura Económico.

Escobar, Polo, Carreño, & Jiménez. (2016). Condiciones Sociomateriales de la Producción de Conocimientos y de la Reconfiguración de Habilidades en Tres Laboratorios de la Universidad del Atlántico. *Revista Colombiana de Sociología*, 135 - 162.

Europea, C. d. (2017, Noviembre 22). *Consejo Europeo.* Retrieved from http://www.consilium.europa.eu/es/policies/climate-change/international-agreements-climate-action/

Farías, I. (2014). Misrecognizing Tsunamis: Ontological politics and cosmopolitical challenges in early warning systems. *The Sociological Review, 62: S1*, 61-87.

Fenwick, T., & Landri , P. (2012). Materialities, Textures and Pedagogies: Socio.material aseemblages in education. *Pedagogyu, Culture & Society, 20: 1*, 1-7.

Fetzer, M. (2009, February 1). Objects as Participants in Classroom Interaction. *Proceedings of CERME 6*. Lyon, France: www.inrp.fr/editions/cerme6.

Fleck, L. (1986). *LA Génesis y el Desarrollo de un Hecho Científico.* Madrid: Alianza Editorial.

Foller, M.-L. (2002). Del Conocimiento Local y Cientifico al Conocimiento Situado e Híbrido. Ejemplos de los Shipibo-Conido del Este peruano. . *Anales, N.E. 5, 61*, 61 - 84.

Fuller, S. (2007 2008). Science Democratised = Exxpertise Decommissioned. *Spontaneous Generations*, 25 - 35.

Garfinkel, H. (2006). *Estudios en Etnometodología.* Madrid: Anthropos.

Giddens, A. (2002). *Runaway world. How gobalization is reshaping our lives.* London: Profile Books.

Gieryn, T. F. (2002). Three Truth-Spots. *Journal of the History Behavioural Science (38)*, 113 -132.

Goffman, E. (1981). *Forms of Talk.* Philadelphia: University of Pennsylvania.

Gomes, G. (2004). Class(room/mathematics. A praxology of early education. *PhD Tesis*. Loughborough University.

Hammersley, M. (1990). *Classroom Ethnography. Empirical and Methodological Essays.* Milton Keynes: Open University Press.

Hatton, E. J. (1988). Teachers' Work as Bricolage. Implications for teachers education. *British Journal of Sociology of Education , 9*(3), 337-357.

IDEAM. (2018, Febrero 4). *SIAC.GOV.CO.* Retrieved from IDEAM: http://www.siac.gov.co/web/sala-de-prensa/noticias/-/asset_publisher/96oXgZAhHrhJ/content/el-ideam-amplia-su-red-de-radiosondeo-en-colombia

Jasanoff, S. (2014). Ensamblando el Aire: Una coproducción de materia y materia discutible. In O. Restrepo, *Proyecto Ensamblado en Colombia.* Bgotá: Universidad Nacional de Colombia.

Jassanoff, S. (2003). Breaking the Waves in Science Studies: Coment on H.M. Collins and Robert Evans, 'The third wave of science studies'. *Social Studies of Science, 33*(3), 389 - 400.

Joseph, O. (1993). 1993. *Metrology: The Creation of Universality by the Circulation of Particulars, 23 (1)*, 129 - 173.

Kuhn, T. (1971). *La Estructura de las Revoluciones Científicas.* México DF: Fondo de Cultura Económica.

Latour, B. (1986). Visualization and Cognition: Drawing things together. *Knowledge and Society . Studies in the sociology of culture past and presente., 6*(0), 1-40.

Latour, B. (1992). *Ciencia en Acción. Cómo seguir a los científicos e ingenieros através de la sociedad.* Barcelona: Editorial Labor.

Latour, B. (1992). Where are the Missing Masses? The sociology of a few mundane artifacts. In Bijker, Wiebe, & Law, *Shaping Technology/Building Society. Studies in Sociotechnical Change.* MIT Press.

Latour, B. (1994). Etnografía de un Caso de Alta Tecnología: Sobre Aramis. *Política y Sociedad*, 77 - 97.

Latour, B. (2001). *La Esperanza de Pandora. Ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia.* Barcelona: Gedisa.

Latour, B. (2003). Is Re-Modernization Ocurring - and if so, How to Prove It? A comentary on Ulrich Beck. *Theory, Culture & Society*, 35 -48.

Latour, B. (2008). *Reensamblar lo Social. Una introducción a la teoría del actor-red.* Buenos Aires: Manantial.

Latour, B., & Woolgar, S. (1986). Give Me a Laboratory and I will Raise the World. In k. Knorr-Cetina, & M. Mulkay , *Science Observed: Perspectives on the Social Study of Science* (pp. 141-170). London: Sage.

Laursen, D. (2013). Co-Participation Among School Children Around a Computer Based Exhibit. *Social Studies of Science, 43 (1)*, 87 - 117.

Law, J. (2012). Technology an Heterogeneous Engineering. The case of Portuguese Expansion. In Bijker, Wiebe, Hughes, & Pinch, *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology.* MIT Press.

Martínez, S. (2016). Hacer Arteria Carótida en el Laboratorio de Anatomía. Práctica y materialidad en una asignatura de medicina. *Revista Colombiana de Sociología, 39 (2)*, 31 - 47.

Masco, J. (2010). Bad Weather. On planetary crisis. *Social Studies of Science, 40 (1)*, 7 - 40.

McKechnie, R. (1996). Insiders and Outsiders: Identifying experts on home ground. In A. Irwin, & B. Wynne, *Misunderstanding Science? The public reconstruction* (pp. 126 - 151). Cambridge: Cambridge University Press.

Merton, R. (1977 [1973]). *La Sociología de la Ciencia: Investigaciones teóricas y enpíricas.* Madrid: Alianza Editorial.

Miller, C. (2004). Climate Science and the Making of a Global Political Order. In S. Jasanoff, *States of Knowledge: The co-production .* London: Routledge.

Mol, A. (2003). *The Body Multiple. Ontology in medical practice.* Durham: Duke University Press.

Mythen, G. (2007). Reappraising the Risk Society Thesis. Telescopic Sight or Myopic Vision? *Current Sociology*, 793 - 813.

November, V., Camacho-Hüber, E., & Latour, B. (2010). Intering a Risky Territory. Space in the age of a digital navigarion. *Environment and Planning: Society and Space, 28*, 129 - 173.

Pickering, A., & Stephanides, A. (1992). Constructing Quaternions; On the Anlalysis of Conceptual Practice. In A. Pickering, *Science as Practice and Culture.* Chicago: The University of Chicago.

Porter, T. (1995). *Trust in Numbers. The pursuit of objectivity in science and public life.* New Jersey: Princeton University Press.

Pulido, G. (1991). *La Información Meteorológica en Colombia. Trabajo de Investigación.* Bogotá: Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras.

Rheinberger, H.-J. (1997). *Toward a History of Epistemic Things.* Stanford: Stanford University Press.

Ribeiro, R., & Lima, F. (2016). The Value of Practice: A critique of interactional expertise. *Social Studies of Science, 33 (3)*, 282 - 311.

Rip, A. (2003). Constructing Expertise: In a third wave of science studies? *Social Studies of Science, 20 (1)*, 49 - 70.

Roehl, T. (2012). Disassembling the Classroom - an ethnographic approach to the materiality of education. *Ethnography and Education, 7 (1)*, 109 - 126.

Roehl, T. (2012). From Witnessing to Recording - Material objects and the epistemic configuration of science classes. *Pedagogy, Culture & Society, 20 (1)*, 49 - 70.

Roth, W.-M. (2012). Mathematical Learning, the Unseen the Unforeseen. *For the Learning of Mathematics, 32 (3)*, 12 -21.

Sacks, H. (1984). On doing "being ordinary". In M. Atkinson, & J. Heritage, *Structures of Social Action.* Cambridge: Cambridge University Press.

Scoenfeld, A. (1998). Making Mathematics and Making Pasta: From coockbook procedures to really cooking. In J. Greeno, & S. Goldman, *Thinking Practices in Mathematics and Science Learning.* Routledge.

Sørensen, E. (2009). *The Materiality of Learning. Technology and Knowledge in Educational Practice.* Cambridge: Cambridge University Press.

Star, S., & Griesemer, J. (1989). 'Institutional Ecology, 'Translations,' and Boundary Objects: Amateurs and professionals in Berkeley's of vertebrate zoology, 1907-1939'. *Social Studies of Science, 19 (3)*, 387 - 420.

Sundberg, M. (2009). The Everyday World of Simulation Modeling: The Development of Parameterizations in Meteorology. *Science, Technology & Human Values, 34 (2)*, 162 - 181.

Sundberg, M. (2011). The Dynamics of Coordinated Comparisons: How simulationists in astrophysics, oceanography and meteorology create standards for results. *Social Studies of Science, 41 (1)*, 107 - 125.

Thom, J. S., & Roth, W.-M. (2011). Radical Embodiment and Semiotics: Toward a theory of mathematics in the flesh. *Educational Studies in Mathematics, 77 (2/3)*, 267 - 284.

Turner, S. (2001). What is the Problem with Experts. *Social Studies of Science, 31 (1)*, 123 - 149.

Vanderstraeten, R. (2001). Teh School Class as an Interaction Order. *British Journal of Sociology of Education, 22 (2)*, 267 - 277.

Wynne, B. (2003). Seasick on the Third Wave? Subverting the hegemony of propositionalism: Response to Collins and Evans. *Social Studies of Science, 33 (3)*, 401 417.

Wynne, B. (2004). ¿Pueden las Ovejas Pastar Seguras? Una mirada reflexiva sobre la separación entre conocimiento experto - conocimiento lego. *Revista Colombiana de Sociología, 23*, 44 - 83.

Yarley, S. (2000). Making Systematic Sense of Public Discontents with Expert Knowledge: Two analytical approahes and a case study. *Public Understanding, 9 (2)*, 105 - 122.

Yearley, S. (2005). The "End" or the "Humanization" of Nature? *Organization & Enviroment, 198 - 201*, 198 - 201.