

LA EDUCACIÓN STEM+M...

De movimiento
múltiple y materialidad.



Imágenes diseñadas por inteligencia artificial (Deep AI) con los prompts:

- STEM/STEAM educación Latinoamérica
- Educación STEM/STEAM
- Robots con drones
- Micro:bit



La educación STEM + M... de Múltiple, Movimiento y Materialidad: ensamblando retóricas, ciudadanos, promesas y robots

Ivan Escobar Sarmiento

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Humanas

Departamento de Sociología

Maestría en Estudios Sociales de la Ciencia

Bogotá, Colombia

2023

**LA EDUCACIÓN STEM + M... DE MÚLTIPLE, MOVIMIENTO Y MATERIALIDAD:
ENSAMBLANDO RETÓRICAS, CIUDADANOS, PROMESAS Y ROBOTS**

Ivan Escobar Sarmiento

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de
Magister en Estudios Sociales de la Ciencia

Directora

Ed. D. Diana María Farías Camero

Línea de investigación: Educación científica en el escenario contemporáneo/Educación
científica en escenarios no formales

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Humanas, Departamento de Sociología

Maestría en Estudios Sociales de la Ciencia

Bogotá D.C., Colombia

2023

Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.

Ivan Escobar Sarmiento

Fecha 23/07/2023

A Marti y Arlet.

Los amores que han sostenido este vuelo.

Agradecimientos

A mi familia, Martina, Arlet, los gatos y las plantas, quienes sostuvieron incondicionalmente este trayecto y quienes me han dado amor en abundancia en tiempos difíciles y felices. A mi madre quien me enseñó a persistir a pesar de los obstáculos. A mi familia entera, por siempre generar espacios repletos de amor.

A la Universidad Nacional de Colombia por ser un espacio de pensamiento crítico. A todos y todas mis profesores y profesoras de la Maestría en los Estudios Sociales de la Ciencia. A Olga Restrepo, Yuri Jack Gómez, Malcolm Ashmore y Alexis De Greiff por sus valiosas enseñanzas. A Javier Guerrero, Derly Sánchez, Oscar Maldonado, por inspirar el enfoque de la movilidad y el movimiento en este trabajo. En especial a mi directora, Diana Farías, quien me orientó y alentó con paciencia, confianza y amabilidad. Mi admiración a todas ellas y ellos.

Agradezco especialmente a Mónica Páez, Ingrid Velandia y a Diego Rojas quienes fueron interlocutores fundamentales en este trabajo, por animarme, escucharme e interpelarme en momentos de confusión.

A los informantes quienes compartieron su visión ontológica de la educación y la forma de practicarla.

Finalmente, a toda la red socio-material que ensambló la inspiración, la investigación y la elaboración de este trabajo.

Resumen

La Educación STEM + M... de Múltiple, Movimiento y Materialidad: ensamblando retóricas, ciudadanos, promesas y robots

Este trabajo examina el movimiento, la multiplicidad y el ensamble como metáforas para comprender la educación STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics, por sus siglas en inglés) en Colombia. Inicialmente, mediante un análisis de referentes se pretende identificar las visiones de ciudadanos científicos que se quieren ensamblar desde la educación de ciencia y tecnología y, así mismo, entender mejor de dónde surge la necesidad de STEM en el país en documentos de políticas públicas e informes de agencias auditoras. La educación STEM se ve influenciada por crisis, déficits, promesas de desarrollo, políticas, estándares y visiones de ciudadanía. Estos elementos, materializados en documentos, ensamblan en el papel ciudadanos científicos fluidos, que transitan entre una ciudadanía competente y una ciudadanía crítica. La investigación empírica se enfoca en la etnometodología y el análisis de la conversación de algunos actores involucrados en la educación STEM en Colombia, como cursos de robótica y drones y programas estatales. Se exploran las interacciones entre humanos/no-humanos en relación con el movimiento físico y metafórico y se muestran redes socio-materiales para encarnar el acrónimo en los contextos mencionados. Además de las políticas y estándares, el progreso anhelado y prometido se encarna en prácticas que involucran hélices, gráficas, cajas viajeras, software de libre acceso, motores, coaches y estudiantes, materializando capas de realidad mediante el bricolaje socio-material. Al final, STEM es una cosa múltiple atravesada por el movimiento físico de diversas materialidades y los movimientos metafóricos que emergen del progreso y el ascenso social, con visiones transhumanas. Para su estabilización, STEM cuenta con la política "Visión STEM+: Educación expandida para la vida" y la "conquista" de Territorios STEM mediante una red de actores que se entrelazan entre lo público y lo privado.

Palabras clave: Ensamble, movimiento, multiplicidad, STEM/STEAM, ciudadanía científica.

Abstract

STEM+ M Education: ... of Multiple, Movement, and Materiality: Assembling Rhetorics, Citizens, Promises, and Robots.

This work examines movement, multiplicity, and assemblage as metaphors to understand STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) education in Colombia. Initially, through an analysis of references, the aim is to identify the visions of citizen scientists that seek to be assembled through science and technology education, and to better understand the origins of the need for STEM in the country through public policy documents and audit agency reports. Crises, deficits, and promises of development, policies, standards, and visions of citizenship influence STEM education. These elements, materialized in documents, assemble fluid scientific citizenship on paper, which move between competent citizenship and critical citizenship. Empirical research focuses on ethnomethodology and conversation analysis of some actors involved in STEM education in Colombia, such as robotics and drones courses and state programs. Interactions between humans/non-humans in relation to physical and metaphorical movement are explored, and socio-material networks are shown to embody the acronym in the mentioned contexts. In addition to policies and standards, the desired and promised progress is embodied in practices involving propellers, charts, traveling boxes, open-source software, motors, coaches, and students, materializing layers of reality through socio-material bricolage. In the end, STEM is a multiple thing crossed by the physical movement of diverse materialities and metaphorical movements that emerge from progress and social ascent, with transhuman visions. For its stabilization, STEM relies on the "STEM+ Vision: Expanded education for life" policy and the "conquest" of STEM Territories through a network of actors intertwined between the public and private realms.

Keywords: Assemblage, movement, multiplicity, STEM/STEAM, scientific citizenship.

Tabla de Contenido

INTRODUCCIÓN	12
GENEALOGÍA DE LA EDUCACIÓN STEM E IMPACTOS DEL ACRÓNIMO EN LA EDUCACIÓN	13
INDAGANDO A STEM	21
CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS	28
CAPÍTULO 1: LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA EN LATINOAMÉRICA DESDE LOS ESCYT: CIUDADANÍAS PARA ENFRENTAR LAS CRISIS Y PERSPECTIVAS SOCIO-MATERIALES	35
LA CRISIS EDUCATIVA: MULTIPLICIDAD Y EL MIEDO AL ESTANCAMIENTO (MOVESE POR MOVESE).....	37
CIUDADANÍA APTA Y COMPETENTE: ENTRE VISIONES, POLÍTICAS Y ESTÁNDARES	44
CIUDADANÍA CRÍTICA O SOCIO-TÉCNICA: EL MOVIMIENTO CTS	53
BREVE REVISIÓN DEL ANÁLISIS SOCIO-MATERIAL EN EDUCACIÓN TECNOCIENTÍFICA DESDE LOS ESCYT:	63
CAPÍTULO 2: ¡A VOLAR JOVEN! EL DRON SOCIAL Y LO SOCIAL DEL DRON: ENSAMBLANDO MOVIMIENTOS	74
“VENDÍ MI ALMA A ELON MUSK”: TRAYECTORIAS DE VIDA TECNÓFILAS	76
DESPEGAR HACIA EL FUTURO: PENSAR DE MANERA EXPONENCIAL, VISIONES TRANSHUMANAS Y ACELERAR EL ESCAPE.....	85
MIGRAR DEL MUNDO REAL AL MUNDO VIRTUAL: PODER, CAJAS NEGRAS Y CUERPOS CYBORGS.....	91
LA CAJA VIAJERA: MOVER LABORATORIOS, EVITAR RIESGOS Y TRADUCIR PROTOCOLOS Y ESTÁNDARES	99
ENSAMBLANDO EL VUELO POTENCIAL: NEWTON, MOTORES Y HÉLICES, TARJETA DE VUELO Y EL ASCENSO SOCIAL.....	104
EL DRON SOCIAL: ENSAMBLANDO PROMESAS	126
CAPÍTULO 3: HACIENDO STEM EN COLOMBIA: SOSTENER EL VUELO Y EL MOMENTUM	135
PRESCINDIR DE ESTÁNDARES NGSS: ¿DE QUÉ STEM HABLAMOS?	136
HABITAR UN NICHOS EN EL ECOSISTEMA STEM+: INFLUENCIADORES Y DIFUNDIR RIGUROSAMENTE EN EL MOMENTUM (INTERESSEMENT)	144
ATERRIZAR: DESILUSIÓN Y DESORIENTACIÓN EN EL MOMENTUM	148
¿ESTABILIZANDO EL VUELO STEM EN COLOMBIA?: MECANISMOS MÚLTIPLES	151
<i>STEMnautas: preparación docente para la Ruta hacia el futuro.....</i>	<i>152</i>
<i>Conquistando Territorios STEM +: punto obligatorio de paso</i>	<i>158</i>
<i>Visión STEM +: hablando al unísono.....</i>	<i>162</i>
CONCLUSIONES.....	166
PLAN DE CAPÍTULOS FUTUROS.....	170
BIBLIOGRAFÍA.....	172
ANEXO 1.....	182
PROYECTO MAESTRÍA ESTUDIOS SOCIALES DE LA CIENCIA.....	184

Índice de Figuras

FIGURA 1 “EVOLUCIÓN DE LAS REVOLUCIONES EDUCATIVAS”: CAPTURA DE PANTALLA TOMADA EL 31 DE AGOSTO DE 2019 EN LA PÁGINA DE REDTECH (RECUPERADO DE: HTTPS://WWW.REDTECH.NET.CO/). ACTUALMENTE, ESTA IMAGEN FUE RETIRADA DE LA PÁGINA.....	18
FIGURA 2 INICIACIÓN DEL CURSO DE DRONES. ESTUDIANTES (CON SUS ROSTROS OCULTOS POR POLÍTICAS DE TRATAMIENTO DE DATOS) REUNIDOS EN UNO DE LOS LABORATORIOS DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES RECIBIENDO LAS PRIMERAS INDICACIONES DEL CURSO DE ROBÓTICA Y DRONES. LOS ESTUDIANTES SE ENCUENTRAN DISTRIBUIDOS ALREDEDOR DE LOS MATERIALES QUE LES SERVIRÁN PARA APRENDER A ENSAMBLAR SUS DRONES. LOS MATERIALES SON CENTRALES Y ORGANIZADOS DE ACUERDO A SU FUNCIONALIDAD. TAMBIÉN SE ENCUENTRA UN DRON MODELO ENSAMBLADO POR L. IMAGEN REPRODUCIDA CON AUTORIZACIÓN DE SU AUTOR, N.	25
FIGURA 3. RED DE ACTORES HUMANOS Y NO HUMANOS QUE ENSAMBLA LA CIUDADANÍA APTA Y COMPETENTE DERIVADA DEL ANÁLISIS DE REFERENTES PROPIA DE ESTE APARTE. GRAVITAN INSTITUCIONES CON INTERESES ECONÓMICOS COMO EL FMI, EL BANCO MUNDIAL Y EL FORO DE DAVOS. LA OCDE AGENCIA MEDIANTE SUS RECOMENDACIONES A LAS POLÍTICAS PÚBLICAS COLOMBIANAS DE ACUERDO A LOS RESULTADOS DE LA PRUEBA PISA. LA CONEXIONES EN ROJO MUESTRAN DENTRO DE ESTA RED LA LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO DE CASO QUE VEREMOS EN EL CAPÍTULO 2.	54
FIGURA 4 RED DE ACTORES QUE SOSTIENEN AL CIUDADANO SOCIO-CRÍTICO, RESALTANDO EL PAPEL DE LA OEI, LA CEPAL Y PLACTS, ADEMÁS DE LA LEY 115 DE 1994 Y LAS REDES DE UNIVERSIDADES QUE OFRECEN MAESTRÍAS Y DOCTORADOS PARA LA INVESTIGACIÓN SOBRE ESTE TIPO DE ENFOQUE PEDAGÓGICO LLAMADO MOVIMIENTO CTS.	62
FIGURA 5 Z MOSTRANDO A SPHERO. EL ROBOT QUE LO CONECTA A LA EDUCACIÓN STEM. ESTA COMPAÑÍA RECIENTEMENTE HACE UN ENFOQUE HACIA LA EDUCACIÓN YA QUE ANTERIORMENTE VENDÍA ESTOS ROBOTS MÁS CON CARÁCTER DE ENTRETENIMIENTO POR ALIANZAS CON DISNEY. AHORA, MÁS QUE UN JUGUETE, SE CONVIERTE EN UNA HERRAMIENTA EDUCATIVA, SEGÚN SU CEO EN PUBLICACIÓN EN ENERO DE 2023 EN LA RED SOCIAL LINKEDIN. (CAPTURA DE PANTALLA DE LA ENTREVISTA A Z).	80
FIGURA 6 Z MOSTRANDO VIDEOS ANECDÓTICOS SOBRE ELON MUSK DURANTE UN WEBINAR PROMOCIONADO POR GEEK GIRLS LATAM PARA ESTUDIANTES EN ESPAÑA. A LA IZQUIERDA EL COHETE, ARRIBA A LA DERECHA ROBOTS DE BOSTON DYNAMICS Y ABAJO LOS CARROS TESLA TAMBIÉN DESARROLLADOS POR LA COMPAÑÍA DE MUSK.	85
FIGURA 7 VISIÓN LINEAL VS. VISIÓN EXPONENCIAL SOBRE LA RELACIÓN ENTRE EL PROGRESO TECNOLÓGICO Y LA BRECHA CON RESPECTO A LA EDUCACIÓN TECNOLÓGICA. IMAGEN REPRODUCIDA CON AUTORIZACIÓN DEL AUTOR Z.	87
FIGURA 8 L VOLANDO EL DRON ENSAMBLADO POR ÉL MISMO AL FINAL DEL VIDEO PROMOCIONAL PARA RETOMAR EL CURSO DE ROBÓTICA Y DRONES ESTA VEZ EN AMBIENTES VIRTUALES. EL ASCENSO REPRESENTADO MATERIALMENTE POR EL VUELO DEL DRON EN EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL Y POR LA MIRADA DE L QUIEN SIGUE EL ASCENSO DE SU ROBOT, ES UNA METÁFORA TAMBIÉN PARA EL ASCENSO SOCIAL DE LOS ESTUDIANTES QUIENES FUERON INVITADOS A PREPARARSE PARA LAS CARRERAS DEL FUTURO. (CAPTURA DE PANTALLA DEL VIDEO PROMOCIONAL DEL CURSO, CORTESÍA L).....	95
FIGURA 9 DISPOSICIÓN EN REJILLA DE AMBIENTES VIRTUALES COMO ZOOM. EL CUERPO DE L ES EL ÚNICO QUE SE VE PARCIALMENTE. EL DE LOS ESTUDIANTES Y EL MÍO CAJANEGRIZADOS A VOLUNTAD. ROSTROS Y NOMBRES OCULTOS PARA RESPECTAR EL ANONIMATO.	97
FIGURA 10 LA CAJA VIAJERA. UN RECURSO PARA MOVER EL LABORATORIO A LAS CASAS DE LOS Y LAS ESTUDIANTES. LOS MATERIALES DISPUESTOS EN MESAS UN DÍA DE MARZO DE 2020 EN LOS LABORATORIOS DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, SERÍAN ORGANIZADOS EN DISTINTAS CAJAS VIAJERAS. SE DISTRIBUYÓ UNA CAJA POR GRUPO, NO POR INDIVIDUO. DURANTE LA PANDEMIA, ESTA CAJA FUE ENVIADA A TRAVÉS DE LOS SERVICIOS DE ENTREGA LOS CUALES TUVIERON ALTA DEMANDA. (FOTO CORTESÍA L COMO RECURSO PARA SU SUSTENTACIÓN DE TESIS).	102
FIGURA 11 ESTACIÓN DE TRABAJO PARA EL LABORATORIO DE MOTORES. FORMADO DE UNA MALLA Y TUBOS DE PVC CON CONFIGURACIÓN CÚBICA, SERÍA UN ESPACIO SEGURO DONDE LOS RIESGOS SERÍAN MINIMIZADOS. SU SIMPLEZA Y MODULARIDAD PERMITEN QUE SEA TRANSPORTABLE (CAPTURA DE PANTALLA DEL VIDEO TUTORIAL DE CÓMO ENSAMBLAR LA ESTACIÓN DE TRABAJO, CORTESÍA DE L).....	103
FIGURA 12 ESTACIÓN DE TRABAJO EN LA CASA DE LOS ESTUDIANTES DONDE EL PROCESO DE DISEÑO, PROGRAMACIÓN, RENDERIZACIÓN, PRUEBA DE MOTORES, SELECCIÓN DE COMPONENTES Y ENSAMBLADO FINAL FUE LLEVADO A CABO ENTRE LAS MESAS DE COMEDOR Y DE ESTUDIO (IMÁGENES CORTESÍA L).....	104
FIGURA 13 ESTRUCTURA PRINCIPAL DE UN DRON DEBIDAMENTE CORTADA DE ACUERDO AL DRON RENDERIZADO. ESTE PROCESO FUE LLEVADO A CABO EN CUALQUIER PAPELERÍA QUE OFRECIERA EL SERVICIO DE CORTE O IMPRESIÓN 3D QUE QUEDARA PRÓXIMA A LAS CASAS DE LOS ESTUDIANTES (IMAGEN CORTESÍA DE L)	105
FIGURA 14 MATERIALIDADES NECESARIAS PARA INICIAR EL ENSAMBLE DEL VUELO DEL DRON. EN LA IMAGEN DE LA IZQUIERDA, LOS DISTINTOS TIPOS DE MOTORES Y HÉLICES, CABLES, VARIADOR DE VELOCIDAD, TARIJETA DE VUELO Y BATERÍAS. EN LA DERECHA, UNA GRAMERA PARA MEDIR CÓMO LOS MOTORES Y LAS HÉLICES EJERCEN FUERZA A MEDIDA QUE SE VARÍA LA VELOCIDAD DEL MOTOR A TRAVÉS DEL VARIADOR DE VELOCIDAD.	108
FIGURA 15 TABLAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS. LA TABLA DE LA IZQUIERDA RELACIONA LA VELOCIDAD DEL MOTOR CON EL PESO QUE EJERCE SOBRE LA GRAMERA. LAS VELOCIDADES FUERON DADAS POR L PARA EVITAR RIESGOS. LA TABLA DE LA DERECHA RELACIONA LOS PARÁMETROS NECESARIOS PARA CARACTERIZAR EL MOTOR Y LAS HÉLICES BAJO EL ESCENARIO DE LA SEGUNDA LEY DE NEWTON.....	109
FIGURA 16 SEGUNDA LEY DE NEWTON REPRESENTADA SINTÉTICAMENTE EN ESTA ECUACIÓN DONDE LA SUMATORIA DE LAS FUERZAS ($\sum F$) QUE ACTÚAN SOBRE UN CUERPO ES IGUAL A LA MASA (M) DE ÉSTE POR LA ACELERACIÓN (A). PARA EFECTOS DEL CURSO, LA FUERZA EQUIVALENTE ES LA FUERZA DE LA SUSTENTACIÓN (Fs) LA CUAL ES LA RESPONSABLE DEL VUELO.....	110
FIGURA 17 MUESTRA DE LA RECURSIVIDAD O CREATIVIDAD DE UN ESTUDIANTE QUIÉN ENSAMBLÓ EN SU ESTACIÓN DE TRABAJO LA CÁMARA DE CELULAR DE MANERA TAL QUE PERMITIERA VER CON CLARIDAD SU EXPERIMENTACIÓN ANTE SUS COACHES Y COMPAÑEROS Y COMPAÑERAS. L Y N CELEBRARON ESTA HABILIDAD.	112

FIGURA 18 LA PERSISTENCIA COMO VALOR AGREGADO AL PROCESO DE ENSAMBLE DEL VUELO	114
FIGURA 19 DIAGRAMAS DE CUERPO LIBRE DE UN GRUPO CON UN DESEMPEÑO SOBRESALIENTE EN LA PRESENTACIÓN DE ESTE LABORATORIO DE MOTORES. CADA DIAGRAMA MUESTRA LAS FUERZAS QUE ACTÚAN TANTO PARA UN CUERPO EN REPOSO COMO EN MOVIMIENTO. (IMÁGEN TOMADA DEL GOOGLE CLASSROOM CON AUTORIZACIÓN DE L)	114
FIGURA 20 GRÁFICA QUE DEMUESTRA LA SEGUNDA LEY DE NEWTON. UNA RELACIÓN LINEAL INVERSAMENTE PROPORCIONAL.	116
FIGURA 21 GRÁFICA QUE DEMUESTRA LA SEGUNDA LEY DE NEWTON, PERO EN UN MOVIMIENTO ANTAGÓNICO AL DEL VUELO. COMO SE PUEDE VER LA RELACIÓN DIBUJADA VA EN ASCENSO, ES DECIR TIENE VALORES POSITIVOS. EN ESTA SITUACIÓN, LO QUE SE ENSAMBLA ES LA PRUEBA DEL MOVIMIENTO DESCENDENTE QUE PODRÍA HACER UN DRON, LO CUAL ES PROPORCIONAL AL MOVIMIENTO ASCENDENTE EN ESTE CASO DEL LABORATORIO DE MOTORES.	117
FIGURA 22 LA IMAGINACIÓN E INVESTIGACIÓN COMO NÚCLEO DEL PROCESO DEL ENSAMBLAJE DE DRONES PARA DESARROLLAR CREATIVIDAD Y PENSAMIENTO CRÍTICO A TRAVÉS DE LA EDUCACIÓN STEM QUE L Y N IBAN DESPLEGANDO.	119
FIGURA 23 TARIJETA DE VUELO EN LA ESTRUCTURA CADA VEZ MÁS DESARROLLADA DEL DRON. ESTE PEQUEÑO DISPOSITIVO CONTROLA LA DIRECCIONALIDAD DEL VUELO DEL DRON. MUY IMPORTANTE PARA CUMPLIR SU ROL SOCIAL, EL DEL MEJORAMIENTO DE LA SOCIEDAD Y EL BENEFICIO DE LAS PERSONAS. LA POSICIÓN DE LA TARIJETA DE VUELO TAMBIÉN ES CENTRAL. LA RELEVANCIA DE ESTE DISPOSITIVO ES ALTA, YA QUE LOS MOTORES VAN CONECTADOS A ESTA TARIJETA.	120
FIGURA 24 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE METAFORIZADO A HABILIDADES PERSONALES Y VALORES QUE LE PERMITIRÁN AL ESTUDIANTE SALIR ADELANTE O ASCENDER A PESAR DE LA BAJA ADAPTABILIDAD A LAS TECNOLOGÍAS STEM QUE, A SU VEZ, PUEDE DEBERSE AL PESO DE LA EDUCACIÓN TRADICIONAL.	123
FIGURA 25 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE METAFORIZADO PARA ESTUDIANTES CON ALTA ADAPTABILIDAD A LAS TECNOLOGÍASSTEM.....	124
FIGURA 26 L EXPLICANDO CÓMO CONECTAR EL CONTROL REMOTO A LA TARIJETA DE VUELO Y, ASÍ MISMO, EXPLICANDO CÓMO CADA COMPONENTE DEL CONTROL REMOTO GOBIERNA UN MOVIMIENTO DEL DRON.	125
FIGURA 27 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE QUE REPRESENTA LAS FUERZAS QUE ORIENTAN PROFESIONALMENTE A LOSESTUDIANTES QUE ENTRAN AL PROGRAMA DE ACCIÓN STEM.....	128
FIGURA 28 BOCETOS A LAPIZ Y ALGO DE COLOR DE LOS PRIMEROS DRONES MATERIALIZADOS EN HOJAS DE PAPEL PRODUCTO DE LA IMAGINACIÓN Y UN CRITERIO SUBJETIVO DE LO QUE LOS ESTUDIANTES CREÍAN ERA LA FORMA ADECUADA PARA CUMPLIR SU ROL SOCIAL.....	130
FIGURA 29 EJEMPLO DE BOCETOS DE DRONES PROPUESTOS POR CADA INTEGRANTE DE UN GRUPO (IZQUIERDA) Y EL BOCETO SELECCIONADO (DERECHA).	130
FIGURA 30 EL DRON DE CARTÓN PAJA MATERIALIZADO CON DISTINTOS MATERIALES Y PRÁCTICAS, EL DRON RENDERIZADO Y EL DRON DE MADERA.	132
FIGURA 31 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DEL DRON EN REPOSO O EL DRON IN-MÓVIL, MATERIALIZANDO UNA ILUSIÓN Y UNA PROMESA FRENTE AL VUELO.	133
FIGURA 32 RED DE ACTORES DEL ESTUDIO DE CASO, STEM COL, SUS MÚLTIPLES INFLUENCIAS Y ESTRATEGIAS PARA HACER MÁS REAL AL CIUDADANO COMPETENTE QUE QUIEREN ENSAMBLAR A TRAVÉS DE LA EDUCACIÓN STEM.	136
FIGURA 33 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DEL MOVIMIENTO O VUELO STEM EN ESTADOS UNIDOS.	139
FIGURA 34 MENSAJE DE BIENVENIDA AL PROGRAMA RUTA STEM	155
FIGURA 35 LAS DIFERENTES RUTAS STEM POR DISTINTOS SISTEMAS PLANETARIOS.	156
FIGURA 36 SALUDOS EN EL FORO DE LA PLATAFORMA POR PARTE DE UN STEMNAUTA RESIDENTE EN MANIZALES. LOS STEMNAUTAS SE ENCUENTRAN DISPERSOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS Y CIUDADES DEL PAÍS, DESDE GALAPA HASTA BOGOTÁ.....	156
FIGURA 37 UN EXTRATERRESTRE PROMOVRIENDO LA CREATIVIDAD, LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS Y EL PENSAMIENTO COMPUTACIONAL.....	157
FIGURA 38 RESULTADO DE LOS MEJORES PROYECTOS DEL TORNEO NACIONAL STEM. (MINTIC. RECUPERADO DE: HTTPS://TALENTODIGITAL.MINTIC.GOV.CO/734/W3-ARTICLE-238249.HTML).....	159
FIGURA 39 RED STEM LATAM COORDINADA POR LA FUNDACIÓN SIEMENS STIFTUNG. (FUNDACIÓN SIEMENS STIFTUNG.	160
FIGURA 40 MAPA DE LOS TERRITORIOS STEM+ CONQUISTADOS EN COLOMBIA. (MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. COLOMBIA APRENDE. RECUPERADO DE: HTTPS://COLOMBIAAPRENDE.EDU.CO/RECURSO-COLECCION/TERRITORIOS-STEM)	161
FIGURA 41 RUTA PARA LA CONQUISTA DE TERRITORIOS STEM+. EN GUÍA METODOLÓGICA PARA LA CONFORMACIÓN DE TERRITORIOS STEM+. RECUPERADO DE: HTTPS://COLOMBIAAPRENDE.EDU.CO/RECURSO-COLECCION/TERRITORIOS-STEM)	162
FIGURA 42 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DEL VUELO STEM EN COLOMBIA. LOS MECANISMOS ESTABILIZADORES DESCRITOS PUEDEN SOSTENER ESTE VUELO, A PESAR DEL PESO DE LAS PROMESAS.....	167
FIGURA 43 MECANISMOS DE ESTABILIZACIÓN DEL VUELO STEM EN COLOMBIA.	168

Índice de Tablas

TABLA 1: ARGUMENTOS PRESENTADOS POR 3 GRUPOS DISTINTOS PARA SUSTENTAR SU ESCOGENCIA DEL TIPO DE MOTOR Y HÉLICES. EL PENSAMIENTO CRÍTICO, PARA L Y N, SE DESARROLLÓ DE ESTA MANERA	116
TABLA 2 PROBLEMÁTICAS SELECCIONADAS POR LOS ESTUDIANTES Y EL ROL DEL DRON SOCIAL PARA SOLUCIONARLAS	127
TABLA 3 LOS DRONES IN-MÓVILES Y SU FUNCIÓN SOCIAL QUE ALCANZARON A SER ENSAMBLADOS CONTODAS LAS LIMITACIONES CONTEXTUALES Y ESFUERZOS DE LOS/LAS ESTUDIANTES Y SUS COACHES.....	134

INTRODUCCIÓN

Genealogía de la educación STEM e impactos del acrónimo en la educación

La portada del presente trabajo fue diseñada con imágenes producidas por *Deep AI*, un tipo de inteligencia artificial (IA) que crea imágenes y arte a partir de *indicaciones* que le dé el usuario. Las *indicaciones* (prompts) fueron *STEM/STEAM Education, robots and drones, Educación STEM/STEAM Latinoamérica; micro:bits* y combinaciones entre ellas. De la constelación de posibilidades que pueden surgir por la infinidad de datos a los que puede acceder y mezclar la IA, escogí estas porque representan de cierta manera las materialidades de los casos de estudio que voy a presentar. Decidí hacerlo porque la IA siempre está presente en políticas, webinars de divulgación, retóricas y relatos que se relacionan con la educación STEM/STEAM. Entonces, ¿por qué no ensayar para ver qué interpreta la IA por STEM y STEAM? Empezaré entonces por responder a las preguntas ¿Qué es esto de educación STEM/STEAM? y ¿de dónde viene?

STEM es el acrónimo en inglés para Science, Technology, Engineering, Math. Su origen data de finales de la década de 1990 en la NSF (National Science Foundation por sus siglas en inglés). STEM ha sido utilizado como un rótulo genérico para cualquier evento, política, programa o práctica que involucre una o varias disciplinas enmarcadas en STEM (Bybee, 2010). Definirlo ha sido problemático y esto se debe a las razones y propósitos a los que se ata. Por lo pronto, una breve descripción de sus orígenes nos puede ir aproximando a entender un poco lo que encierra este acrónimo, que para muchos, no es nada más que una moda y que, sin embargo, moviliza y agencia personas, identidades, materialidades, prácticas, morales y valores.

La semilla STEM comienza a germinar mucho antes de siquiera formarse el acrónimo. En 1945, el ingeniero Vannevar Bush daba una serie de recomendaciones en *Science, the endless frontier* (2020) al entonces Presidente de Estados Unidos Harry S. Truman, sobre la importancia de la investigación científica para combatir enfermedades, fortalecer la seguridad nacional e incrementar los estándares del buen vivir, incluyendo el apoyo a nuevas

industrias y trabajos (Bush, 2020). El éxito militar de Estados Unidos en la Segunda Guerra Mundial, le serviría a Bush para incentivar su retórica sobre la importancia de la inversión de recursos en la investigación en universidades e institutos científicos, pero también para formar el talento científico de las siguientes generaciones:

-El mejoramiento de la enseñanza de la ciencia es imperativo, ya que los estudiantes con habilidades científicas latentes son particularmente vulnerables a la enseñanza de la escuela secundaria que no despierta interés ni proporciona una instrucción adecuada. Para ampliar el grupo de hombres y mujeres especialmente calificados, es necesario aumentar el número que asiste a la universidad. Esto implica una mejora en la instrucción de la escuela secundaria, proporcionar ayuda a los estudiantes talentosos individuales para que terminen la escuela secundaria (principalmente responsabilidad de las comunidades locales) y oportunidades para que los estudiantes de secundaria más capaces y prometedores vayan a la universidad. Cualquier cosa que no sea esto significa un grave desperdicio de la educación superior y la negligencia de los recursos humanos. (Bush, 2020. p. 27)

En 1950, el congreso de Estados Unidos aprobaría la fundación de la NSF, organización que aún hoy en día tiene un poder de agencia relevante en la gestión de recursos y políticas de investigación y educación científica. Ante el lanzamiento del Sputnik en 1957 por parte de los rusos, Estados Unidos aceleraría la asignación de recursos a la preparación de los talentos científicos, incrementando la infraestructura relacionada a las disciplinas STEM¹. La competencia global por la innovación tecnológica durante estas décadas, dividiría al mundo en dos ideologías “occidental-capitalista” y “oriental-comunista” (Franco Avellaneda & Linsingen, 2011a) mejor conocida como la Guerra Fría, lo que llevaría a concentrar el enfoque de la educación científica a la seguridad nacional. Por tanto, la semilla STEM germina por preocupaciones militares (Chesky & Wolfmeyer, 2015).

La educación STEM encuentra un aliado en el Movimiento “Maker” que busca desarrollar la producción de artefactos, el empoderamiento de los estudiantes y ciudadanos en general y

¹ Cabe aclarar que el uso del acrónimo es anacrónico aquí, ya que como ya se referenció, éste se propuso a finales de la década de 1990.

la democratización de la innovación a través de la desmitificación o “descajanegrización” de dispositivos. De acuerdo a Paulo Blikstein (Blikstein & Blikstein, 2018), el movimiento *Maker* encuentra sus fundamentos en la Escuela Activa de hace más de 100 años con John Dewey y la pedagogía experiencial, las teorías constructivistas y las construccionistas de Seymour Papert quien siempre abogó por un aprendizaje fundamentado en la interacción con artefactos, incluyendo los digitales, y por el trabajo de Jerome Bruner cuya obra *The growth of mind* (Bruner, 1965) reforzaría aún más el vuelco hacia el aprendizaje activo de los estudiantes como contraposición a la escuela tradicional memorística donde el profesor o maestro es quien tiene el rol más activo. Así mismo, Bruner informaría constantemente las políticas de educación en Estados Unidos generando un espaldarazo hacia los diferentes movimientos educativos que comenzarían a emerger como la cultura *Maker*. A pesar de que sus aulas siempre han sido parte de la educación no formal dentro del contexto del surgimiento de museos de ciencia y centros interactivos en las décadas de 1960 y 1970, también se han creado espacios como los Makerspaces, los Hackerspaces, FabLabs y Ferias de Ciencias promovidas por el gobierno de Estados Unidos donde se forma la comunidad de práctica quienes construyen su identidad de Makers (Fabricantes). La educación STEM ha impulsado su incorporación a la educación formal K-12².

Actualmente, los motivos por los que se vuelca el mundo educativo en Estados Unidos hacia este tipo de enfoque, como lo llaman unos, o constructo, como lo llaman otros, no han variado del todo y se enmarcan en el desarrollo, bienestar e innovación del país, discurso que se refleja en el documento promovido por el gobierno de Barack Obama *Charting a course for success: America's strategy for STEM education*:

-Ahora más que nunca la capacidad de innovación – y su prosperidad y seguridad— depende de un ecosistema educativo STEM efectivo e inclusivo. El éxito individual en la economía del siglo XXI depende cada vez más de un alfabetismo en STEM; simplemente, para funcionar como un consumidor y ciudadano informado en un mundo de tecnología sofisticada en

² K-12 en la educación de Estados Unidos, se refiere a la secuencia del preescolar hasta la secundaria que termina en grado 12.

aumento se requiere de la habilidad de usar dispositivos digitales y habilidades STEM tal como el razonamiento basado en evidencias³ (Committee on STEM Education, 2018)

Así mismo, para lograr el bienestar nacional no solamente es importante el llamado a la fuerza laboral del futuro sino también a la equidad, la diversidad y la inclusión:

-Los beneficios nacionales de unos cimientos sólidos en STEM no pueden realizarse hasta que todos los miembros de la sociedad tengan acceso equitativo a la educación STEM y exista una participación más amplia de aquellos quienes históricamente son subrepresentados en los campos STEM. Un amplio cuerpo de investigaciones ha establecido que las organizaciones que son diversas en términos de género, raza, estatus socioeconómico, etnicidad, habilidad, geografía, religión, etc., y proveen un ambiente inclusivo que valora la diversidad, pueden retener mejor el talento, son más comprometidas y productivas, son más innovadoras y generalmente con un desempeño superior.⁴ (ídem, p. 5).

Adicionalmente, la inercia que traen los fundamentos de este énfasis en la educación científica es sometida a un nuevo impulso producido por estándares y marcos conceptuales que han robustecido aún más la relevancia y por tanto, la globalización de la educación STEM. Los *Next Generation Science Standards* (NGSS) son los estándares que pretenden homogenizar las prácticas de la educación STEM en Estados Unidos. Estos fueron desarrollados en dos fases por las siguientes organizaciones: National Research Council (NCR), National Science Teacher Association (NSTA), American Association for the Advancement of Science (AAAS) y Achieve⁵. En la primera fase desarrollaron el marco y la estructura conceptual en *Framework for K-12 Science Education* y en la segunda fase los NGSS (*Development Overview | Next Generation Science Standards*, n.d.). Además de los expertos en sus respectivos campos, también intervinieron en la construcción de estos estándares agentes de la industria y los negocios interesados en la enseñanza de las ciencias y la

³ La traducción es mía.

⁴ La traducción es mía.

⁵ Es una organización sin ánimo de lucro formada en 1996 con el ánimo de promover la articulación entre la educación secundaria y la universidad y asegurar que todos y todas las estudiantes puedan transitar esa trayectoria.

tecnología. Claramente, toda esta tecnología textual funciona como un vehículo para que la educación STEM pueda viajar y difundirse por el globo.

Han surgido nuevas perspectivas en la búsqueda de talento a través de retóricas de los interesados en promover la educación STEM. Se requiere de ciudadanos con habilidades en lo que han denominado tecnologías 4.0 para habitar este planeta. El concepto de Industria 4.0 surgió en Alemania en 2011 como un programa gubernamental para desarrollar fábricas inteligentes y más eficientes, basadas en automatización, computación y conectividad (Kagermann & Wahlster, 2022). Se espera que los ciudadanos competentes⁶ sean capaces de funcionar en un mundo digital, haciendo uso creativo del lenguaje computacional, mientras se promueve la inclusión y el bienestar colectivo.

En la figura 1, se puede ver una interpretación de lo que han significado las distintas revoluciones en educación y su relación con la tecnología. Esta imagen fue tomada de la página web de una de los múltiples emprendimientos que existen en Bogotá dedicados a la educación tecnológica que asesoran a instituciones educativas, promocionando una multiplicidad de materialidades como robots, drones, pantallas interactivas, etc. Llegué a ella ya que quería averiguar cuál tipo de materialidad era la más vendida a instituciones educativas. Nunca recibí respuesta. Llamó mi atención precisamente la representación que utilizan en el sentido de una evolución discreta de la educación determinada por tecnologías particulares, divulgando un mensaje reduccionista y determinista de las distintas dinámicas que emergen en la educación científica y tecnológica.

⁶ El objetivo de esta nueva educación es formar ciudadanos con habilidades del siglo XXI que puedan enfrentar los desafíos de la Cuarta Revolución Industrial (4RI), término acuñado en 2016 por el Foro Económico Mundial (FEM) o el Foro de Davos. Esta nueva configuración del desarrollo humano implica competencias en tres categorías de alfabetización: 1) habilidades de aprendizaje e innovación, 2) habilidades de información, medios y tecnología, y 3) habilidades para el trabajo y la vida. Según el FEM, la educación en las primeras y segundas revoluciones industriales promovía habilidades uniformes para tareas repetitivas de producción masiva. Sin embargo, ante la automatización y la creación de valor intangible en las terceras y cuartas revoluciones industriales, es necesario un nuevo enfoque educativo que prepare para trabajos futuros aún desconocidos. El FEM se refiere a este enfoque como "Las Escuelas del Futuro".



Figura 1 “Evolución de las revoluciones educativas”: Captura de pantalla tomada el 31 de agosto de 2019 en la página de REDTECH (recuperado de: <https://www.redtech.net.co/>). Actualmente, esta imagen fue retirada de la página.

El objetivo de la educación STEM, al menos en Estados Unidos, es recuperar el liderazgo tecnológico y económico que actualmente compite con China y otros países. Para lograrlo, se busca involucrar a individuos en carreras STEM, con la esperanza de impulsar el crecimiento económico y garantizar el bienestar y la seguridad nacional. La educación STEM se basa en la colaboración entre el complejo institucional compuesto por el Estado, la Milicia y la Industria (Chesky & Wolfmeyer, 2015).

Algunos autores de educación crítica ven a la educación STEM como otra maqueta de esa utopía neoliberal ciega a las ecologías locales (Chesky & Wolfmeyer, 2015; Cole & O’Riley, 2017; Weinstein et al., 2016), por lo menos desde su discurso. La injerencia del Banco Mundial y del Foro de Davos, así como de la OCDE, genera una cultura de la auditoría que enmarca a un tipo de desarrollo humano atado exclusivamente al desarrollo económico y al progreso. Es decir, el cuerpo de los humanos instrumentalizado por morales utilitarias de fuerza laboral.

Por otro lado, se critica el determinismo tecnocientífico que propone un camino hacia el progreso únicamente a través de la innovación en ciencia y tecnología. Las críticas se centran precisamente en la jerarquización del conocimiento relegando otros tipos de conocimiento no solo occidentales sino también de saberes de otras comunidades a las que han

denominado minorías o subrepresentadas. Se acomodan las retóricas precisamente para mitigar esta jerarquización e invitar a otros saberes a participar integradamente con las disciplinas núcleo de STEM. En este sentido, existe mucha ambigüedad entre las diferentes fuentes si la S de Science (Ciencia) involucra también a las Ciencias Humanas. Esto ha dado paso a un florecimiento de acrónimos que añaden otras letras como STEAM (A de artes), STEM + H (H de humanidades), STEM + I (I de Innovación), STREAM (R de Reading, leer en inglés), entre otros. Esta adición de letras al acrónimo original muestra como si las otras ramas del conocimiento fueran tributarias a las áreas STEM, reduciendo así su dimensión en el desarrollo cultural humano. Así mismo se han hecho esfuerzos para integrar STEM con conocimientos de comunidades indígenas (Cole & O'Riley, 2017; Ruef et al., 2020) y así el acrónimo comienza a abrigar una serie de discursos y preocupaciones permanentes de cobertura e inclusión, tanto de conocimientos como de grupos minoritarios, para así presentarse como el enfoque educativo que dé cuenta de la mayoría de problemas con los que ha lidiado la educación en general.

Desde un enfoque pedagógico y didáctico, el Foro Económico Mundial (FEM) presenta a STEM como una alternativa novedosa que permitirá formar estudiantes para dar cuenta de la 4RI (World Economic Forum, 2020), dando la impresión de que es una novedad que resolverá la *crisis educativa* y finalmente abordará la baja alfabetización tecnocientífica de los ciudadanos para generar ciudadanos competentes. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, las prácticas pedagógicas en las que se basa STEM tienen más de 100 años, desde el surgimiento de la Escuela Activa donde el estudiante se convierte en el protagonista, en contraposición al papel central del profesor o maestro. En este sentido, los nuevos roles e identidades que surgen al trabajar bajo el enfoque STEM son dinámicos y difíciles de definir. En el discurso, el concepto de profesor o maestro se diluye y se traduce en términos como coaches y mentores,⁷. Podría decirse que las identidades y roles de los profesores STEM son fluidos (el Nagdi et al., 2018).

⁷ De acuerdo a *STEM Success Center* (STEMSuccessCenter, s.f.) el *coaching* educativo es un proceso en el cual un *coach*, o entrenador, colabora con un *coachee*, o aprendiz, para que este último desarrolle sus habilidades y potencialidades. El *coach* ayuda al estudiante a identificar sus debilidades y trabajar en ellas para alcanzar sus metas, especialmente en el ámbito académico, convirtiéndolas en fortalezas. El *mentoring* educativo implica que una persona con más experiencia y conocimientos brinde orientación y apoyo a otra persona para que pueda alcanzar todo su potencial y obtener los mejores resultados en su vida personal, académica y profesional. El objetivo es el desarrollo de una carrera profesional a largo plazo.

Adicionalmente, la educación científica basada en la Escuela Activa, el constructivismo y el construccionismo busca promover la participación femenina en las carreras STEM. Esta iniciativa no se limita a Estados Unidos, sino que se ha extendido a varios países, incluyendo Colombia. En este último, se promociona ampliamente a nivel estatal y distrital. Se busca superar los sesgos históricos de género en las áreas de ciencias, matemáticas e ingeniería mediante programas de empoderamiento para niñas. Sin embargo, es crucial que la igualdad también se refleje en la vida profesional, ya que de nada sirve promover el empoderamiento femenino si no se logra una verdadera equidad. Además, es importante destacar que han surgido movimientos en Estados Unidos y Europa para incluir a la comunidad LGBTQ en STEM, aunque estas iniciativas no sean explícitamente abordadas en las políticas educativas, lo cual plantea un desafío para lograr una equidad completa en el campo educativo.

En la búsqueda de una fuerza laboral preparada para el futuro, el talento individual se vuelve crucial, ya que puede influir en las identidades de los estudiantes y determinar su movilidad hacia el ascenso social. Para lograr esto, es importante contar con un sistema educativo que estimule y motive a los estudiantes, permitiéndoles encontrar satisfacción y autorrealización en lo que les gusta. Sin una infraestructura adecuada que proporcione estos estímulos, existe el riesgo de que estos talentos emigren y poco puedan contribuir al desarrollo de su país de origen. El talento puede dispersar los esfuerzos de una nación en su camino hacia el progreso, poniendo en entredicho la promesa de una moral utilitaria.

Finalmente, algunos analistas españoles expertos en educación científica (García-Carmona, 2020; Toma & García-Carmona, 2021) coinciden que STEM o STEAM es solo un slogan que está de moda y que está rodeado de *influenciadores*. Es más, de forma sarcástica hacen alusión al significado traducido de STEAM (vapor), para querer enfatizar que quienes promueven este tipo de educación solo están *vendiendo humo*. Se equipara a STEM como un ejemplo más de la *posverdad* pero más desde la didáctica de las ciencias. Así, estos autores argumentan que STEAM es un slogan “para vestir con algo más de glamour al comúnmente denominado ámbito curricular científico-tecnológico, el cual en el contexto educativo español siempre ha incluido las matemáticas, las ciencias de la naturaleza y la tecnología” (García-Carmona, 2020, p. 37). De un programa que emerge en Estados Unidos con políticas, inversión

y formación docente a un slogan que está de moda, STEM es un acrónimo que encierra una cantidad de prácticas que es relevante *hacer ver* desde contextos situados y mundanos. *La vía hacia el progreso* que pregonan los divulgadores de este tipo de enfoque educativo, se puede ensamblar desde lo cotidiano y situado. Ese es el propósito del presente trabajo.

Indagando a STEM

Mi primer acercamiento al acrónimo STEM se dio en la virtualidad. Como jefe del Departamento de Ciencias de un colegio privado en Bogotá entre 2015 y 2019, me di a la tarea de buscar inspiración en el diseño curricular, al menos desde el punto de vista evaluativo, donde debía diseñar descriptores y evidencias de desempeño que dieran cuenta de las competencias científicas de los estudiantes. En el motor de búsqueda Google no fue muy difícil toparse con los estándares de educación NGSS⁸, los cuales son de libre acceso. Por aquel entonces, no los veía como unos dispositivos o actores de una red que se comenzaba a entretejer sino como una fuente de información que me ayudaría a delinear la tarea de buscar

⁸ NGSS son las siglas de "*Next Generation Science Standards*" (Estándares de Ciencias de la Próxima Generación, en español). Los NGSS son un conjunto de estándares educativos en ciencias diseñados para guiar la enseñanza y el aprendizaje de ciencias en los Estados Unidos. Fueron desarrollados por un consorcio de científicos, educadores y expertos en ciencias, con el objetivo de proporcionar una educación científica sólida y actualizada a los estudiantes.

Los NGSS se centran en promover una comprensión profunda de las ciencias naturales y la ingeniería, así como en desarrollar habilidades científicas y de pensamiento crítico. Estos estándares enfatizan la integración de conocimientos científicos con habilidades de investigación y resolución de problemas, y están diseñados para fomentar una enseñanza más práctica y contextualizada. Los NGSS están organizados en torno a tres dimensiones principales:

Dimensiones científicas y de ingeniería: Incluyen conocimientos disciplinarios en ciencias físicas, ciencias de la vida, ciencias de la Tierra y ciencias de la ingeniería, así como la aplicación de prácticas científicas y de ingeniería.
Dimensiones de prácticas científicas y de ingeniería: Se refieren a las habilidades y procesos que los científicos y los ingenieros utilizan para investigar, diseñar y solucionar problemas.

Dimensiones de conceptos transversales: Incluyen ideas clave y conceptos fundamentales que se aplican en todas las áreas de la ciencia y la ingeniería, como la estructura y función, la energía, los sistemas y la interacción entre diferentes componentes. Los NGSS han sido adoptados por muchos estados en los Estados Unidos como parte de sus estándares educativos en ciencias, con el objetivo de mejorar la calidad y la relevancia de la educación científica en el país.

estrategias para fortalecer las habilidades científicas de los estudiantes en el aula y en el laboratorio con el fin de evaluar su desempeño.

Recuerdo también que en el 2018 (ya como estudiante de la Maestría ESCyT), mientras iba por un tinto, me topé con un colega en el pasillo y entre la conversación variopinta surgió el tema de la proyección del colegio en cuanto a su propósito de renovación curricular: *El colegio quiere hacer STEM para integrar los departamentos*, me dijo. Entre perplejo, ingenuo y con la única certeza que conocía (los estándares) solo atiné a preguntar: *Y, ¿qué es hacer STEM?* Encoger los hombros y subir las cejas fue nuestra reacción.

Según una búsqueda rápida en Google realizada el 6 de enero de 2021 encontré 558.000.000 entradas ante la pregunta en inglés *What is STEM Education?* y 15.900.000 entradas para la misma pregunta en español *¿qué es la educación STEM?* Claramente es un acrónimo ampliamente distribuido en la red, pero con seguridad existirá en ese reino de entradas una vaguedad rampante sobre *¿cómo hacer STEM?*.

Parecía una buena pregunta para indagar y proponer un proyecto de tesis. Sin embargo, no tenía nada concreto. Ni un solo caso de cómo hacer STEM que me quedara próximo y accesible, ya que trabajar y estudiar simultáneamente genera una relación extraña e incómoda de espacio y tiempo. Adicionalmente, el plan del colegio no se iba a desplegar tan pronto. En una serie de eventos afortunados, un caso se vislumbraba. Primero, me topé con un libro sobre educación STEM en español del autor Z⁹ (2018) en la oficina de una de las cabezas de diseño curricular del colegio donde me encontraba laborando en aquel entonces. Según este autor, es el primer libro en español de Educación STEM. A partir de ahí se encarnaba cada vez más el acrónimo de alguna forma. ¿Cómo asir a STEM e interrogarlo? Es claro que STEM como inscripción se moviliza en papeles, artículos, documentos, políticas, pancartas, banners, videos, webinars, software, robots, libros, sitios web, memes, en la oralidad de quienes lo mencionan, critican o divulgan... en fin. Es claro que puedo tocar a STEM en diferentes objetos y quizá escucharlo o leerlo entre sus muy distintas formas de

⁹ Todos los informantes del presente trabajo aparecen con letras asignadas arbitrariamente y sin relación alguna con sus nombres originales. Esto con el fin de respetar el anonimato establecido en el consentimiento informado.

presentarse. Hacer hablar a STEM... una idea latouriana inspiradora. Pero, ¿qué es hacer STEM? La idea del slogan me seguía resonando.

El siguiente evento afortunado ocurrió en la oficina de la directora de este proyecto, quién recibió a **Z** acompañado de dos entusiastas de la educación STEM quienes se convertirían en mis informantes: **T** y **N**. Diana, previamente, me advirtió que de esta reunión podría surgir algo muy interesante. Y así fue. En ese mismo año, 2019, ellos también comenzaban a darle forma a un proyecto divulgativo de la educación STEM buscando aliados y espacios donde promover este tipo de educación. Logré mantener el contacto con ellos a tal punto de encontrar un caso de contexto situado donde STEM comenzaba a desplegarse. Mi indagación de STEM ya había iniciado desde que, desprevenidamente, me topé con los estándares NGSS.

Z y **T**, fundadores de STEMCol¹⁰, fueron los primeros en unirse a este colectivo, y más tarde se les uniría **N**. Lo que reunió a este grupo fue el libro escrito por **Z**, ya que tanto **T** como **N** buscaron a **Z** después de leerlo, y su pasión compartida por la educación científica y tecnológica los llevó a emprender juntos en el campo STEM. En septiembre de 2019, **Z** y **T** dieron una charla en la Universidad Nacional (UNAL) como parte de una serie de conversatorios organizados por el Programa de Egresados de la Facultad de Ingeniería. **Z** es egresado de Ingeniería Eléctrica de la universidad, mientras que **T** se graduó en Ingeniería Mecatrónica. Durante el evento, reflexionaron sobre la importancia de la educación STEM como tendencia educativa para el desarrollo de habilidades del siglo XXI, los desafíos educativos, el enfoque interdisciplinario, su implementación y los desafíos institucionales para la innovación educativa. Después del conversatorio, tuve la oportunidad de hablar con **Z**, quien me contó que tenían planes de crear un curso para formar docentes en educación STEM. A partir de ese momento, se estableció una relación de confianza y comenzaron las discusiones de ideas, lo que me permitió sumergirme en la visión de la educación STEM que tiene este grupo, que apenas comenzaba a formarse.

Este primer curso, se llevaría a cabo en la Sede Bogotá de la UNAL en Octubre de 2019 a través de la Unidad de Educación Continua y Permanente de la Facultad de Ingeniería y mediado por

¹⁰ De la misma manera, el nombre del colectivo fue cambiado.

el grupo InnovaTE que hace parte de la coordinación de emprendimiento de esta Facultad. Lamentablemente no pude realizar una observación participativa de ese curso en particular. Ya en 2020 nace un proyecto de un estudiante, **L**, de la primera cohorte de ese curso. Se concatenaba todo muy bien, ya que **L** iba a desplegar su interpretación de lo aprendido en el curso de formación docente. Su proyecto estaba encaminado para que fuera su tesis de maestría en ingeniería electrónica y computacional de la Universidad de los Andes.

El proyecto de **L** comenzó en marzo de 2020 cuando convocó a estudiantes de colegios públicos y privados a través de **N**, a quien conoció durante un curso de formación docente en educación STEM. El objetivo del curso era enseñar a los estudiantes a diseñar y ensamblar drones sociales.

N, en ese momento, era estudiante de la Maestría de la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales de la UNAL y también trabajaba en un colegio privado reconocido en la capital. Este colegio apoyó el curso proporcionando recursos e infraestructura. Los compañeros de **N** en la maestría jugaron un papel importante en la convocatoria de los estudiantes, ya que muchos de ellos eran profesores en diferentes colegios de Bogotá y Cundinamarca. La primera sesión se llevó a cabo en los laboratorios de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad de los Andes (ver Figura 2), y más de 40 estudiantes asistieron. Sin embargo, debido a la limitación de materiales, **L** y **N** decidieron priorizar a las chicas y seleccionar a los chicos que demostraran interés y vocación a través de un examen diagnóstico. Se seleccionaron finalmente 18 estudiantes: 5 chicas y 13 chicos, de los 28 inicialmente seleccionados. Durante el curso, varios estudiantes no respondieron, posiblemente debido a la falta de acceso a internet o computadoras, y otros perdieron motivación. Es importante destacar que la Universidad de los Andes tiene estrictos requisitos para trabajar con menores de edad, incluyendo un curso de ética social. Una vez completada la lista de verificación, los estudiantes pudieron acceder al campus universitario. Sin embargo, debido a las medidas de cuarentena impuestas por la pandemia de COVID-19 y adoptadas por la Alcaldía de Bogotá, el curso se suspendió después de la segunda sesión.



Figura 2 Iniciación del curso de drones. Estudiantes (con sus rostros ocultos por políticas de tratamiento de datos) reunidos en uno de los laboratorios de Ingeniería de la Universidad de los Andes recibiendo las primeras indicaciones del curso de Robótica y Drones. Los estudiantes se encuentran distribuidos alrededor de los materiales que les servirán para aprender a ensamblar sus drones. Los materiales son centrales y organizados de acuerdo a su funcionalidad. También se encuentra un dron modelo ensamblado por L. Imagen reproducida con autorización de su autor, N.

Las paredes, mesas, sillas, tableros acrílicos de los laboratorios y la diversidad de materiales para ensamblar el dron, se traducirían ahora en mesas donde apoyar el computador y sillas para educarse en STEM en la comodidad de las casas de los estudiantes, pero más importante, el laboratorio sería móvil. El dron desensamblado más otros materiales como una gramera o una estructura de tubos de pvc y una malla viajarían en una caja. El aula ahora sería entre los muros de las casas a través de una plataforma de videoconferencia llamada Zoom, desarrollada en San José California, Estados Unidos y el laboratorio, estaría en las mesas de los comedores o escritorios de los participantes. La plataforma permitiría que millones de estudiantes, docentes y trabajadores en general se conectaran en un espacio virtual que cambiaría las dinámicas educativas y laborales a nivel mundial desde ese momento... mientras tanto, el virus seguiría su paso mortal por el globo. El curso de drones en educación STEM retomaría sus actividades, ahora virtuales, el 10 de junio de 2020.

Para mí como investigador, que los muros de los laboratorios y los tableros acrílicos ahora fueran pantallas de computador, o celular en algunos casos, traería ciertas ventajas y desventajas. Primero, las sesiones podían ser grabadas lo que me permitiría volver a ellas para analizar detalles, previa autorización de L y N para acceder a las mismas. Segundo, la

inmovilidad producida por no tener que desplazarme hasta la Universidad me ahorraría tiempo mientras cumplía con mis responsabilidades laborales y académicas. Ahora bien, una desventaja muy grande es no poder ver los cuerpos de los estudiantes. Sus cuerpos ahora eran *cajas negras* para mí. El hecho de que en algunas oportunidades los estudiantes prendieran sus cámaras no permitía abrir esa caja negra. Sus cuerpos ahora eran digitales. Podía escuchar sus voces, y ver algunas veces sus rostros. En otras oportunidades podía ver sus manos manipulando materiales o el indicador del *mouse* o *trackpad* moviéndose en un software para diseñar a escala lo que sería el armazón del dron, nunca fue un requisito del curso encender las cámaras. La mayoría del tiempo sólo veía *avatars* y fotos de ellos. Los únicos a quienes podía ver constantemente eran a **L**, **N** y algunos *coaches* acompañantes ocasionales.

El curso terminó en noviembre de 2020 con una ceremonia de entrega virtual de certificados con el logo de la Universidad de los Andes y del colegio privado patrocinador. Más adelante los estudiantes harían llegar el dron social ensamblado de los cuales tuve acceso solamente en fotografías que me hizo llegar **L**. El propósito del curso, a parte de desarrollar habilidades para el siglo XXI, era diseñar y ensamblar un dron con fines benéficos o el dron social: un dron que solucione un problema particular del contexto social de los estudiantes.

Ensamblar al dron y ensamblar y/o desensamblar a STEM en esta aula virtual desde una perspectiva sociomaterial, serían tal vez las descripciones que intenté plasmar en mi diario de campo, aunque debo admitir que la inseguridad de manejar por primera vez este tipo de registro en una investigación de dinámicas sociales haría de la libreta algo ecléctico: entre descripciones de lo que intentaba abstraer de lo que iba sucediendo y de la rapidez de cómo sucedía, se mezclaban reflexiones, anotaciones técnicas de la presentación del profesor, de las intervenciones de profesores y estudiantes que en varias ocasiones, terminaban por congelarse en *screenshots* o grabaciones audiovisuales, dispositivos valiosos a los cuales podía recurrir después. Entre imágenes, palabras y observaciones, comenzaba a entender algunas materialidades del vuelo que se ensambla tecnocientíficamente en el dron, pero también de cómo el vuelo podía ser una metáfora de las retóricas y materialidades asociadas a la educación STEM. El vuelo... el ascenso social... el progreso. El movimiento comenzaba a atravesar una forma de describir a STEM. Esta inspiración me la daría también la última

asignatura que cursé en la Maestría: Sociedades Móviles: fluidez y circulación de personas y objetos en las sociedades contemporáneas.

A través de mis interacciones con los miembros de STEMCol, logré establecer una relación de confianza que me llevó a ser invitado a participar en el primer congreso nacional que organizaron en enero de 2021. Este colectivo está conformado por 8 miembros, incluyendo a **Z, N, T, L, U, B y H**. Durante el congreso, que se llevó a cabo virtualmente a través de la plataforma *Gather Town*, tuve la oportunidad de entrevistar a 6 de los miembros, incluyendo a **U**, la primera mujer en unirse al colectivo. El congreso tuvo una duración de dos días y pude acceder a las presentaciones y ponencias a través de un proceso de revisión anónima. Presenté una ponencia que se centraba en un análisis preliminar basado en la literatura disponible y en reflexiones importantes para el despliegue de STEM en Latinoamérica. Sorprendentemente, mi ponencia fue muy bien recibida por la audiencia, quienes valoraron las reflexiones críticas que presenté. Mi principal objetivo en el evento era tener acceso a los materiales del congreso, incluyendo las grabaciones de las conferencias principales y las ponencias. Me interesaron especialmente las presentaciones de **K** (a quien también entrevisté posteriormente), director y fundador de una organización de educación científica y tecnológica con una respetada reputación dada su trayectoria de más de 20 años, y la de **J**, quien apadrinó a **Z** y fue colaborador en la escritura de los NGSS y el marco referencial en Estados Unidos.

Por último, no quería perder la oportunidad de revisar los programas de STEM implementados por el gobierno de Iván Duque (2018-2022) a través del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC). Entre estos programas se encuentra Ruta STEM, dirigido inicialmente a docentes del sector público y luego ampliado a docentes del sector privado. También se encuentran los Territorios STEM+, que desempeñan un papel central en los Ecosistemas STEM promovidos por la fundación sin fines de lucro Siemens Stiftung. Aunque tuve acceso a ciertos materiales del programa Ruta STEM, no se me permitió participar en la observación directa debido a que no soy profesor del sector público. Sin embargo, en su versión de 2022, que se amplió para incluir a profesores del sector privado, pude acceder a una mayor cantidad de materiales. En este caso, mi enfoque no fue etnográfico sino más bien me permitió recolectar información para su posterior análisis.

Además, hubo un evento muy relevante para mis investigaciones en noviembre de 2021: el Encuentro Red STEM Latinoamérica, que se llevó a cabo en la Universidad de la Sabana. Aunque no pude asistir personalmente, las grabaciones de todas las conferencias están disponibles en línea y sin duda enriquecerán aún más la diversidad de perspectivas en el campo de STEM, esta vez a nivel regional. Por supuesto, utilizaré las grabaciones más relevantes para mi análisis.

Consideraciones metodológicas:

Este proyecto tiene como objetivo comprender cómo se desarrolla la educación STEM en la práctica en contextos situados, utilizando enfoques como la etnometodología (Garfinkel, 1967), el análisis de referentes y el análisis de la conversación. Para ello, se llevó a cabo una observación participativa en el colectivo STEMCol; se realizaron entrevistas semi-estructuradas a algunos de sus miembros, se aplicaron encuestas a estudiantes del curso de Robótica y Drones, y se realizó una revisión de documentos y políticas gubernamentales relevantes. Todo el material anterior fue autorizado por los consentimientos informados respectivos. Además, se analizaron videos y webinars relacionados con STEMCol, así como entrevistas, artículos y materiales pertinentes de los cursos de Chicas STEAM¹¹, Ruta STEM y el Encuentro Red STEM Latinoamérica, que promueve los Territorios STEM. Estos materiales tienen acceso libre.

La etnometodología se interesa por los procesos que utilizamos para dar sentido a nuestro mundo social, y Garfinkel (ídem) propone el uso de métodos documentales de interpretación para seleccionar elementos de una situación social y darles sentido en términos de patrones. El Análisis de Conversación se enfoca en las estructuras presentes en las interacciones entre personas, donde la intención de "ser una persona ordinaria" juega un papel importante. Sin embargo, estas estructuras no son fijas ni preestablecidas, sino que son construidas por los individuos en su vida diaria. La realidad de una escena y las construcciones de la misma

¹¹ El programa Chicas STEAM, desarrollado por el Ministerio TIC y la Corporación Maloka en Colombia, busca motivar a niñas y jóvenes de instituciones educativas en diferentes departamentos del país para que desarrollen habilidades en las áreas STEAM. A través de becas, mentorías y recursos digitales, las participantes exploran y trabajan en proyectos que contribuyan a transformar Colombia mediante las TIC. El programa ofrece sesiones de trabajo, acompañamiento de mediadores y mentorías con mujeres destacadas en los campos STEAM. Además, las participantes reciben un kit de herramientas para desarrollar sus proyectos.

pueden variar dependiendo de los detalles que los actores tomen en cuenta al relatarla. Cada individuo presta atención a diferentes detalles en una situación y construye su propio relato sobre lo que está sucediendo. Estos relatos, narrados por actores diferentes, presentarán diferentes construcciones de la realidad. El Análisis de Conversación encuentra su riqueza en los detalles de estas historias, donde se evidencia el trabajo y los esfuerzos de los individuos para construir la vida social. Además, lo que se considera extraordinario en estos relatos, expresado a través de categorías diversas, resulta ser lo normal y lo ordinario. La realidad social no es algo dado o preexistente (*idem*), sino que es activamente creada y reproducida por los actores sociales a través de su interacción.

En este trabajo sigo a algunos actores que emergen y se aglutinan en torno al acrónimo, en especial al grupo STEMCol y las materialidades relevantes del curso de robótica y drones. La metodología empleada articula muy bien mi objetivo de *hacer ver* a la educación STEM como algo que *se está haciendo* (Mol, 2002; Latour, 2004) y no como un sistema grande predeterminado y diseñado en otro país para ser aplicado en los contextos situados (Law, 2008). Esa es la virtud de un análisis socio-material. ¿Cómo contar esta historia desde los Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología? El STEM + M... de Múltiple, Movimiento y Materialidad se inspira en tres metáforas indispensables: la red, el ensamble y el movimiento. Las dos primeras, con la Teoría del Actor Red (TAR) o Sociología de las Asociaciones de Bruno Latour y Michel Callon (Callon, 1986, 1989; Latour, 2005) y la segunda, con la fluidez y movimiento/movilidad que proponen Anne Marie Mol (Laet & Mol, 2007; Mol, 2002; Mol & Law, 1994) y John Urry (2012).

La Teoría del Actor-Red (TAR) me proporciona una herramienta para comprender, a través del principio de simetría, que los actores no humanos y sus materialidades son igualmente importantes cuando desvían acciones y generan dinámicas emergentes relevantes. De esta manera, se hace visible una red de actores que influyen en la producción de conocimiento tecnocientífico, la cual puede ser aún más amplia en este caso específico. Además, se puede interpretar a STEM en Colombia como un programa de acción (Latour, 2005) que enfrenta desafíos pero que persiste a través del *interressement* (Callon, 1986) de sus actores. En este contexto, la red STEM está en constante crecimiento. Sin embargo, no sabemos hasta qué punto será estable en el futuro. En el Capítulo 3, trataré de responder a esta pregunta.

Mi objetivo es establecer un diálogo entre la sociología de las asociaciones o la Teoría del Actor-Red (TAR) y la sociología de la movilidad propuesta por Urry, utilizando como puente el concepto de fluidez introducido en el giro ontológico Post-TAR (Mol & Law, 1994). Esta conversación, aunque algo ecléctica, ilustra la fluidez con la que muchas prácticas sociales se llevan a cabo. Adopto el concepto de *objeto que se está haciendo* (o enactuar) desarrollado por Mol en su libro "El Cuerpo Múltiple" (2002), entendiendo que dicho objeto, o *cosa* como lo describe Latour (2004), es inestable y está en constante proceso de construcción en el presente. El proceso continuo de hacer se nutre de diversas y múltiples prácticas que difieren entre sí, pero que se articulan y se mantienen unidas a través de procesos de traducción (desplazamiento) que permiten cierto grado de estabilidad y, a su vez, facilitan su transportabilidad.

Además, existen interferencias entre estas prácticas que permiten su articulación o pueden generar conflictos. Mol (2002) nos advierte que estas interferencias pueden estar mediadas por estándares, que en el caso de STEM, pueden provenir de una red de actores que pretendo visibilizar. STEM, entonces, se encuentra en proceso de construcción y comienza a adquirir cierto grado de estabilidad cuando las políticas educativas empiezan a vincular el acrónimo y sus variantes (STEAM, STEM +A, principalmente).

Que un robot móvil se mueva (valga la redundancia), o permanezca inmóvil, requiere de un ensamblaje socio-material donde la materialidad y las prácticas que son abrigadas por el movimiento STEM (sean estas de carácter político, científico, tecnológico y educativo) son absolutamente relevantes en mi propósito indagativo, descriptivo y explicativo de este movimiento. Es claro entonces, cómo el paradigma de la movilidad fluye entre "intersecciones de conceptos, fronteras espaciales de regiones empíricas y los bordes de disciplinas académicas" (Adey et al., 2014)

Me interesa describir cómo un sistema en apariencia grande que proviene de un lugar geográfico particular, se vuelve más específico en un contexto situado (Law, 2008), en el sentido en que el acrónimo abriga una serie de prácticas con materialidades particulares que se mueven y que son traducidas en el curso donde realicé observación etnográfica. Es

precisamente en esta traducción donde TAR y el paradigma de la movilidad pueden tener una conversación interesante en el contexto de la educación científica de contextos situados y más aún cuando las diferencias y heterogeneidades que afloran se explican por la fluidez ontológica de las diversas prácticas que sostienen al acrónimo, tanto metafóricamente en las retóricas como en los ensamblajes socio-materiales para hacer mover físicamente a un robot.

¿Por qué la educación STEM merece el análisis desde los Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología en Colombia? Durante mi práctica profesional como docente y coordinador de área de ciencias naturales me he cuestionado sobre el tipo de conocimiento que he transmitido¹², pero también observado como otros y otras docentes transmiten a varias generaciones de estudiantes. Un conocimiento ya finalizado donde rara vez he observado o practicado algún tipo de debate. *Una verdad incuestionable*. Así mismo, debo confesar, durante mis primeros años como docente traté de argumentar en el aula que la inversión en ciencia y tecnología llevaría al país a un desarrollo unívoco; que uno de los problemas del país era la inversión paupérrima en estas áreas. Adicionalmente, he compartido espacios con docentes que entienden la dinámica de la producción de conocimiento científico como una extraña coctel de *positivismo* con lógicas Popperianas y que, al mismo tiempo, hablan sin pudor de paradigmas sin entender debidamente su inconmensurabilidad. No los culpo. En algún momento también fue mi caso.

Finalizando mi carrera de Biología en la Universidad Nacional tuve la fortuna de tomar el Seminario de *Ciencia y Sociedad en Colombia* y la opcional de *Ciencia en la Historia del siglo XX* en el 2003 con Alexis de Greiff. Así mismo, tuve la oportunidad de tomar una electiva en Historia de la Ciencia en la Universidad de los Andes con Mauricio Nieto. En estos espacios, tuve mi primer acercamiento con Bruno Latour y Steve Woolgar leyendo un par de capítulos de *La vida en el Laboratorio*, entre otros autores sobre todo enfocados en la historia de la ciencia. De ahí en adelante mi forma de comprender la ciencia cambió para siempre al punto de estar presentando este trabajo como requisito parcial para obtener el título de Magister

¹² Asumo el concepto de *transmisión* ya que en varias instituciones con educación estandarizada en las que he laborado mi rol se ha limitado a transmitir conceptos y conocimientos científicos ya finalizados. Rara vez he practicado algún tipo de debate en torno a la construcción de un concepto. Los *syllabus* son tan extensos que la transmisión de información se vuelve la práctica hegemónica por excelencia.

en los Estudios Sociales de la Ciencia. Si algo aprendí en estos años durante la Maestría, es la importancia de relativizar mis conocimientos y prácticas, permitiendo que el pensamiento crítico fuera mi norte.

Hasta el momento, los orígenes de STEM en Estados Unidos tienen preocupaciones económicas y militares y claramente vienen cargadas por visiones utilitarias de nuestros cuerpos y por modelos lineales y deterministas de las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad. Las voces que defienden este mundo no solo se encuentran en instituciones y organizaciones poderosas. También resuenan entre las cuatro paredes de las aulas de colegios y universidades. En mi práctica docente, no quisiera ser un eco más de estas voces.

Si algo he aprendido en la Maestría es que estas visiones monolíticas y hegemónicas deben ser superadas por una visión crítica que represente la complejidad de la producción del conocimiento científico desmitificando héroes y visibilizando posibles relaciones de poder, las cuales, muy tercamente, la tecnociencia ha evitado reflexionar en el proceso de producción de conocimiento y tecnología. Ahora bien, quizá este lado categórico de una sociología tradicional que habla de poder, organización social, cambio social, etc., se matiza con la visión socio-material, y esto me permite adentrarme aún más en esa descripción más lenta y de topografías planas a las que invita Latour (2005) para desentrañar a STEM. Mostrar, entonces, el entramado de redes socio-materiales, las relaciones y artefactos que se materializan en prácticas que pudieron ser diferentes, se justifica, precisamente, buscando diversas posibilidades distintas a esa forma dominante moderna de *hacer lo real*. Esto es lo que los Estudios Sociales de la Ciencia me han dejado, hacer de mi práctica docente algo relevante para formar pensamiento crítico en los estudiantes y así, quizá, tener más posibilidades de construir múltiples mundos alejados de visiones reducidas y hegemónicas de la humanidad y del conocimiento tecnocientífico. ¿Sería posible, entonces, hacer un análisis de STEM desde las ciencias sociales tradicionales? Por supuesto que sí. Sin embargo, el aporte del análisis socio-material resulta valioso precisamente para demostrar esos determinismos tecnológicos u otros sesgos como inequidades que podrían pasar desapercibidos si se les analizara desde grandes categorías estructurales de poder, hegemonía y/o cambio social. Hacerlo en lo más local y mundano es una gran fortaleza creativa y original de los ESCyT.

Recíprocamente, el aporte de este trabajo al campo ESCyT, es sumar a los análisis socio-materiales post-TAR en ambientes de educación científica y tecnológica en el país, a través de la articulación de las políticas, informes, estándares y otro tipo de documentos referentes de educación científica contemporánea que se dejan permear por el acrónimo STEM o STEAM para ensamblar ciudadanía científica fluída¹³, con las prácticas socio-materiales situadas de un estudio de caso donde STEM se materializa, y de donde emergen movimientos físicos y metafóricos que ensamblan ciudadanía científica para el ascenso social, retóricas, promesas y robots.

Adicionalmente, se proporciona evidencia empírica de un proceso de enseñanza-aprendizaje agenciados por el acrónimo en el contexto pandémico por el COVID-19, donde emergen estas retóricas, prácticas y materialidades que ayudan a sustentar aún más esa necesidad por utilizar STEM desde los actores que lo promueven y demostrando que las materialidades no son neutrales. De igual manera, se recurre a un aprendizaje de emergencia ante el contexto mencionado donde se acude a lo *que se tiene a la mano* (bricolaje socio-material¹⁴). Así mismo, se muestra la multiplicidad del acrónimo entre distintas prácticas y materialidades que demuestran la inestabilidad de STEM, como *una cosa que se está haciendo*. Al final, resalta una red de actores que se hibridan en relaciones entre lo humano y lo no humano, lo privado y lo público, y los supuestos mecanismos de estabilización que sostienen a la red. Es un caso que muestra desde lo mundano y situado el ensamble del progreso y desarrollo de las naciones atado a la educación científica y tecnológica contemporánea desde un análisis socio-material.

Para articular y describir mejor la complejidad del impacto del acrónimo en las prácticas socio-materiales de este estudio de caso, recurro a metáforas sobre el movimiento asociadas al progreso y desarrollo de los países y sus ciudadanos. Históricamente, estas metáforas han sido útiles para describir lo que se necesita para llegar al anhelado progreso y bienestar de las naciones: *despegar para superar obstáculos* (Prebisch, 1949) o *llegar al cielo* (Bush, 2020). El

¹³ Concepto que elaboro en el Capítulo 1.

¹⁴ Este concepto elaborado por Johri (2011) y que retomo en la revisión de literatura sobre análisis socio-material en ambientes de educación, me ayuda a describir lo que ocurre durante el curso de robótica y drones. En corto, el concepto está basado en el bricolaje de Levi-Strauss (1962) pero traducido a prácticas relacionales y representacionales con relaciones socio-materiales que van emergiendo de acuerdo al contexto.

movimiento ascendente ha sido característico para representar un destino que es el progreso de las naciones y el ascenso social de sus ciudadanos/as a través de la educación y apropiación social del conocimiento científico y tecnológico.

Finalmente, esta es una historia marcada por el movimiento que pretende mostrar el viaje de una inscripción que, a través de ensamblajes socio-materiales, mueve robots, ensambla el *ascenso social* de los/las estudiantes, nos muestra *rut*s, y conquista *territorios*. STEM entonces, es una *cosa múltiple*, que aglutina a apasionados por la educación científica y tecnológica que creen en la ciencia y la tecnología para *progresar* y *solucionar* los problemas que nos agobian en el mundo, o al menos los de la nación. Como ya había establecido Vannevar Bush en el documento *The Science Frontier* (2020):

“Que no haya más límites que la propia capacidad para la ambición intelectual... cada chico y chica debe saber que si demuestra que tiene lo que hace falta, el cielo es el límite”¹⁵ (Bush, 2020)

El cielo es el límite y el cielo se alcanza volando. ¡Espero logren disfrutar su lectura!

¹⁵ La traducción y subrayados son míos.

Capítulo 1: La educación científica y tecnológica en Latinoamérica desde los ESCyT: ciudadanías para enfrentar las crisis y perspectivas socio-materiales

“Identificar al ser humano con su mera profesión constituye un error gravísimo: en cualquier hombre hay algo esencial que va mucho más allá del oficio que ejerce. Sin esta dimensión pedagógica, completamente ajena a toda forma de utilitarismo, sería muy difícil, ante el futuro, continuar imaginando ciudadanos responsables, capaces de abandonar los propios egoísmos para abrazar el bien común, para expresar solidaridad, para defender la tolerancia, para reivindicar la libertad, para proteger la naturaleza, para apoyar la justicia...”

Nuccio Ordine, *La utilidad de lo inútil*. (2013)

El desarrollo y el progreso económico y tecnocientífico en Latinoamérica y en otras regiones del mundo han sido problemáticos toda vez que nuestra historia colonial nos ha determinado nuestro devenir en busca de una identidad y un bienestar generalizado de todos los individuos. La educación científica y tecnológica ha cumplido un rol fundamental en la consecución de los ideales del progreso ya que ha sido vinculada a las retóricas del desarrollo a nivel mundial y, así mismo, es promovida para salir de la *crisis del subdesarrollo* de la cual la *crisis educativa* y *del aprendizaje* hacen parte. En otras palabras, la cultura científica en sociedades contemporáneas, se ve como indetectiblemente necesaria para llevar a las naciones a las *vías del desarrollo* (UNESCO, 2013). En este capítulo quisiera visibilizar retóricas y actores que se inscriben en materialidades como encuestas, políticas, recomendaciones en informes y estándares, que buscan la formación de ciudadanos en conocimiento tecnocientífico.

Ahora bien, la ruta analítica de las ontologías múltiples me permite describir y entender mejor que el tipo de ciudadanía que se visualiza en estas materialidades es *fluida*, es decir, corresponde a prácticas que se enuncian desde distintos lugares y que pueden chocar o sincronizar; se entretajan entre aceptaciones y resistencias de la globalización y su concomitante discurso de la modernización, progreso y desarrollo que vienen mediados con

el razonamiento tecnocientífico. En este sentido, el tipo de ciudadanía que es promovida desde las mismas prácticas educativas que se sugieren desde los ESCyT o del movimiento CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad), y que parten de una visión crítica de la formación científica y tecnológica, pueden chocar o sincronizar con las visiones de *ciudadano competente* en conocimiento tecnocientífico que son sugeridas desde las políticas científicas y educativas que se desarrollan bajo el agenciamiento del Estado, la comunidad científica, la empresa privada y otras organizaciones como la OCDE (a través de la prueba PISA o en recomendaciones sobre las políticas sobre Inteligencia Artificial que debería adoptar el país) (OECD, 2016; OECD, 2023). No quisiera mostrar aquí que la naturaleza normativa de las materialidades como las políticas y los estándares es unidireccional *de arriba-abajo* proponiendo un orden jerárquico, sino más bien un ensamblado *desordenado y múltiple*.

En este sentido, el estado del arte que quiero construir aquí hace énfasis en la *Educación Científica contemporánea*. La tendencia de los últimos 12 años en los ESCyT reclama un espacio de análisis desde la TAR y las ontologías múltiples en el campo de educación científica y tecnológica teniendo en cuenta las políticas, estándares y la visibilización de actores que agencian estas políticas tanto a nivel internacional (Fenwick, 2010; Fenwick & Edwards, 2010, 2011; Gorur, 2011, 2013; Gorur et al., 2019) como a nivel nacional y regional. En este último contexto las referencias se enfocan en una mirada estilo TAR (o muy cercana a ella), en cuanto a la visibilización de actores que movilizan la *Popularización o Apropiación de la Ciencia y la Tecnología* en Colombia (Franco-Avellaneda & Linsingen, 2011a, 2011b; Pérez-Bustos et al., 2012) y así mismo el tipo de ciencia que se divulga en Museos interactivos de Ciencia (Franco-Avellaneda & Pérez Bustos, 2009). Por otro lado, existe el enfoque de los ESCyT como movimiento pedagógico y didáctico como fuente de construcción de pensamiento crítico en la formación de ciudadanía y de científicos (Cassiani, 2019; Cassiani & Linsingen, 2009; Franco-Avellaneda & Linsingen, 2011a; Linsingen, 2007; Rodrigues et al., 2019; Rodrigues & Cassiani, 2020). No se trata de una revisión exhaustiva, pero sí de un estudio suficiente para proporcionarme elementos conceptuales y analíticos que me permitan comprender el surgimiento o la aparición de la educación STEM en nuestro territorio como una estrategia adicional para persuadir a los individuos a orientar su futuro hacia las vocaciones del acrónimo, tanto como fuerza laboral para la Cuarta Revolución Industrial (4RI) como para la apropiación social del conocimiento científico. En otras palabras, el objetivo de este capítulo

es identificar trabajos en Educación en Ciencia y Tecnología (ESCyT) que aborden la educación en ciencia y tecnología, y al mismo tiempo, integrar la ciudadanía visualizada en diferentes ontologías, como los propios artículos, informes de encuestas sobre percepción en ciencia y tecnología, políticas científicas y tecnológicas, y estándares que se promueven desde organizaciones internacionales o *centros de cálculo* (Latour, 1992). Asimismo, recorro a algunos artículos del ámbito educativo que evalúan los dos movimientos: CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) y STEM/STEAM.

Así, propongo en los siguientes párrafos, una contextualización para entender un poco mejor de donde viene la tan mencionada *crisis de la educación y del aprendizaje*, que terminan por movilizar estas políticas, estándares y visiones de ciudadanía ante un imaginario del deber ser de la educación científica y tecnológica en el país y la región. De igual manera, quisiera proponer dos vías argumentativas para mostrar el ensamble retórico del *ciudadano competente* y del *ciudadano socio-técnico* o *crítico* que, al final, configuran dos redes con puntos de encuentro y desencuentro. Los ESCyT, reitero, hacen parte de este entramado en el ensamble del ciudadano socio-técnico, pero así mismo brinda conceptos y vías de análisis que permiten interpretar mejor el dinamismo, la multiplicidad y la fluidez de visiones de ciudadanía atravesadas por la educación científica y tecnológica. La ciudadanía científica, entonces, es una *cosa*¹⁶ fluida sin ontología fija.

La crisis educativa: multiplicidad y el miedo al estancamiento (moverse por moverse)

En búsqueda del entendimiento de la crisis educativa y del aprendizaje, encuentro que, inevitablemente la crisis de la modernidad pone en jaque al sistema educativo. Los discursos de la modernidad siempre han estado atados a la racionalidad propia de las ciencias; a la madurez Kantiana. Es como si la ciencia y el razonamiento fundante se hubieran apoderado del sentido educativo y pedagógico (a pesar de otras disciplinas y áreas de conocimiento) para educar seres humanos o, en otro sentido, formar ciudadanos. Carmona (2007), explica de manera concisa que la crisis educativa está intrínsecamente vinculada a la crisis de la

¹⁶ Latour (2004) hace referencia a este concepto para diferenciarlo con un *objeto* ya finalizado (un *asunto de hecho*) y, así mismo, argumentar en favor de la investigación por las *cuestiones de preocupación*, las cuales son como el escenario que permite que los *asuntos de hecho* emerjan.

modernidad, la cual se basa en la deshumanización impulsada por una racionalidad instrumental. En consecuencia, se puede afirmar que la crisis de la educación es esencialmente una crisis de carácter humano.

En la revisión documental que he realizado para entender porqué STEM adquiere *momentum*¹⁷ en nuestro territorio, he encontrado formas distintas de entender la crisis (o las crisis). La del desarrollo fallido (la pesadilla) que menciona Arturo Escobar (2007); la crisis de la Comprensión Pública de la Ciencia y la Tecnología como un modelo deficitario; la crisis educativa dados los bajos resultados en la prueba PISA y la crisis del déficit del pensamiento crítico explícito en los análisis de las encuestas sobre Percepción de la Ciencia y la Tecnología. Todas estas crisis, en apariencia distintas, son sostenidas desde los discursos de la modernidad. La etimología de *crisis* denota separación, división, un movimiento repelente. ¿De qué nos estamos alejando entonces? ¿Del desarrollo de la nación o de la humanización de la educación?

El concepto de subdesarrollo nace como estrategia política y económica a finales de la segunda guerra mundial, como una invención casi que onírica que pretendía alinear a las naciones subdesarrolladas en el debido camino del desarrollo y que, termina en la pesadilla del estrangulamiento de la naturaleza por la extracción y apropiación de recursos y una brecha magnificada entre ricos y pobres (Escobar, 2007). Las estrategias iniciales para poder materializar este sueño *primermundista* consistían en enviar ayudas tecnológicas a las naciones *tercermundistas*. Efectivamente, la tecnificación del agro permitía exportar más eficientemente las materias primas de los países subdesarrollados hacia los países desarrollados a costa de importar los productos ya modificados a un precio más alto. En el caso de Colombia, el progreso sólo sería parcial mediante el *boom* de pocas industrias como

¹⁷ En física, el *momentum* se refiere a la cantidad de movimiento que posee un objeto en movimiento. El *momentum* es una propiedad vectorial que depende tanto de la masa del objeto como de su velocidad. Matemáticamente, el *momentum* se define como el producto de la masa del objeto y su velocidad. Metafóricamente, el *momentum* puede referirse a la velocidad y la fuerza con la que el movimiento STEM está ganando terreno en la región. Al igual que el *momentum* en física, el movimiento STEM en Latinoamérica está ganando impulso a medida que más personas y organizaciones se unen y trabajan juntas para promover la educación y la investigación en estas áreas. La colaboración entre empresas, universidades y organizaciones gubernamentales y no gubernamentales puede ayudar a acelerar el *momentum* del movimiento STEM y llevarlo a nuevos niveles de éxito (a un vuelo sostenido).

el café, el algodón y la minería, pero dejando de lado una verdadera institucionalización de la educación y la investigación científica (Gallego-Badillo et al., 2010; Torres & Guerrero, 2018)

El impacto de esta perspectiva de progreso en el ámbito educativo de Colombia se manifestó a través de un cambio en el discurso y diseño curricular, en el que la subjetividad fue reemplazada por un enfoque más definido: el positivismo. Desde principios del siglo XX, con la implementación de la Escuela Activa en Colombia, particularmente en el Gimnasio Moderno, se destacó la importancia del individuo como semilla para contribuir a la modernización del país desde una perspectiva científica (Saldarriaga & Sáenz, 2007).

La invención de la *individualidad moderna* (ídem) se enfocó en mirar la infancia desde un enfoque científico como representante de la modernización. Las ideas desarrolladas en el siglo XIX en el ámbito de la biología, especialmente la Teoría de la Evolución de Darwin, tuvieron un fuerte impacto en las prácticas educativas que buscaban medir, higienizar y medicalizar a los niños a través de pruebas psicológicas, exámenes médicos y la observación de la infancia como objeto de investigación científica.

En este sentido, las ideas de la evolución darwiniana y la metáfora de la sociedad como un organismo se incorporaron a la concepción del orden social, considerando a la sociedad como un organismo en el cual los individuos cumplen una función. La categorización psicológica de los individuos a través de un enfoque científico permitió adaptar un sistema de selección-exclusión basado en el concepto darwiniano de "el más apto" en una sociedad móvil en busca de ascenso social. Sin embargo, surge la pregunta: ¿apto para qué?

Martínez Boom (2004) señala el impulso expansivo de los fundamentos desarrollistas en Latinoamérica, lo que condujo a la diversificación de la educación en sus formas formal, no formal e informal, con la creación de museos, centros de ciencia y una mayor tecnificación educativa con fines económicos. Sin embargo, hacia finales de la década de 1980, se revelaron las consecuencias del desarrollo, como la creciente brecha entre ricos y pobres y el agotamiento de los recursos naturales. Esto llevó a repensar los objetivos de la educación.

La decisión de adoptar la opción ética que beneficie a la mayoría suele estar determinada por las ideas desarrollistas, que todavía persisten a pesar de las críticas recibidas, como el concepto de desarrollo sostenible¹⁸. En este sentido, el capital y la economía son considerados como el bien que beneficiará a la "mayoría", en aras del desarrollo y el progreso. Esta perspectiva es crucial para comprender lo que ha estado ocurriendo en la educación STEM en nuestro país en los últimos años, donde el acrónimo ha empezado a aparecer en políticas, estándares, museos de ciencia y entornos educativos no formales.

Es evidente que, para enfrentar la crisis del desarrollo fallido, se requiere una ciudadanía alfabetizada, preferiblemente en roles relacionados con la ciencia y la tecnología, con el fin de aprovechar el valor económico de nuestros recursos.

La crisis de la Comprensión Pública de la Ciencia y la Tecnología está vinculada a la forma en que se aborda la relación entre el conocimiento científico, la tecnología y el público lego. Se han identificado tres crisis o déficits en este ámbito: el conocimiento, las actitudes y la confianza (Bauer, 2008). Las encuestas, aunque flexibles en su interpretación (Bijker et al., 1987), son influenciadas por patrocinadores y actores políticos, construyendo déficits basados en el abuso de los datos (Bauer, 2008). El objetivo de estas encuestas es cambiar el comportamiento del público a través de programas, como el enfoque STEM. Sin embargo, las críticas señalan que el conocimiento no necesariamente se traduce en cambios de práctica real, y las encuestas revelan más imaginarios que usos reales de la ciencia y la tecnología. La ciencia participativa también ha sido criticada por mantener un modelo deficitario, donde los ciudadanos siguen siendo ignorantes del conocimiento científico y tecnológico, sin lograr una verdadera democratización (Franco-Avellaneda & Linsingen, 2011; Pérez Bustos, 2009).

Según las encuestas de Percepción de las Ciencias y Tecnologías en Colombia (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2014), se evidencia una crisis en la percepción de la ciencia y tecnología por parte de la población. Según Gómez (2014, p. 227-237) en su análisis dentro de este mismo documento, esta percepción se divide en dos dimensiones: la abstracta

¹⁸ Para Lucie Sauvé (2014), experta en educación ambiental, el desarrollo sostenible mantiene una visión antropocéntrica que prioriza el desarrollo económico y tecnológico a costa del medio ambiente y de la equidad social.

y la de contexto. La primera es idealizada y universalista, aprendida en la escuela, mientras que la segunda es mediada por los medios y se centra en la practicidad y el consumo. Sin embargo, esta segunda dimensión carece de una dimensión cívica y política. Esta reducción de la ciencia y la tecnología al consumo y lo utilitario sin considerar sus implicaciones y riesgos es una *crisis real*. Gómez (ídem) destaca la importancia de generar discursos interdisciplinarios que articulen la ciencia abstracta, la práctica y la cívica, a través de un enfoque transversal en los currículos educativos. Esto permitiría un análisis crítico de los contenidos tecnocientíficos en relación con el contexto diario y empoderaría a los ciudadanos para tomar decisiones responsables a nivel comunitario a corto, mediano y largo plazo. Por tanto, es fundamental la vinculación de las ciencias sociales y humanas para una mejor comprensión de la ciencia y la tecnología.

Las encuestas del Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología revelan la crisis en la formación de ciudadanos socio-técnicos. Se cuestiona la visión deficitaria de conocimiento científico y tecnológico y se destaca la necesidad de fomentar el pensamiento crítico en todos los ciudadanos. Esto es crucial para mejorar el consumo y la producción de ciencia y tecnología, así como para promover la responsabilidad cívica en situaciones donde las promesas de bienestar pueden ser engañosas.

Otro hallazgo relevante de esta encuesta es el bajo conocimiento que existe en la población sobre las instituciones y actores que regulan y producen el conocimiento C y T en Colombia, en particular Colciencias como institución insignia de la ciencia y la tecnología en el país. Este desconocimiento trae implicaciones importantes en cuanto a la apropiación social de la ciencia y la tecnología, ya que el público lego desconoce la dinámica de regulación y producción de conocimiento en Colombia y así mismo habla de la poca inversión que han tenido los gobiernos en fortalecer las instituciones científicas. Una percepción sorprendente encontrada en la encuesta es que muy pocos le darían prioridad a la inversión en ciencia y tecnología del presupuesto nacional, contrastado con la voluntad de pagar más impuestos en pro de la investigación de enfermedades. Por tanto, surge la necesidad de fortalecer la divulgación de las dinámicas y actividades que realiza Colciencias para alimentar una apropiación social de C y T más contundentemente.

Por otro lado, en los reportes recientes de la OCDE (Radinger *et al.*, 2018), se evidencia la crisis educativa en Colombia, principalmente en términos de inequidad, especialmente en poblaciones vulnerables en zonas rurales. La Prueba PISA revela deficiencias en el manejo y distribución equitativa de recursos, así como en la profesionalización docente. Recomiendan promover un marco curricular nacional común que aborde estas desigualdades y permita rendición de cuentas. Además, se destaca la necesidad de adaptar este marco a la diversidad étnica y rural del país. Según el informe, los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBAs)¹⁹ aún son insuficientes para informar a los docentes, padres y estudiantes sobre los aprendizajes estructurantes, por lo que se requiere un currículo más sólido.

El documento OCDE "*Public spending in education and student's performance in Colombia*" (Heras & Olaberría, 2018) analiza la relación entre la inversión en educación y el desempeño estudiantil en Colombia. Se enfoca en las áreas de Matemáticas y Lenguaje, y considera variables como estatus socioeconómico, tipo de colegio, género y edad. Los resultados revelan desigualdades significativas entre los colegios públicos y privados, con una mayor calidad en los colegios privados. Se destacan problemas de infraestructura, gestión de recursos, ausentismo docente, brechas de género y concentración de calidad en áreas urbanas. La calidad y capacitación docente se relaciona directamente con el rendimiento estudiantil y tiene implicaciones en el desarrollo económico del país.

El modelo de análisis utilizado en este estudio les permite concluir que si existiera una inversión en los departamentos del país igual que la de Bogotá se podrían aumentar los puntajes tanto de Lenguaje como de Matemáticas, donde los beneficiados serían los estudiantes de familias con bajos ingresos y que esta inversión debería considerarse en la política pública. La evidencia que surge de este estudio es que para estudiantes con familias de bajos ingresos tener una inversión de gasto público más alta por estudiante y con profesores de mayor calidad (medida por los posgrados que cada profesor tenga), determina un mejor desempeño en Lenguaje y Matemáticas. Finalmente concluyen que la leve mejoría

¹⁹ Los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) son estándares y metas establecidos por el Ministerio de Educación de Colombia. Definen los conocimientos, habilidades y competencias que los estudiantes deben adquirir desde preescolar hasta grado 11 en áreas como lenguaje, matemáticas, ciencias, competencias ciudadanas y más. Los DBA buscan garantizar una educación de calidad, evaluar el progreso estudiantil, informar el diseño curricular y promover la equidad y formación integral de los estudiantes.

en los resultados promedio de la Prueba PISA son explicados por una inversión significativa del gasto público que los gobiernos han invertido desde el año 2000.

Así, parte de la crisis educativa en Colombia que obstaculiza el desarrollo económico nacional y bienestar general de las personas es enunciada desde materialidades, como estos reportes y encuestas, los cuales terminan informando a las políticas públicas sobre la visión que deben construir de cara al futuro o, al menos, a los imaginarios de futuro donde el desarrollo de las naciones y el bienestar de la ciudadanía siguen atados a la C y T. Así mismo, la crisis es agenciada desde organizaciones como la OCDE, que termina por establecer una red y unos estándares que demandan modificaciones a la política pública.

En este sentido, la materialidad propia de los documentos revisados es una “estabilización temporal de múltiples procesos que negocian visiones y valores educativos, significados y formas de representación, así como intereses que se matizan por el poder y enfoque que tengan los interesados” (Fenwick & Edwards, 2011. p. 711). Así, el análisis se enfoca en las cuestiones de preocupación²⁰ que se encuentran en las visiones de ciudadanía, pero también en los asuntos de hecho (Latour, 2005) que se evidencian en los análisis de las encuestas sobre la percepción de la ciencia y la tecnología en muestras de la población colombiana en un espacio-tiempo situado; ya que los asuntos de hecho emergen de las cuestiones de preocupación (Latour, 2004).

Para redondear, tanto los análisis de las encuestas sobre percepción de la C y T, como los informes de la OCDE sobre los recursos educativos en Colombia, nos dan la sensación de que la crisis (o las crisis) son efectivamente un *asunto de hecho* y que las derivadas de estos análisis configuran las *cuestiones de preocupación* que se encarnan en las visiones de ciudadanía dispersas en los mismos análisis, en políticas y estándares. Claramente, todo lo que se moviliza e interactúa (humano y no humano) para configurar estas crisis, se escapa de los propósitos de este capítulo y solo se privilegia una vista parcial desde la materialidad misma

²⁰ Latour (2005) hace referencia a este concepto para diferenciarlo con un objeto ya finalizado (un asunto de hecho) y, así mismo, argumentar en favor de la investigación por las cuestiones de preocupación, las cuales son como el escenario que permite que los asuntos de hecho emerjan.

de los documentos revisados que muestran, precisamente, una estabilización temporal de lo que significa la crisis educativa en el país.

Ciudadanía *apta y competente*: entre visiones, políticas y estándares

Ante la crisis del modelo desarrollista, las promesas de tecnificación en diversos ámbitos generaron una reconfiguración de los objetivos educativos, destacando el concepto de competencia. Se espera que los individuos preparen sus cuerpos para contribuir al desarrollo del país, siendo competentes. Las reformas educativas en Colombia en los años 90 se orientaron hacia este nuevo enfoque de desarrollo humano, priorizando la calidad educativa sobre la expansión. El lema pasó a ser "Educación para todos, sí, pero con calidad".

Las prácticas que se incorporan se enmarcan en la *cultura de la auditoría*²¹ donde los estándares se convierten en actores determinantes y vehículos de agencia del Banco Mundial. Además, ocurre un florecimiento del mercado de las tecnologías en el aula. El Estado agencia ahora a la forma latouriana de *acción a distancia* (Latour, 1992) descentralizando la educación e incorporando nuevos actores, como el FMI y el Banco Mundial, que median y dictan, qué educar, cómo educar y con qué educar.

El *individuo moderno* (Saldarriaga & Sáenz, 2007) que evoluciona al *ciudadano apto y competente*, es entonces el encargado de afrontar la crisis. La escuela lo moldea para trabajar para la ciencia y así llevar a la nación al progreso. Los estándares y las tecnologías que se embeben en las prácticas pedagógicas en las aulas, como diseño de currículos y didácticas, son vehículos de los intereses políticos y económicos que, en apariencia, brindan mayor *objetividad* y, por tanto, *transparencia* al proceso de formación de los individuos. Los hace comparables y categorizables, todo por el afán del progreso globalizado, del miedo al estancamiento o del moverse por moverse.

²¹ A medida que las naciones entran a la red de la sociedad global, esta cultura viaja rápidamente. La innovación y la responsabilidad de "dar cuenta y explicaciones" (accountability) son los nuevos mantras de las instituciones embebidas en esta red. La inmunidad a esta cultura es cada vez más difícil sobre todo en instituciones como las educativas que son vistas como fundamentales para el desarrollo y éxito de las naciones.

Los gobiernos recurren a la tecnocracia para dar una sensación de seguridad y seguir directrices impuestas por organizaciones que dictan cómo habitar el mundo. Adoptan enfoques lineales y deterministas para enfrentar la complejidad social y avanzar hacia el progreso. La idea de *despegar* persiste en el discurso de las naciones en desarrollo, basada en la metáfora de adquirir velocidad para superar obstáculos y alcanzar el crecimiento sostenido. Esta metáfora se basaba en la idea de que, al igual que un avión que necesita adquirir velocidad suficiente para elevarse y superar la fuerza de gravedad, los países en desarrollo debían superar una serie de obstáculos para iniciar su camino hacia el progreso (Prebisch, 1949).

Más recientemente, la OCDE ha utilizado la metáfora en múltiples reportes para expresar la urgente necesidad de salir del subdesarrollo; solo basta buscar despegar o *take-off* en su página principal. Así mismo, el artículo titulado "La espera de un modelo educativo en consenso para despegar hacia el futuro" (Pérez-Barco, 2019) publicado en ABC, destaca la necesidad de un consenso en el modelo educativo en España para avanzar hacia un futuro próspero y competitivo. Se enfatiza que el sistema educativo debe adaptarse a las demandas cambiantes del entorno global y tecnológico. La metáfora de *despegar hacia el futuro* resalta la importancia de impulsar un cambio significativo y progresivo en la educación para lograr un avance acelerado y sostenible en la sociedad, preparando a los estudiantes para enfrentar los desafíos venideros. De hecho, en este artículo se propone a STEM como un camino para lograr este movimiento metafórico.

En el análisis de ontologías múltiples, Mol (2002) advierte que las discontinuidades o interferencias son producidas, entre otros factores, por los estándares. Son estos los que finalmente permiten que las prácticas múltiples se sincronicen, choquen, dialoguen, se desconozcan o entren en conflicto. ¿Qué implicaciones tendría para la política pública educativa que la OCDE recomiende robustecer el marco curricular nacional común para que Colombia logre mejores resultados en Pruebas PISA y esta prueba, a su vez, sea un indicativo de que *vamos por el buen camino al desarrollo*? Quedarse por debajo del promedio de la Prueba PISA, como actualmente sucede, solo nos indica que el estándar nos excluye de los privilegios del desarrollo y el bienestar ciudadano agenciados por la inequidad y accesibilidad en la distribución de recursos, al menos en la población vulnerable y rural que nos enuncia

los reportes de la OCDE mencionados arriba. Susan Leigh Star (1990) ya nos advertía sobre el poder de agencia que tienen los estándares en situaciones tan mundanas como comerse una hamburguesa. Al ser alérgica a las cebollas, era excluida del proceso estandarizado de la producción de hamburguesas en un local de McDonalds cuando demoraban su pedido, precisamente, porque pedía sus hamburguesas sin cebolla. Nos dice Star:

-“Cuando comemos en McDonalds, no solo comunicamos que tenemos hambre, disfrutamos las hamburguesas, y que tenemos gustos baratos, también que estamos dispuestos a incorporarnos a un sistema de valores y una serie de comportamientos dictados por una entidad exterior” (idem, p. 34, la traducción es mía)

Los estándares tienen un impacto en la vida cotidiana de todas las personas porque son el vehículo perfecto para prácticas globalizantes. Y me pregunto, ¿cómo se ha alimentado la política pública educativa colombiana reciente con la auditoría de la OCDE y las necesidades locales sobre la popularización de la ciencia y la tecnología? ¿Están STEM o STEAM presentes? Y si es así, ¿qué valores y prácticas nos traen?

En América Latina, como hemos visto, la educación científica termina matizada por un imaginario de desarrollo ampliamente problemático y deficiente como hemos visto en el anterior aparte. En este sentido, la OCDE, con la excusa de mejorar los resultados de la Prueba PISA y del *vivir mejor*, hace a Colombia una serie de recomendaciones para mejorar la política pública, teniendo en cuenta un diagnóstico de la infraestructura educativa, sus recursos y distribución en el reporte *OECD Reviews of School Resources: Colombia 2018* (Radinger et al., 2018), para alcanzar la equidad y cobertura tan anhelada:

-“En el Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA) 2015 de la OCDE, los estudiantes rurales en Colombia obtuvieron un puntaje promedio de 38 puntos por debajo de los estudiantes en zonas urbanas del país, lo cual equivale a más de 1 año escolar. El mayor grado de pobreza en las áreas rurales explica la diferencia de desempeño, pero los estudiantes de áreas rurales se enfrentan a barreras adicionales. Notablemente, los estudiantes suelen tener menores aspiraciones en cuanto a su educación superior. La educación rural provee oportunidades como clases menores, pero también implica retos.

Las condiciones laborales menos atractivas a menudo hacen que sea difícil atraer y

mantener docentes con un alto nivel de calidad, y la poca cantidad de estudiantes implica un reto para ofrecer un currículo amplio, por ejemplo” (ídem, p. 4)

El reporte es un diagnóstico completo de los actores que dinamizan los recursos de la educación en Colombia y así mismo una identificación de las fortalezas, retos y recomendaciones para *optimizar* la educación en general teniendo en cuenta precisamente el cierre de brechas entre contextos rurales, vulnerables y los urbanos. Al respecto el informe de la OCDE reconoce que el sistema educativo en Colombia tiene estrategias como los Modelos Educativos Flexibles (MEF) que permiten una expansión al acceso a la educación, particularmente en áreas rurales y remotas y los ejemplariza particularmente con *La Escuela Nueva*²².

- La **Escuela Nueva**, el modelo más reconocido, por ejemplo, provee la educación básica en las poblaciones rurales y remotas mediante una enseñanza multigrado. Pero los modelos flexibles también han ayudado a abordar las consecuencias del conflicto de Colombia, notablemente mediante programas educativos para los estudiantes desplazados y los excombatientes y sus familias” (ídem, p. 17)

No obstante, la OCDE recomienda reducir estos modelos con el propósito de auditar mejor y mejorar la calidad. La vigilancia, por tanto, se convierte en una práctica que puede contribuir

²² La Escuela Nueva, según De Zubiría (2014), hace parte de un modelo pedagógico autoestructurante, donde se privilegia la acción, la vivencia y la experimentación como condición de garantía del aprendizaje. Es una pedagogía centrada en el niño y el autoaprendizaje. Aquí, la escuela debe hacer sentir feliz al niño. En Colombia, la implementación de la escuela activa comenzó a tomar forma a principios del siglo XX con la fundación del Gimnasio Moderno en 1914, una institución educativa pionera en la aplicación de este enfoque. El Gimnasio Moderno, fundado por Agustín Nieto Caballero, adoptó principios de la pedagogía activa y buscó fomentar el desarrollo integral de los estudiantes a través de la participación activa en el aprendizaje y la promoción de valores como la libertad, la creatividad y la responsabilidad. El impacto de la escuela activa en la ruralidad de Colombia ha sido significativo en algunos casos. Aunque inicialmente la implementación de este enfoque se centró en instituciones educativas urbanas, con el tiempo se ha buscado llevar estos principios pedagógicos a áreas rurales y comunidades apartadas. En la ruralidad, la escuela activa ha permitido la adaptación de las metodologías educativas a las realidades y necesidades de las comunidades rurales, reconociendo la importancia de la cultura local, el entorno y las experiencias de los estudiantes en el proceso educativo. Además, la escuela activa ha promovido una educación más participativa y relevante, donde los estudiantes pueden involucrarse activamente en la resolución de problemas locales y el desarrollo de proyectos que benefician a sus comunidades. No obstante, es importante tener en cuenta que la implementación de la escuela activa en la ruralidad ha enfrentado desafíos, como la falta de recursos y la capacitación adecuada para los docentes. A pesar de esto, su impacto positivo en la educación rural ha sido reconocido y ha impulsado esfuerzos para seguir promoviendo enfoques pedagógicos más inclusivos y participativos en todo el país.

en cerrar brechas. Pero, esta vigilancia que explícitamente le corresponde al MEN y a las Secretarías de Educación, también se hace a distancia con la OCDE.

-“Los modelos educativos flexibles proveen una estrategia pedagógica importante para abordar distintas necesidades de aprendizaje, pero el ministerio y las Secretarías de Educación deben mantener una vigilancia más regular para asegurar y mejorar su calidad. **Esto podría involucrar una reducción en el número de modelos actualmente reconocidos por el ministerio para aquellos que hayan probado su efectividad**, y mejorar aquellos que continúen existiendo. También hay modelos flexibles implementados que no son regulados ni reconocidos por el MEN” (idem, p. 27. La negrita es mía)

El proceso de reducción que la OCDE recomienda al sistema educativo colombiano, también se revela mediante la propuesta de desarrollar un marco curricular común que ya mencioné arriba. Como nos aclaran Berg y Timmermans (2000), *optimizar o ser más eficiente* en prácticas laborales se relaciona inmanentemente con lo *científico*, por tanto, las prácticas técnicas deberían obedecer estándares *universales*. El *desorden* de las prácticas, en este caso, del sistema educativo colombiano, debe ser cambiado por el orden establecido racional y científicamente. Las evidencias son la base de esa racionalidad y las evidencias que explican las deficiencias en los resultados de las pruebas PISA en Colombia son construidas en los reportes mencionados, entre otros. Esto implicaría que, la asesoría y auditoría que realiza la OCDE a través de la Prueba PISA para desarrollar políticas educativas, se viera *como sí* fuera neutra y libre de sesgos ideológicos. La conexión entre *óptimo-ciencia-neutralidad*, se encuentra precisamente en las retóricas y percepciones ampliamente discutidas y *descajanegrizadas* por los ESCyT.

En *ANT on the PISA trail: Following the statistical pursuit of certainty* (Gorur, 2011), se propone a PISA como un *centro de cálculo* (Latour, 1992a), un espacio que ordena, clasifica, colecta datos que se superponen y se movilizan inscripciones con el propósito de producir *hechos* y evidencias. Y así mismo, con la capacidad de hacer *acción a distancia*, en este caso, de vigilar y auditar al sistema educativo colombiano y de las demás naciones adscritas. Sin embargo, ese rol de *oráculo* del deber ser de la educación, es mostrado por Gorur desde la heterogeneidad y el desorden, en pocas palabras, *desmitifica* a PISA visualizando los filtros y

los actores humanos y no humanos que configuran la prueba. Actores humanos como los oficiales Senior de PISA, el Grupo Funcional de Expertos (GFE)²³ y actores no-humanos como modelos matemáticos, ensamblan lo que Gorur llama la *performatividad de la certeza*. Esta es en la que confían los políticos a la hora de tomar decisiones y formular las políticas educativas. La prueba PISA a la que se enfrentan millones de estudiantes de las naciones adscritas, se reduce a lo que el GFE valora como habilidades en matemáticas, lectura y alfabetización científica; pero también a *lo que se puede evaluar*. En este sentido, las habilidades del Siglo XXI que tanto se mencionan terminan siendo lo *evaluable* de acuerdo a un comité de expertos y *calificable y categorizable* de acuerdo a un algoritmo. Lo que no se puede evaluar es el trabajo colaborativo, la creatividad, el cuestionamiento y el desarrollo emocional, entre otras habilidades que se divulgan profusamente en el Foro de Davos, en políticas educativas, ambientes laborales y entornos que publicitan a STEM como el medio para adquirirlas. Es decir, emerge una paradoja ya que las habilidades que son evaluadas terminan por configurar la docilidad y la obediencia producto de la estandarización, mientras que las que configuran a la *ciudadanía emprendedora*²⁴ son vistas de soslayo.

Los filtros que terminan por configurar la prueba también pasan por las decisiones que se deben tomar a la hora de traducir las preguntas a otros lenguajes; una dificultad que emerge cuando se quiere medir el conocimiento, o las habilidades, como si fueran *universales*. Y como si los procesos de reducción no fueran suficientes como consecuencia de la estandarización, no todos los estudiantes son enviados a calificar; se envía una muestra representativa de cada país. Al final Gorur hace un llamado a entender la prueba PISA desde una *fabricación* que produce evidencias y, por tanto, los que toman las decisiones políticas alrededor de estos resultados deberían tener más cautela en lo que se considera una *certeza* con el tinte de *hecho científico*. Así mismo, el llamado es hacia la responsabilidad que debe adoptar la OCDE al producir este tipo de conocimiento que clasifica y estandariza naciones y estudiantes y de visualizarlo como frágil y provisional en vez de cierto y válido.

²³ 4 o 5 individuos expertos en total.

²⁴ Gorur hace referencia a este tipo de ciudadanía para especificar precisamente las habilidades del Siglo XXI que muchos han llamado *blandas*.

En un ejercicio similar, Paredes-Suzarte (2015), nos invita a abrir la caja negra de la Prueba PISA, teniendo en cuenta los fines de la organización a la que pertenece, es decir, la OCDE. La tesis de Paredes-Suzarte es argumentar, mediante la TAR, que la Prueba PISA como dispositivo tecnológico que puede organizar jerárquicamente a las naciones adscritas, termina por desplegarse de manera distinta en Chile y Argentina, contrastando una cantidad considerable de noticias de periódicos sobre la Prueba. El análisis resultó que en Chile se le da mayor agencia o validez a la prueba, comparado con Argentina, y por tanto mayor impacto en el desarrollo de las políticas educativas de ese país, contrastado a lo que divulga la misma OCDE frente al despliegue estandarizado y homogéneo de su prueba en las distintas naciones adscritas. Algunos gobiernos le han apostado a la tecnocracia a la hora de decidir el rumbo educativo de sus ciudadanos.

Hasta el momento en los documentos de la OCDE que revisan los recursos educativos de Colombia no se menciona el acrónimo STEM o STEAM. Tampoco en el *Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 Pacto por Colombia Pacto por la Equidad* (PND) (Departamento Nacional de Planeación, 2018) ni en el *Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 Colombia Potencia Mundial de la Vida* (Departamento Nacional de Planeación, 2022) del actual gobierno de Gustavo Petro, los cuales articulan la visión de país que proyecta el gobierno, incluida la educación. Sin embargo, me encuentro con el acrónimo STEAM en el documento Conpes sobre *Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2022-2031 4069* (PNCTI) (Consejo Nacional de Política Económica y Social & Departamento Nacional de Planeación, 2021) y el acrónimo STEM + A en el documento Conpes sobre *Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial 3975* (PNTDIA) (Consejo Nacional de Política Económica y Social & Departamento Nacional de Planeación, 2019).

En el primer documento, STEAM tiene cinco entradas y cuatro tienen un sentido más de uso sintético para referirse a las disciplinas que abriga este acrónimo. Por ejemplo: “*Insuficiente desarrollo de vocaciones STEAM, formación y vinculación de capital humano en I+D+ i*”. En esta entrada, sin embargo, resalta el contraste de matriculados en estas disciplinas con respecto al porcentaje promedio de países de la OCDE; 1,77% en Colombia frente al 6,24% de países OCDE. Así mismo, el documento determina dos causas de esta diferencia: la primera es “*la debilidad de la educación científico tecnológica en la población infantil y juvenil*” (ídem,

p. 4). Inmediatamente pasan a relatar los resultados en Ciencias de las Pruebas PISA, mostrando un desmejoramiento en las áreas evaluadas. Reconocen las estrategias utilizadas como el programa *Ondas y Jóvenes Investigadores e Innovadores* para fomentar el interés STEM en los jóvenes, pero su contundencia se pone en duda ya que es un programa por demanda y esto no garantiza la cobertura. La segunda causa que explica la diferencia de Colombia frente a los estándares OCDE que impone la Prueba PISA es la *“falta de orientación y conocimiento”* (ídem, p. 35). Y se repite la fórmula. Siempre existe una insuficiencia a pesar de las estrategias empleadas, en este caso, la Estrategia Nacional de Orientación Socio Ocupacional y el boletín Saber para Decidir del Sistema Nacional de Información de Demanda Laboral, no han sido suficientes para cambiar significativamente la demanda de los programas STEM. ¿Cuánto es suficiente? ¿Lo que diga la OCDE y sus estándares PISA que, como ya vimos, también se construyen de valores arbitrarios y de algoritmos que clasifican a los y las jóvenes y las naciones?

Este análisis no exhaustivo de la PNCTI me lleva a la última entrada del acrónimo en esta política. STEAM aquí se relaciona a la búsqueda del mejoramiento de la comunicación pública del quehacer científico y de la CTI (Ciencia, Tecnología e Innovación): El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación debe desarrollar *“proyectos colaborativos con comunidades en todo el país mediante un enfoque participativo y de co-creación en donde se ejecuten estrategias y actividades de orden territorial para fortalecer la comunicación y la cultura científica. Estos proyectos promoverán estrategias comunicativas, pedagógicas y de entretenimiento divulgativo con énfasis en disciplinas **STEAM** o desarrollarán contenidos comunicacionales [...] de alto impacto con el objetivo de incentivar, estimular, promover modelos abiertos y participativos de CTI a nivel nacional y regional. Todo esto, con enfoque inclusivo y diferencial”* (ídem, p. 68). Es claro, cómo STEAM comienza a convertirse en una estrategia de PCT atado a la PNCTI desde las visiones de ciudadanía y donde claramente aún se ve a una ciudadanía deficitaria de cultura científica. ¿Tiene algo que ver la OCDE con estas apariciones del acrónimo en las políticas?

En el Plan de Seguimiento a la Implementación en Colombia de Principios y Estándares Internacionales en Inteligencia Artificial (Departamento Nacional de Planeación & Departamento Administrativo de la Presidencia de la República, 2021), se menciona el

objetivo de fortalecer las competencias del capital humano para enfrentar la 4ta Revolución Industrial (4RI). La OCDE recomienda diseñar lineamientos curriculares que promuevan proyectos pedagógicos en habilidades necesarias para la 4RI, con énfasis en Inteligencia Artificial, y realizar un plan piloto para identificar estudiantes con habilidades en disciplinas STEM + A, para potenciar competencias en IA. Estas acciones se alinean con el principio de construcción de capacidades y preparación para la transformación del mercado laboral.

El documento Conpes PNTDIA 4069 también menciona el acrónimo STEM + A y presenta dos entradas relevantes en la Línea de acción 9, relacionadas con el desarrollo de capacidades y competencias en tecnologías emergentes. Destaca la estrategia nacional de Edutainment²⁵, con énfasis en disciplinas STEM + A, para la divulgación y uso de recursos educativos digitales. Esta política guarda similitud con la recomendación 3.5 de la OCDE sobre la identificación de talentos a través de un plan piloto.

Es clara la intención de la OCDE en este documento donde el acrónimo está atado a discursos de fuerza y mercado laboral y educación instrumentalizada para movilizar la economía. Adicionalmente, es claro que la recomendación a la política educativa es *cazar talentos* para incorporarlos a un sistema agenciado principalmente por una tecnología (IA). Tener talento es ser competente. Si la intención de STEM/STEAM tiene un valor inclusivo en sus propósitos político-pedagógicos, entonces, ¿el talento no se vuelve un factor exclusivo? El cielo es el límite para aquellos y aquellas con talento y competentes. Vannevar Bush no se habría imaginado que el poder y la inercia de sus recomendaciones llegaran a Colombia a través de una organización como la OCDE y mucho menos para implementar una tecnología como la Inteligencia Artificial. El *determinismo tecnológico o fetichismo por la tecnología* no podría estar más explícito en la justificación del documento:

-La Inteligencia Artificial (IA) “es un campo de la informática dedicado a resolver problemas cognitivos comúnmente asociados con la inteligencia humana o seres inteligentes, entendidos como aquellos que pueden adaptarse a situaciones cambiantes” (CONPES 3975,

²⁵ "Edutainment" es un término que combina las palabras "educación" y "entretenimiento". Se refiere a la utilización de medios y recursos educativos que están diseñados para ser entretenidos y atractivos, al mismo tiempo que proporcionan un aprendizaje significativo.

2019). Su base es el desarrollo de sistemas informáticos, la disponibilidad de datos y los algoritmos. **Esta tecnología tiene el potencial de mejorar el bienestar económico y el bienestar de las personas y contribuye positivamente a una actividad económica global sostenible, además permite aumentar la innovación y productividad y ayuda a responder a los desafíos globales clave** (ídem, p. 4)

Así mismo, se advierte en los propósitos el lado *humanitario y benéfico* de la política, toda vez que se es consciente de la posible amplitud de brechas dado su impacto en “cambios económicos y desigualdades, la competencia, las transiciones en el mercado laboral e implicaciones para la democracia y los derechos humanos” (íbidem). El propósito, en pocas palabras, es generar confianza en la adopción de la IA en la sociedad. Ahora bien, ¿qué tanto poder de agencia tiene esta política frente a la política de educación nacional? Es difícil saberlo. Una investigación de descajanegrización sería necesaria.

La *ciudadanía competente* tiene talento y está al servicio de los fines del mercado y la tecnología. Las ontologías de la visión de ciudadano competente para la educación científica y tecnológica en estos documentos se fundamentan en la creencia de que la formación en ciencia y tecnología es esencial para el desarrollo integral de los ciudadanos y para su participación activa y responsable en la sociedad contemporánea. Es una ciudadanía cuyas ontologías se encuentran entre las recomendaciones de la OCDE que informan a las políticas nacionales y así mismo, en los estándares. Fluye entre la crisis del desarrollo (subdesarrollo), los algoritmos y decisiones de los comités de la prueba PISA, la necesidad de justificar la implementación de una tecnología como la Inteligencia Artificial y las promesas de un *vivir mejor*.

En la figura 3, se representa la red de actores que se ha identificado a lo largo de este apartado. Esta representación, que puede ser imprecisa, dado el alto grado de dinamismo en las relaciones de los actores humanos y no-humanos involucrados en ensamblar esta visión de ciudadanía apta y competente, solo pretende mostrar la generalidad de lo identificado en el análisis de referentes. Se puede invitar a futuras investigaciones sobre el tema a *descajanegrizar* la dinámica de las interacciones.

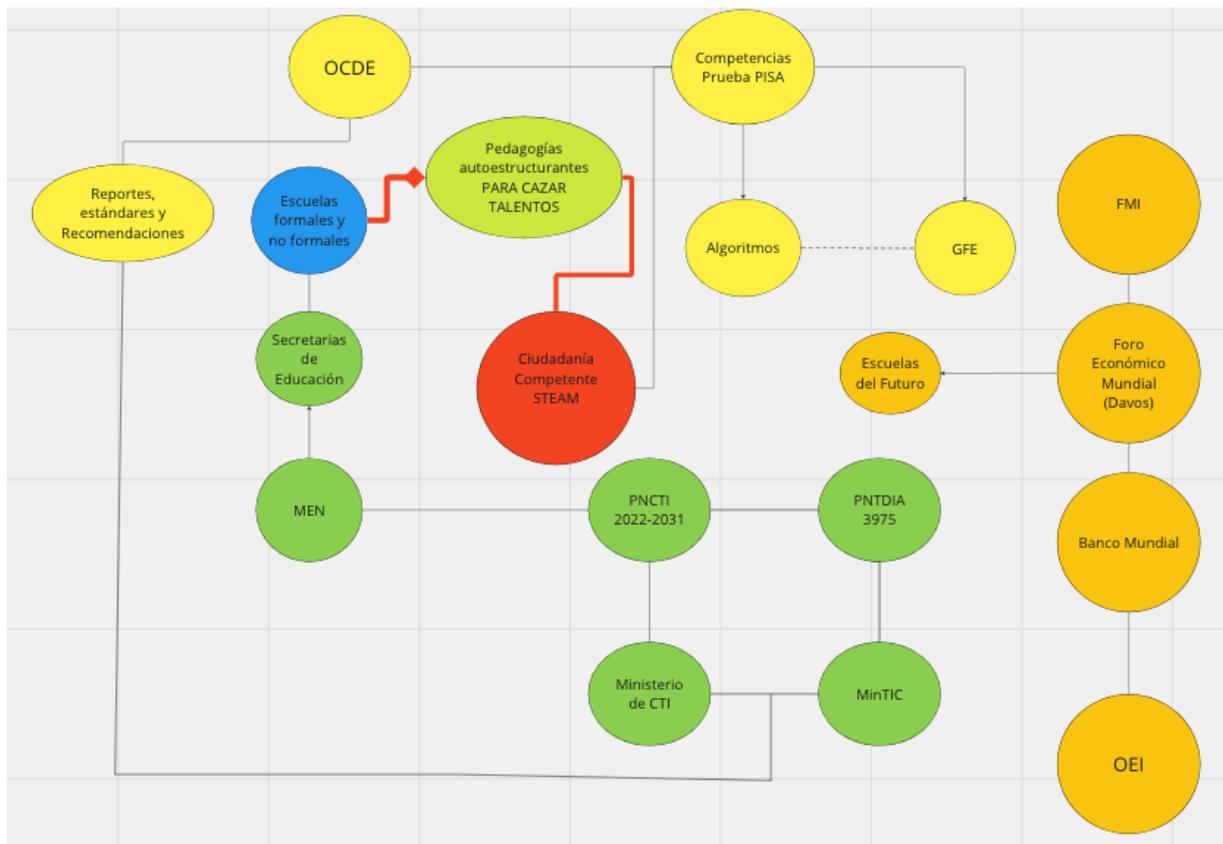


Figura 3. Red de actores humanos y no humanos que ensambla la ciudadanía apta y competente derivada del análisis de referentes propia de este aparte. Gravitan instituciones con intereses económicos como el FMI, el Banco Mundial y el Foro de Davos. La OCDE agencia mediante sus recomendaciones a las políticas públicas colombianas de acuerdo a los resultados de la Prueba PISA. La conexiones en rojo muestran dentro de esta red la localización del estudio de caso que veremos en el Capítulo 2.

Ciudadanía crítica o socio-técnica: el movimiento CTS

Una educación crítica o socio-técnica como la propuesta desde los ESCyT de la región permite abrir caminos de diálogo entre distintos campos de conocimiento que seguramente traerán un mayor empoderamiento en la transformación y en la toma de decisiones en temas tecnocientíficos por parte de la ciudadanía. La idea de transformar nuestra realidad latinoamericana en cuestión de relaciones de poder centro-periferia, nació en 1948 con la

Comisión Económica para América Latina (CEPAL) donde la reflexión hacia la Teoría de la Dependencia se hizo evidente en términos de la asimetría en los roles de la periferia, supeditada a enviar materias primas baratas y sin ninguna voz significativa en la toma de decisiones que ocurrían en el centro. Franco Avellaneda y von Linsingen (2011a) localizan el nacimiento de los Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología en Latinoamérica (ESCTL) con el nacimiento de la CEPAL.

Estas ideas desarrollistas de comienzos de la segunda mitad del siglo XX darían pie a la expansión y masificación de la escuela formal. La escuela expansiva como la llamó Martínez Boom (2004) se convierte en el modelo modernizante a seguir en Latinoamérica para incluir a las poblaciones marginadas y así entrar en un sistema homogeneizante con el propósito de “ascender socialmente para el crecimiento económico”. Para llevar a cabo esta promesa, la infraestructura educativa en términos de construcción de escuelas y dotaciones didácticas sería fundamental, aparte de una inversión en programas de capacitación de maestros y programas de alimentación y merienda para mantener a la población dentro del sistema. El trabajo de Martínez Boom nos permite entender como una serie de organizaciones internacionales como la Organización de las Naciones Unidas para la Cultura, las Ciencias y la Educación (UNESCO), la Organización de Estados Americanos (OEA) y la recién fundada CEPAL se convierten en actores fundamentales que dictan cómo tratar los problemas educativos en pro del progreso (por lo menos desde sus retóricas), pero con una función implícita de control hasta el punto de determinar con qué enseñar, en términos de tecnologías, libros y dotación de laboratorios (cuando estos se podían construir).

En la década de 1960 donde el afán difusionista de la ciencia y la tecnología PostSputnik diversifica los espacios educativos en formal, no formal e informal a la par con la institucionalización del asistencialismo del desarrollo para Latinoamérica con organizaciones como USAID (Agencia Internacional para el Desarrollo de los Estados Unidos), emergen las preocupaciones a la crisis educativa con Philip Coombs, Paulo Freire e Ivan Illich, cada uno desde una dimensión argumentativa distinta: la de Coombs que ataca a la escuela por su inflexibilidad temática y aprendizaje para toda la vida; la de Illich que se basa en la escuela como reproductor del sistema hegemónico y por tanto la desescolarización de la sociedad es un deber ser, y la de Freire quién se enfoca en la relación profesor-estudiante donde se

reflejan interacciones descontextualizadas provenientes de las políticas del Banco Mundial (Franco-Avellaneda & Linsingen, 2011a).

Este descontento frente al modelo lineal de innovación encontraría más voces en los fundadores del Pensamiento Latinoamericano en Ciencia, Tecnología y Sociedad (PLACTS) entre ellos Amílcar Herrera, Jorge Sábato, Oscar Varsavsky y Francisco Sagasti, entre otros. Desde este colectivo se puede sintetizar que la educación en tecnociencia debe ser un agente de transformación tanto individual como colectiva y por tanto la democratización de este conocimiento se convierte en una necesidad (ídem, p. 231). El *boom* de centros interactivos y museos de ciencia en la región en las décadas de 1970 y 1980 también se ata a lo que posteriormente se convertirían en políticas de apropiación social de la ciencia en la década de los 90's y en la primera década del siglo XXI. Sin embargo, el acelerado movimiento de expansión de la escuela formal comienza a agotarse ya que las promesas de cobertura y ascenso social para llegar a ser como el primer mundo no dan cuenta de la realidad, dando paso a la afamada "década pérdida" de los años 80's (Martínez- Boom, 2004). Esta crisis se asocia a la crisis económica relacionada a varios fenómenos como el crecimiento de la demanda, escasez de recursos, costos elevados, desarticulación de la educación con respecto a roles sociales, y agotamiento de los métodos educativos. Por supuesto, las luchas emancipatorias de Freire e Illich también serían un factor determinante de esta crisis educativa de los 80's dadas las reflexiones sobre un agónico plan de desarrollo.

En Colombia, el MEN adopta implícitamente el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) en la década de los 90's con la Ley 115 de 1994 Artículo 30: "*La incorporación de la investigación al proceso cognoscitivo, tanto de laboratorio como de la realidad nacional, en sus aspectos natural, económico, político y social*" y "*La vinculación a programas de desarrollo y organización social y comunitaria, orientados a dar solución a los problemas sociales y del entorno*". Se abre la necesidad, entonces, de abrir las fronteras del aula y promover un tipo de educación científica contextualizada y participativa con el fin de educar diferente y desarrollar el pensamiento crítico. El MEN hace explícita la necesidad de vincular el enfoque CTS en 2004, más como una actividad de pensamiento, con la publicación de los Estándares Básicos en competencia de ciencias naturales y sociales. Sin embargo, la definición o conceptualización de CTS aún no es clara (Toro-Baquero, 2014).

Irlan Von Linsingen y Manuel Franco Avellaneda (2011) nos traen una posible mirada que amplíe las perspectivas de una educación crítica, quizá activista, desde el campo de los Estudios Sociales de la Ciencia y Tecnología en Latinoamérica desde dos enfoques posibles: el de Paulo Freire (2013), que promueve una educación anti-bancaria, y el de comunidades y colectivos disciplinares que coproducen nuevas formas de ver el mundo o los mundos. Podría decirse que se ensambla aquí un deber ser crítico y reflexivo sobre la institución científica, su divulgación y su educación.

Los autores se enfocan en tres ejes: el político, con orientación a cerrar brechas entre legos y expertos (popularización/divulgación/apropiación); la orientación pedagógica a gran escala sobre evitar jerarquizaciones de la producción del conocimiento anti-reduccionistas o anti-deterministas y el tercer eje, las didácticas necesarias para desplegar los dos ejes anteriores, siendo este último el más difícil de lograr. Esta revisión de estos autores tiene un alcance determinado y logra mencionar investigaciones e iniciativas desde el campo ESCyT en Latinoamérica para una reflexión sobre la relación política científica con la popularización y mencionar los esfuerzos que se vienen haciendo en ciertas universidades en la formación de ingenieros y en la investigación. Así mismo, sugieren unas didácticas muy genéricas para abordar en el aula que incluyen la desmitificación de los *héroes* científicos como genios solitarios y salvadores y más bien dar una contextualización desde distintos lugares de enunciación y las interacciones socio-político-culturales que intervienen en el proceso de producción de conocimiento científico. Como segunda didáctica esencial sugieren hacer explícita la problematización de posibles escenarios y discursos donde los determinismos tecnológicos y/o sociales han aflorado y, tercero, ser combativos en el aula frente a dicotomías como tecnología-sociedad y ciencia-sociedad, involucrando las diferentes agencias sociales, económicas y políticas en los procesos de producción del conocimiento científico (ídem, p. 241).

Desde mi experiencia como educador científico en colegios privados y con cierta sensibilidad a las didácticas previamente mencionadas en mis prácticas pedagógicas, he visto la dificultad de llevar a cabo estas didácticas sugeridas. Es precisamente el porqué Franco Avellaneda y Von Linsingen utilizan el término *combativo*. En un departamento de ciencias es muy difícil

encontrar profesores que tengan este mismo tipo de sensibilidad. En la mayoría de los casos los y las docentes están convencidos de las bondades de la ciencia y la tecnología y miopes frente a las asimetrías que se construyen desde el discurso, las prácticas científicas, didácticas o pedagógicas que se divulgan tan naturalmente a través del currículo escondido entre los muros de los colegios. A pesar de que los currículos y programas pedagógicos son conscientes de la importancia de involucrar análisis de la multiplicidad de interacciones que emergen en la producción del conocimiento científico, las profesoras y profesores no tienen herramientas de formación ni mucho menos herramientas didácticas (por lo menos no que se divulguen explícitamente) que les permita generar este pensamiento crítico. En muchas ocasiones, se termina reforzando la idea de la dicotomía tecnociencia-sociedad, precisamente porque se ven como dos esferas, que a manera de diagrama de Venn, solo tienen ciertas cosas en común y porque los mismos programas pedagógicos que quieren incentivar este tipo de relación no ofrecen muchos caminos de interpretación de casos empíricos. Esta percepción personal concuerda con las percepciones reportadas por Fernández (2002) quien concluye, entre otras cosas, que la visión de ciencias y CTS está fuertemente influenciada por la imagen popular de la ciencia, lo que influye negativamente en su enseñanza.

A nivel nacional las pruebas estandarizadas Saber 11 han incluido desde el 2014 dentro de los componentes de la ciencias naturales Temáticas de Ciencia, Tecnología y Sociedad que tratan de temas interdisciplinarios que van desde problemas globales como la deforestación, el efecto invernadero y los transgénicos, hasta asuntos locales como la explotación de recursos y el tratamiento de basuras. El objetivo principal es cultivar el pensamiento crítico y la responsabilidad cívica en los jóvenes, sensibilizándolos sobre el impacto de la ciencia y la tecnología en sus vidas, comunidades y en el mundo en general, en consonancia con los Estándares educativos. No se requiere conocimiento previo sobre las temáticas para su abordaje.

Estas temáticas solo componen un 10% del total de preguntas relacionadas al campo de las Ciencias Naturales y están muy inclinadas a reiterar esa dicotomía tecnociencia-sociedad, es decir, las fronteras de ciencia, tecnología y sociedad parecieran muy definidas. Es muy pronto saber el impacto real que ha tenido esta implementación de estas temáticas en este tipo de Pruebas, pero los pronósticos no son muy alentadores toda vez que no existen lineamientos

particulares a su enseñanza en las escuelas, dejando que sea el mismo criterio autónomo del estudiante el que resuelva preguntas que muchas veces pueden tener distintas formas de analizar dada las capas de complejidad que tienen las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS).

En *Relaciones Ciencia-tecnología-sociedad en la educación científica colombiana: una revisión del estado de la cuestión (2017-2021)* (Alvarez-Tobón et al., 2021), se revisan artículos publicados en revistas nacionales e internacionales de educación científica o de ciencia y tecnología de la región de autores colombianos con la intención de rastrear las tendencias educativas CTS más recientes en el país. Concluyen que emergen dos tendencias aglutinantes: la primera que involucra el enfoque CTS con fines contextuales para establecer las relaciones del contexto social con los procesos y conocimientos tecnocientíficos y la segunda, con fines críticos orientados a la justicia social o la sostenibilidad. Este movimiento pedagógico de la educación científica y tecnológica originado en los 70's y con amplio impulso en los 80's y 90's a nivel mundial, encuentra en Colombia una evolución constante como didáctica, principalmente en la educación preuniversitaria donde se quiere relativizar el aprendizaje tradicional de ciencia y tecnología en términos de cuestiones y controversias sociocientíficas, problemas ambientales o en el entendimiento de la naturaleza de la ciencia. Los autores proponen un siguiente paso en la educación CTS y es el que busca fortalecer la relación universidad-escuela.

Por otro lado, es importante mencionar que la OEI es un actor relevante en el movimiento educativo CTS en los últimos 25 años en la región. Desde sus comienzos con la formación a periodistas y la creación en 1999 de la Red Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación (CTS + I) en La Habana, Cuba, se abriría un espacio para crear programas específicos alrededor de la educación CTS. Esta Red se enfoca en la cooperación interinstitucional con el fin de promover didácticas que se centran en las controversias tecnocientíficas que, de acuerdo a Osorio (2019), ayuda a formar ciudadanos en el entendimiento de las implicaciones de la cultura científica en la sociedad, para tomar decisiones frente a temas ambientales, de salud y trabajo.

Así mismo, propende porque los estudiantes adquieran una visión crítica, real y humana de la producción del conocimiento científico asumiendo un enfoque histórico de la ciencia que deviene en la comprensión de la naturaleza de la misma. En este punto, el valor de la Naturaleza de la Ciencia no solo viene de la epistemología sino también de la historia y la sociología. En resumen, las didácticas que son divulgadas desde la OEI se sintetizan en controversias, noticias científicas, casos simulados para incentivar la formación de una ciudadanía crítica y responsable en la participación y toma de decisiones en asuntos ambientales, laborales y de salud. Llama la atención que en el artículo de Osorio (2019), *La educación CTS: un espacio para la cooperación Iberoamericana*, se reconoce el esfuerzo de instituciones de la región por mantener este enfoque a través de maestrías y doctorados. En el caso colombiano, reconoce la maestría en educación en tecnología de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y la maestría en estudios de ciencia, tecnología, sociedad e innovación del Instituto Tecnológico Metropolitano.

Adicionalmente, la propuesta de la escuela brasilera, con autores ya canónicos en la región como Irlan Von Linsingen y Suzani Cassiani (2010), se fundamenta en un análisis discursivo de distintas fuentes y materialidades que pretenden articular el acercamiento que tienen los individuos, expertos o no, a la ciencia y tecnología de una forma en que puedan participar activamente en la toma de decisiones y de transformación en la sociedad en la que viven (Von Linsingen, 2007). La dimensión feminista de este movimiento da cuenta, además, de que la ciencia no se desarrolla desde una lógica independiente y ajena de percepciones socio-culturales particulares, aumentando la necesidad de restarle hegemonía a la ciencia salvacionista, monolítica y universalista. No obstante, es importante recalcar que estas propuestas abren posibles caminos de conocimiento, alternativas distintas a lo homogéneo y universalista, sin pretender que los ESCyT en Latinoamérica también se conviertan en un movimiento salvacionista.

El ciudadano socio-técnico requiere de una emancipación de la obediencia, la pasividad y la dependencia y esto se logra con la formación en pensamiento crítico donde la mediación de las ciencias sociales y humanas, tal y como demuestra el campo ESCyT es fundamental. En el capítulo 5 de la tercera encuesta Percepciones de Ciencia y Tecnología, mencionada en la sección de *La Crisis Educativa: Multiplicidad y el miedo al estancamiento*, Rocío Rueda y

Manuel Franco Avellaneda (2014, p. 295-312), nos hacen ver que cada vez más espacios de formación del ciudadano socio-técnico se expanden a través de organizaciones comunitarias, movimientos sociales y otros colectivos. Han sido esfuerzos realizados “desde abajo” (bottom-up). Es muy posible que algunos de estos espacios comiencen a ser abrigados por el acrónimo STEM o STEAM, en busca de una manera de hibridar el contexto situado de los estudiantes y ciudadanos, las problemáticas inherentes a estos contextos y la C y T como mediadores entre saberes y conocimiento para brindar soluciones a las problemáticas particulares.

Entonces, ¿STEM podría potenciar el enfoque CTS en la formación del ciudadano socio-técnico? En (Franco Avellaneda & Pérez Bustos, 2009; Franco-Avellaneda & Linsingen, 2011a, 2011b; Pérez Bustos, 2009) ya se advierte una concepción de la enseñanza y la divulgación de C y T alejada de visiones “de una mera transmisión de un saber (y/o su didactización) de expertos a otros legos, visiones que consideran un espectáculo para entretener a los públicos o las que invisibiliza tanto a los actores involucrados como a los saberes y prácticas locales” (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2014, p. 306).

Resulta interesante que la OEI, organización promotora de la educación CTS, activamente también promueva la educación STEM/STEAM. Desde la OEI, entonces, ¿STEAM fagocita a CTS? ¿ambos son necesarios en la educación científica y tecnológica en la región? En España, por ejemplo, en el campo educativo autores como Perales y Aguilera (2020), realizan una comparación de los dos movimientos, CTS y STEAM, indagando por medio de revisión bibliográfica qué tipo de relación emerge, si evolutiva, revolucionaria o disyuntiva. Determinan que STEM o STEAM deriva de CTS, pero que el primero tiene una naturaleza política-curricular, mientras que el segundo es de naturaleza humanística-curricular. En este sentido, STEM propende facultar a la ciudadanía para entender los avances y/o aportes sociales que de las disciplinas STEM surgen y, así mismo, lograr persuadir a los y las estudiantes para manifestar interés por estas disciplinas, a través de una alfabetización de competencias tecnocientíficas.

Por otro lado, CTS propende facultar a la ciudadanía para comprender las ideas principales de la ciencia y tomar decisiones informadas sobre asuntos tecnocientíficos a través de la

resolución de problemas sociales, el desarrollo del pensamiento crítico y valores de participación ciudadana. Concluyen, que CTS se caracteriza por un constructo teórico robusto y por una red estabilizada de infraestructura para formación de profesores e investigación en universidades con maestrías y doctorados, tal como mencionaba Osorio (2019), mientras que STEM, aún imberbe, puede sucumbir al fracaso por carecer de las fortalezas que tiene CTS. Sin embargo, en *Una mirada crítica a los modelos teóricos sobre educación STEAM integrada* (Ortiz-Revilla et al., 2021) se encuentra que existen trabajos teóricos importantes en STEAM, aunque muy pocos con un marco conceptual fundamentado, holístico y robusto para ser llevado al aula. ¿Será cuestión de tiempo para ver la evolución de STEM/STEAM o su debacle?

La figura 4, representa la red de actores identificada en este aparte que sostiene al ciudadano socio-técnico/crítico y proveniente del análisis de referentes no exhaustivo que se realizó. Es importante aclarar que esta red de actores puede ser más extensa.

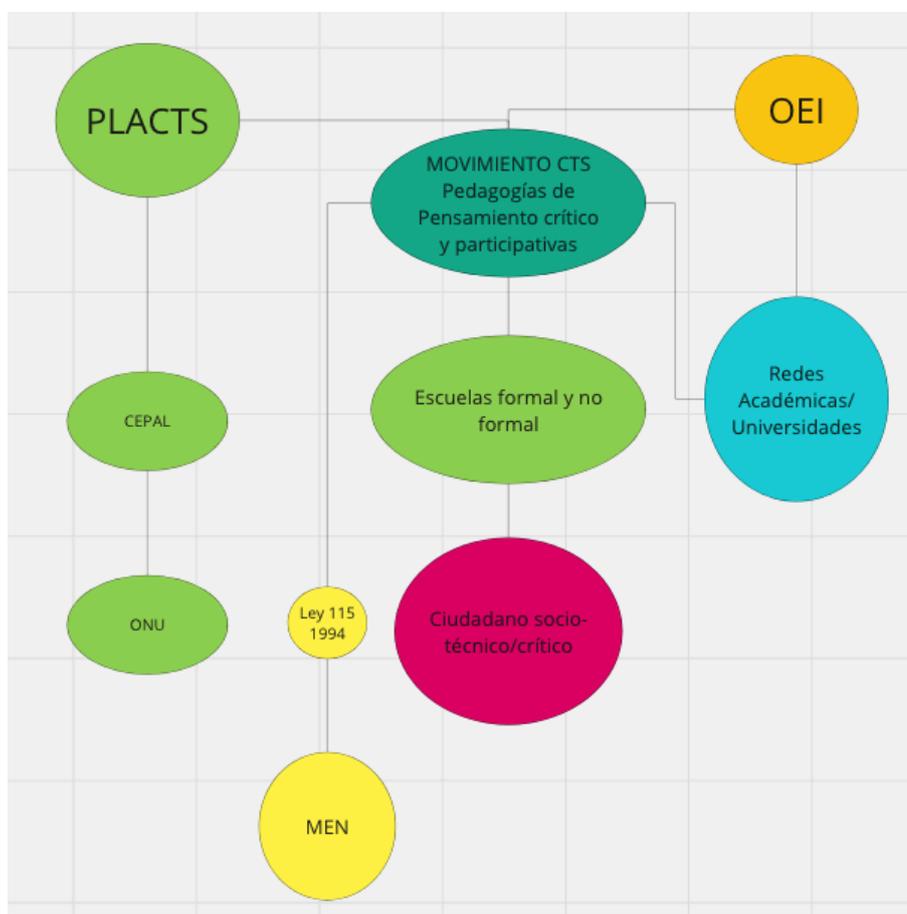


Figura 4 Red de actores que sostienen al ciudadano socio-crítico, resaltando el papel de la OEI, la CEPAL y PLACTS, además de la ley 115 de 1994 y las redes de universidades que ofrecen maestrías y doctorados para la investigación sobre este tipo de enfoque pedagógico llamado Movimiento CTS.

La ciudadanía competente y socio-técnica al igual que la educación científica y tecnológica son *cosas* y no objetos, en el sentido latouriano (2004). Son *cuestiones de preocupación* más que *asuntos de hecho*. En este sentido, la reificación del ciudadano no es posible debido al alto grado de heterogeneidad y de ahí su carácter fluido. Sin embargo, en oposición al anti-criticismo de Latour, sí considero que existen actores *poterosos* (OCDE, OEI, por ejemplo) que comienzan a determinar un camino distinto a los esfuerzos por procurar una educación científica y tecnológica lejos de posibles determinismos tecnológicos, reduccionismos epistemológicos o propósitos salvacionistas.

Fenwick y Edwards (2011) resaltan la utilidad de la TAR en políticas educativas, ya que puede ayudarnos a hacer visible la implementación de estas políticas en términos del cómo surgen efectos particulares de las redes de intereses y acciones que se ponen en juego, y en cómo se materializa una red a partir de interacciones heterogéneas. Al rastrear lo que hacen las cosas y cómo llegaron a ser, la TAR ofrece un método para separar categorías y estructuras que se supone constituyen la educación científica y tecnológica, algunas de las cuales parecen ejercer poder a lo largo de largas distancias y períodos temporales. En este sentido, como argumenta Latour (2005, p.261) “el poder político de la TAR está en resaltar los *mecanismos de estabilización*, así, cualquier transformación prematura de las *cuestiones de preocupación* en *asuntos de hecho* podría ser contrarrestado”.

Fenwick y Edwards (2011) nos invitan a ver las políticas y estándares como formas de representación, estables temporalmente, de los múltiples procesos donde los intereses,

tensiones, visiones y valores educativos son matizados por el poder y enfoque de los actores interesados. Así mismo, la TAR nos permite ver más claramente a esos actores y sus intereses en lo que podríamos llamar una *acción a distancia* sobre lo que se considera debe ser la educación tecnocientífica, incluyendo la materialidad de los documentos. La ciudadanía científica es una *cuestión de preocupación* en el sentido en que no es una unidad discreta y reificada con propiedades definidas, sino el producto de procesos dinámicos que se materializan, se estabilizan y desestabilizan dependiendo de la robustez y amplitud de las redes de interacciones que la sostienen. Su fortaleza depende de la capacidad de aglutinar más aliados. La ciudadanía desde la educación tecnocientífica se ensambla de múltiples prácticas: aquellas que enactúan la crisis, otras que divulgan promesas, esas que miden *objetivamente* las competencias tecnocientíficas de nuestros jóvenes, estas de enseñanza y aprendizaje que se dan en las aulas, otras que analizan percepciones sobre la ciencia y la tecnología, esas que se divulgan en ambientes de educación no formal, otras que proponen un *deber ser* de la educación, aquellas que estabilizan esas visiones en políticas y estándares, en fin...

En resumen, este capítulo plantea el ensamble de ciudadanos fluidos para afrontar la crisis de la educación tecnocientífica y, concomitante, la crisis del desarrollo. STEM se alinea a la visión de ciudadanos competentes, aptos y alfabetizados tecno-científicamente a través de una pedagogía autoestructurante, es decir, la de la Escuela Activa donde la enseñanza se centra en los estudiantes más que en los profesores. Esta visión de ciudadanía es altamente agenciada por políticas, estándares, pruebas y retóricas provenientes de la OCDE, el FMI y el Banco Mundial, ante un afán que se encausa por el fetiche hacia la tecnología. Así mismo, el MEN, MinTIC y la OEI se han unido en este propósito al vincular el uso del acrónimo como otra alternativa para combatir la crisis educativa. Por otro lado, está la visión del ciudadano socio-técnico o crítico que se aleja de posibles determinismos y reduccionismos que busca que la ciudadanía entienda la producción del conocimiento tecnocientífico de una manera holística y crítica con el fin de formar la participación ciudadana, la toma de decisiones informada y el ajuste de valores que deriven en una tecnociencia alejada de visiones salvacionistas, iluministas, hegemónicas y universalistas. La ciudadanía es una *cosa fluida* sin ontología fija en ese imaginario del deber ser.

Como nos invita a reflexionar Ordine (2013) en el epígrafe de este capítulo, ¿podremos generar una ciudadanía responsable, empática y solidaria a través de un sobre énfasis en la educación científica y tecnológica? ¿Se podrán superar las crisis educativa y de la modernidad con STEM? En el capítulo 2, el análisis sociomaterial de un curso STEM para que estudiantes aprendan a diseñar y ensamblar drones con fines benéficos, nos puede dar ciertas luces sobre si la educación STEM es el camino para cumplir sus promesas del desarrollo humano.

Por lo pronto, una breve revisión de literatura sobre análisis socio-material en la educación tecnocientífica desde los ESCyT es necesaria para articular mejor los capítulos siguientes.

Breve revisión del análisis socio-material en educación tecnocientífica desde los ESCyT:

En Colombia, es difícil encontrar trabajos de ESCyT que se enfoquen en el campo de la educación científica contemporánea desde un análisis socio-material, con excepción de los trabajos de Santiago Martínez (2016) sobre las prácticas de anatomía en las aulas universitarias de medicina; el trabajo de Kelly Escobar, Angélica Polo, Geraldine Carreño y Roque Jiménez (2016a) sobre las condiciones socio-materiales de la producción de conocimientos y habilidades en laboratorios de la Universidad del Atlántico; el análisis realizado por Tania Pérez-Bustos y Manuel Franco Avellaneda a un material editorial divulgado por un centro interactivo de ciencia y tecnología (2009), la tesis de la maestría de David Pinilla (2018) sobre la enseñanza de la atmósfera en un espacio de formación de expertos, la tesis de maestría de Fredy Castro (2019) sobre la co-producción socio-material del TDAH en un colegio de Colombia y la tesis de Ricardo Jaime (2019) sobre el Centro TIC de la Universidad Industrial de Santander.

En el primer caso, Martínez nos adentra en las prácticas que ocurren en dos clases de anatomía de dos universidades indagando por cómo la arteria carótida se ensambla por múltiples prácticas que van desde la exploración de cadáveres con dedos y pinzas hasta la comparación con los libros de anatomía referenciales con las estructuras a identificar en cadáveres que se modifican por el desgaste de las prácticas y por la unicidad que representa

cada cuerpo. Nos invita a reflexionar sobre las concepciones canónicas del cuerpo en el sentido en que es un objeto por hacerse mediante las prácticas de aprendizaje que se dan por las relaciones entre los actores humanos y no-humanos. Así mismo, se cuestiona la durabilidad de la arteria carótida como objeto estable precisamente por las prácticas distintas que son añadidas por las múltiples prácticas alrededor de esta cosa que se construye y emerge una ética en el momento en que el estudiante aprende a tocar con cuidado esas estructuras que son frágiles y variables. El presente trabajo muestra también a estudiantes, precisamente, los mismos que ensamblan un dron con las múltiples prácticas que también involucran las manos y otras materialidades importantes para ensamblar las nuevas estrategias pedagógicas de enseñanza tecnocientífica. De igual forma, me ayuda a ver la inestabilidad de los objetos, para verlos como cosas fluidas. En este sentido STEM, de apariencia estable, emerge con múltiples prácticas, se descajanegriza entre retóricas, gráficas, estudiantes diseñando y ensamblando drones y *coaches* convencidos de su eficacia para el progreso.

En el segundo caso, Escobar et al. (2016), se preguntan qué ciencia emerge en tres laboratorios de una universidad relativamente marginada o periférica, en el sentido de que no son espacios de producción de conocimiento científico trascendental. Entonces, su análisis es inspirado por la TAR para entender cómo el hecho científico emerge, pero a su vez, cómo emergen comportamientos, el hacer científico y la esperanza para un mejor futuro a pesar de lo que implica estar en un espacio marginal en términos de hostilidad administrativa y política, precariedad (tecnología obsoleta y reciclada) e inestabilidad.

A pesar de que son espacios de expertos, también son utilizados en procesos de enseñanza-aprendizaje de estudiantes de pregrado. Al parecer, las condiciones mencionadas reconfiguran en los estudiantes habilidades para su proyección profesional en otros laboratorios. Estas habilidades son mediadas por artículos científicos, por prácticas de reiteración con los materiales de laboratorio y en la identificación de las necesidades, requerimientos, monitoreo y vigilancia para saber qué materiales son pertinentes para esta red de actores que generan conocimiento no solamente de expertos sino de trabajos de grado de estudiantes de pregrado. Si bien el trabajo presenta una red de actores y las emergencias en cuanto a tensiones que surgen en la red por los intereses diversos que se presentan en

cada uno de los laboratorios descritos, el análisis no considera la multiplicidad enfocada a una materialidad. Nos muestra más bien, las posibles estabilizaciones que esas redes adquieren a través de estrategias que Callon (1986) llama interesamiento convencional (*interessement*), pero también cómo la periferia de la periferia se distancia, en este caso, de esas relaciones Norte-Sur más por un tema de vergüenza al no aceptar pasantes internacionales por las condiciones de precariedad. Es esto mismo lo que detona que lo tradicionalmente invisibilizado sea visibilizado por vías de hecho o mediante sensibilizaciones que buscan una postura política frente a las “condiciones sociales de la institución y de solidaridad con los estudiantes” por el trabajo de los científicos. Esto es lo que precisamente me parece relevante para mi trabajo, cómo se logra estabilizar STEM a pesar de su desorden y multiplicidad, de los esfuerzos de abajo-arriba (*bottom-up*) y de su persistencia divulgativa como la solución a la crisis educativa.

En el caso del trabajo de Pérez-Bustos y Franco Avellaneda (2009), se realiza un análisis de contenido de un material divulgativo (una cartilla) diseñado por un centro interactivo de ciencia y tecnología que pretende educar sobre el gas natural. El aporte se centra en analizar la ciencia que se divulga con posibles deformaciones como resultado del juego de tensiones que emergen de la red de actores involucrados mediante un análisis tipo TAR. Las categorías que clasifican esas posibles deformaciones me llaman la atención toda vez que también se pueden encontrar en las retóricas de los divulgadores o influenciadores de STEM.

Estas categorías readaptadas a la investigación en mención se fundamentan en visiones, las cuales pueden ser: socialmente descontextualizadas, elitistas, empírico-inductivistas, algorítmicas, dogmáticas, exclusivamente analíticas y acumulativas. Los resultados del análisis de contenido arrojan que la cartilla, antes bien, combate en un porcentaje diciente este tipo de visiones deformadas de la ciencia. Sin embargo, un análisis más profundo mediante TAR arroja que la tecnología del Gas Natural se divulga como una alternativa mucho más limpia frente a otras opciones energéticas y que esto precisamente se debe a los intereses marcados del actor Gas Natural que se encarnan en las retóricas de los funcionarios representantes.

Cabe resaltar que esta cartilla al estar alejada de cierta forma de estas visiones deformadas, adquiere un valor pedagógico importante para los maestros que ayudaron en el diseño. Pero

de nuevo, detrás de esta valoración se encuentran los intereses de marketing que evidencian el papel político de la empresa privada como aliada no neutral del centro interactivo de ciencia y tecnología. En su sentido pedagógico la cartilla, extrañamente, carece de orientaciones para el maestro, como si los intereses de marketing de la empresa privada fueran prioridad sobre su carácter pedagógico. Al final, la cartilla tiene poder que viene escondido entre aparentes fuerzas objetivas y naturales que vienen con la tecnología limpia. Es muy claro el aporte del análisis socio-material que visibiliza emergencias de aspectos que el análisis de contenido no deja ver. En este sentido, para mi investigación, el hecho de que STEM se encarne en ciertas materialidades como el dron o las tarjetas micro:bit tan utilizadas en territorios STEAM/STEM puede mostrar relaciones de poder o buenas intenciones que terminan por proponer una vía en esta búsqueda incesante de lo que debería ser la educación científica y tecnológica.

Por otro lado, Pinilla (2018) en su tesis sobre enseñar y aprender la atmósfera en un aula de expertos desde un análisis socio-material, invita a explorar el poder de la metáfora de la atmósfera no solo desde lo que implica su concepción tecnocientífica como una capa de gases sino también desde su componente matemático mediante ecuaciones y vectores, como también en la disposición organizacional y material del aula y sus alrededores que ensamblan microclimas. Inspirado en la TAR, Pinilla logra evidenciar la multiplicidad del ensamble de la atmósfera en un aula pero sin utilizar el análisis post-TAR de las ontologías múltiples. La sociología de asociaciones que expone, presenta como emergencia a las matemáticas como actor fundamental de lo que se ensambla como atmósfera, de lo que sucede allá afuera en esa capa de gases que se encarnan en vectores expuestos en tableros que también se convierten en actores con una agencia importante en espacios de enseñanza-aprendizaje. Al final, la descripción detallada del análisis metafórico y material de la atmósfera une el mundo natural con el mundo humano mediante una intención de dominación a través del lenguaje matemático de un ente indomable como lo es la atmósfera. De los gases y los rayos ultravioleta al tablero y representaciones vectoriales de fuerza, dirección y otras variables; de la omnipresencia gaseosa a localidades representadas en un aula, de lo grande e inasible a lo material y local.

En el caso de la tesis de Castro (2019) se plantea que la escuela desempeña un papel importante en la definición de las deficiencias de atención en los estudiantes. La escuela establece expectativas sobre la atención de los estudiantes y utiliza remisiones, reportes y actividades para describir las condiciones atencionales que considera anormales. La atención se convierte en un ensamblaje de desatención en el cuerpo del estudiante, influenciado por diferentes actores como docentes, psicólogos y otros agentes externos a la escuela. Se evidencia una coproducción de diferentes nociones de atención, como la atención del docente, la atención del psicólogo, el seguimiento y la auditoría de los casos. La hegemonía del Manual Diagnóstico y Estadístico de Trastornos Mentales (DSM) en la comprensión del déficit de atención se observa en las clasificaciones realizadas por los docentes. El DSM se incorpora al ámbito educativo y expande su influencia en diferentes acciones de la escuela.

Los estándares y clasificaciones establecidos por la escuela regulan y controlan las desatenciones y el comportamiento corporal de los estudiantes. Los documentos se convierten en mecanismos de control y regulación, garantizando la auditabilidad de los procedimientos institucionales. Además, se destaca la relevancia del enfoque farmacéutico en la escuela, donde los estudiantes son medicados y los docentes deben registrar su comportamiento. El texto también menciona las ambivalencias y debates en torno al sistema de clasificación del TDAH, así como las tecnologías emergentes utilizadas en el tratamiento y abordaje de la desatención. Se plantea la necesidad de considerar las condiciones y hábitos atencionales de los estudiantes fuera del aula y repensar los modelos pedagógicos y las formas de evaluación en relación con la atención. Para el autor de la tesis, finalmente la desatención se *está haciendo* a medida que interactúan los actores socio-materiales que terminan por configurar el comportamiento del cuerpo de los estudiantes mediante estándares y materialidades que categorizan. Es un trabajo que se asemeja a mi intención en el capítulo 1 de ensamblar ciudadanías a través de estándares, políticas y visiones.

Por otro lado, el trabajo de Jaime (2019) plantea la necesidad de examinar la identidad del ingeniero de sistemas, los repertorios que la conforman, quién y cómo la valida, y cuál es su institucionalidad, mediados por un lugar como el Centro de Tecnologías de la Información y la Comunicación de la UIS (Centic). También sugiere explorar el referente identificativo de los estudiantes de educación media y cómo se relaciona con su interés o falta de interés en

estudiar Ingeniería de Sistemas. Plantea una discusión sobre la línea que separa los productos informáticos propios del ingeniero de sistemas de aquellos que requieren una experticia complementaria validada desde otra institución. Las trayectorias propuestas por el autor sobre este Centro muestran el estado, a veces caótico, de las intersecciones entre los propósitos educativos y las formas en la que se termina estabilizando. Como emergencia, se cuestionan las identidades de los expertos en docencia con las de Ingenieros de Sistemas y se expone su carácter *fluido* (a pesar de que no se mencione explícitamente). Finalmente, el Centic no logra consolidarse como institución. Este trabajo me cuestiona sobre las prácticas que son necesarias para estabilizar a STEM en el país y, así mismo, me llama la atención la forma en que ciertas identidades se vuelven fluidas. En el caso de STEM, que un profesor o un ingeniero se conviertan de repente en coaches o expertos.

Como generalidad, el aporte de las referencias expuestas es significativo toda vez que, como científicos sociales, se indaga sobre esos objetos científicos que vienen cargados de aparente estabilidad, universales, neutrales y fijos, para mostrarlos desordenados, mundanos, múltiples y locales dentro de prácticas asociativas entre lo humano y lo no-humano. Son estas descripciones lentas las que permiten ver posibilidades de una mejor ciencia, mediante el poder metafórico que es tácito y que emerge en nuestras prácticas humanas con lo no-humano. De aquí que, la relevancia de estudiarlas en ambientes de educación tecnocientífica no sea menor.

En cuanto al plano internacional, la tendencia del análisis socio-material es cada vez mayor. Sin embargo, como advertí en esta sección al llamarla breve revisión, quiero aplicar el principio de generalidad: menos es más. Quisiera hacer referencia a autores que considero elaboran una reflexión importante en los análisis socio-materiales en ambientes de educación utilizando sobre todo análisis tipo TAR que han contribuido a configurar las descripciones de la multiplicidad de STEM en el presente trabajo. Entre ellos resaltan Fenwick y Edwards (2010, 2013), Verran (2007), Sørensen (2007), Johri (2011) y, más recientemente, Pischetola et al. (2021).

Los primeros, han enfocado sus investigaciones en entender el poder de agencia de aquellas materialidades que ensamblan la enseñanza y el aprendizaje, desde las instituciones como

espacios físicos, cuerpos, estándares, profesores, textos, hasta identidades que se forman en las aulas. Resalta en este trabajo la forma en que la enseñanza-aprendizaje se hace. En este sentido, TAR permite hacer ver que la enseñanza-aprendizaje no son procesos separados de las redes de interacciones entre humanos y no-humanos, es decir, no son entidades independientes sino ensamblajes. Para argumentar esta línea utilizan varios estudios, sin embargo, resalto el trabajo de Verran (2007) sobre estudiantes que aprenden sobre las propiedades de la materia y formas de medirla desde dos mundos distintos: el occidental y el Yoruba. Para Verran, que los estudiantes logren moverse entre dos mundos con los mismos objetos muestra una forma de enactuar el aprendizaje: “[...] implica reconocer que la realidad puede ser hecha de esta u otra forma, a través de una serie de gestos, palabras, organizaciones materiales, o un arreglo alternativo” (Verran, 2007, p. 34-35). En este trabajo, el aprender es múltiple, no como forma de multiperspectivismo, sino como diferentes prácticas de hacer la realidad desde un mismo objeto.

Así mismo, me llama la atención el capítulo dedicado al Aprendizaje Tecnologizado en Red (*Networking Technologized Learning*) donde se plantea el concepto de convertirse en *cyborg* como una expresión de lo mundano en la materialidad de la educación. Cabe aclarar que solemos interpretar este híbrido humano-tecnología con artefactos modernos como computadores, video-beams, software enfocado en el aprendizaje activo, tableros inteligentes, blogs, etc... y, sin embargo, el concepto puede ser extendido a esos educadores que enseñaban con tiza, pizarrones, textos, mapas, modelos de partes humanas y borradores. En la línea de artefactos más contemporáneos, Johri (2011) propone un privilegio en la perspectiva socio-materialista en el diseño de tecnologías para el aprendizaje como mediador para encontrar un balance en la atención desproporcionada dada a las implicaciones sociales del uso de la tecnología o a los aspectos materiales del diseño de tecnología, en otras palabras, para evitar caer en determinismos tecnológicos empujados por el afán del ser eficiente y en determinismos empíricos (léase determinismo social) configurados por visiones simplistas del rol de la tecnología en el aprendizaje.

Para Johri (ídem), en resonancia con la TAR y las ontologías múltiples, la práctica como acción situada es el sustrato mismo de la realidad social. El objetivo, entonces, es hacer ver cómo los artefactos derivan su significado para los humanos y sus prácticas a través de la agencia social.

Los bordes entre lo social y lo material se construyen en el momento. Por tanto, el significado de lo material puede cambiar si las prácticas también cambian, así, una tecnología puede ser rastreada en el tiempo y generar un entendimiento comparativo de las distintas prácticas a las que está asociada. Johri, termina apelando al concepto bricolaje socio-material²⁶ con un enfoque sobre la capacidad de los usuarios para hacer uso de las herramientas disponibles dentro de una miríada de prácticas sociales. Entonces, en el caso de las tecnologías del aprendizaje el concepto de bricolaje ayuda a explicar la relación entre práctica-como-diseño y la práctica-como-practicada (o emergente).

Un caso de estudio presentado por Johri, se enfoca en una clase de estudiantes de ingeniería quienes debían diseñar unos artefactos como producto final del proyecto. Mediante un análisis comparativo de dos grupos que diseñaron el mismo artefacto, pero que siguieron dos caminos de prácticas de diseño totalmente distintas, Johri quiere llegar a dos conceptos clave: a las prácticas representacionales y a las prácticas relacionales. Las primeras hacen referencia a las prácticas de crear y transformar representaciones, como por ejemplo, dibujar bocetos, escribir descripciones verbales, calcular datos numéricos, y convertir texto en dibujo, entre otras. Las segundas se refieren a aspectos de interacción del trabajo de diseño, por ejemplo, en cómo los miembros del grupo se comunican y colaboran los unos a los otros. Para un grupo cuyas reuniones ocurrieron en la presencialidad, las representaciones, los gestos y los movimientos físicos son parte del diseño. Mientras que el otro grupo cuyas reuniones solo fueron posibles mediante ambientes virtuales sus prácticas de diseño fueron mediadas con chats y otras materialidades. Por tanto, a pesar de que llegan a diseñar un mismo artefacto, el bricolaje socio-material es distinto. Los estudiantes hacen uso de lo que tienen a la mano como prácticas emergentes.

En el caso del trabajo de Sørensen (2007), sus descripciones detalladas en aulas de niños que interactúan con un software de aprendizaje utilizando computadores logran ensamblar eso que sucede particularmente en esos contextos situados y que la autora categoriza como aprendizaje. La naturalización del uso de computadores y softwares en el aula actúa como un

²⁶ El concepto de Bricolaje es tomado de Levi-Strauss en *The Savage Mind* (1962), para significar el proceso de usar lo que sea que esté a la mano y recombinarlo para crear algo nuevo.

velo que no permite ver las emergencias que Sørensen logra describir. Ese velo se convierte en una limitación para entender el aprendizaje de los niños/niñas, la vida en el aula y las prácticas pedagógicas. Su argumento principal se centra en cómo las formas de conocimiento y las formas de presencia (léase como las dinámicas diarias de las prácticas educativas) son altamente agenciadas por las materialidades. Propone, entonces, enfocarse en la formación de espacios que se configuran por la emergencia de patrones. Así, la materialidad debe entenderse como el patrón formado en el cual una entidad particular toma parte y permite relacionarse de maneras particulares a otras entidades igualmente particulares. De esta forma, se puede hablar de la materialidad de los materiales y de la materialidad de las entidades sociales, así la materialidad es un efecto distribuido. Para Sørensen, la metáfora de la red proveniente de la TAR, es insuficiente para explicar la pedagogía utilizando el software Femtedit donde se pretende que los estudiantes sean enganchados mediante la construcción de pueblos virtuales. La flexibilidad para cumplir esta tarea se extiende a otro tipo de variables como las dificultades técnicas, los intereses de los investigadores, acceso a ciertas infraestructuras y recursos, entre otros. Así, Sørensen concluye que esta flexibilidad termina por generar un conocimiento líquido como un ensamble de un conocimiento no-representacional ni regional donde el tiempo también es un aspecto definitorio de la materialidad. Su aporte precisamente está en mostrar cómo este conocimiento líquido es inseparable del aprendizaje, en el sentido en que el conocimiento representacional (entendiéndolo como el conocimiento estabilizado mediante códigos u otras convenciones) puede estancarse y así el conocimiento líquido puede tomar su lugar ya que es independiente de si el aprendizaje pueda suceder o no. Sin embargo, no es muy clara la forma en que los estudiantes no aprenden y cómo las interacciones humano/no-humano permiten que esto suceda.

Finalmente, en el trabajo de Pischetola et al. (2021) se estudia un grupo de universitarios que toman clases de manera virtual en los primeros tres meses de la pandemia por COVID-19 y los ensamblajes que emergen entre los cuerpos, otras materialidades y espacios-tiempo pedagógicos. Lo que emerge son inequidades sociales, estructuras de poder y problemas éticos. De la revisión bibliográfica que realizan, resalta la escasez de trabajos que relacionan la política, la tecnología en la educación (*Edtech*), pedagogías y tecnologías durante la pandemia. La tesis de este estudio es que las herramientas digitales y los espacios virtuales

no son mediadores neutrales en el aprendizaje. Así, el aprendizaje virtual aparece como una interrupción particular que no había sido contemplada en la facultad de educación de la universidad donde la investigación fue llevada a cabo. Un aprendizaje de emergencia dado el contexto pandémico. Aquí surgen ciertas inequidades entre estudiantes de pregrado y posgrado de la facultad. Los primeros tuvieron dificultades en encontrar infraestructuras estables de conexión a internet además de presentar contextos familiares y sociales retadores. Mientras que los estudiantes de posgrado con un mayor recurso económico tuvieron que enfrentar dificultades como encontrar un balance entre el trabajo, la familia y la investigación. Mediante extractos transcritos de los testimonios de los informantes, las autoras logran hacer ver como las experiencias personales, las estructuras de poder y los cuerpos, son materializados.

En el primer caso (materializando las experiencias personales) emerge un ensamble de prácticas humano/no-humano como por ejemplo la agencia de la pandemia y la transición a clases remotas, o la seguridad de los humanos con medidas como la cuarentena, o terminar trabajos a tiempo o llegar temprano a clases lo que producía más relajación y paz. Por otro lado, las inconformidades que surgen con el uso de las plataformas virtuales en términos de disposición en cuadrícula de las imágenes de los estudiantes, sentirse intimidados o vigilados, estrés, dolor físico, el cansancio general que se siente estar expuestos a tantas horas en la pantalla (creo que todos los que utilizamos estos medios sentimos lo mismo, casi como un patrón que emergió con esta materialidad) y sentimientos encontrados al momento en que el profesor pide prender las cámaras para probar si los estudiantes se encuentran presentes.

En cuanto a la materialización de las estructuras de poder, se ejemplifican con una estudiante quien no podía asistir a las clases de la investigación dada su carga laboral como profesora de un jardín infantil donde le solicitaban grabar y editar videos con actividades para los niños/as, mientras que los otros estudiantes podían asistir sin mayor problema, a excepción de quienes tenían problemas de conectividad que, a la hora de la verdad, la sufrimos todos. Entonces, se cuestiona si el poder que se ejerce sobre la ausencia de la estudiante en cuestión viene de la institución donde trabaja, o de su capacidad para lidiar entre el trabajo y el estudio, o de la presión de los padres de los estudiantes del jardín donde ella trabaja quienes pagan altas sumas de dinero y exigen un buen servicio, o si es la tecnología la que le exige esa alta

demanda laboral tanto en la universidad como en el trabajo. Definitivamente, la conexión a internet se convierte en un objeto de poder. Finalmente, en la materialización de los cuerpos, emerge la sensación de incomodidad y cansancio tanto en la espalda como en los ojos. La conexión a internet, aquí, se vuelve la única forma de interacción social que tienen los estudiantes, sobre todo en aquellos que viven solos.

Las clases virtuales aceleraron procesos y ralentizaron otros. Promovía la puntualidad, pero no garantizaba la participación de calidad de los estudiantes dada la conectividad intermitente; ahorra tiempo de movilización de un lugar a otro, pero también promovía el estrés y la incomodidad física. En fin, un ejemplo más del análisis socio-material de cómo la educación sí ha cambiado en sus prácticas de enseñanza-aprendizaje, contrario a esas visiones estructuralistas de lo que significa la pedagogía y los procesos educativos.

Claramente, se expone en esta breve revisión cómo diferentes prácticas emergen y cómo pueden conceptualizarse dada la constelación de interacciones entre nuevas tecnologías y prácticas humanas que son invisibilizadas por la naturalización de lo no-humano en contextos de enseñanza-aprendizaje. El análisis socio-material permite hacer ver el ensamble de entidades híbridas donde los bordes no son tan claros. Son, más bien, fluidos, múltiples y en algunas ocasiones, con ciertos patrones que, quizá, sean producto de procesos de estandarización mediante mecanismos de estabilización (Latour, 2005). La pedagogía y los procesos de enseñanza-aprendizaje suceden localmente y cambian. En pocas palabras, el currículo desarrollado es emergente y se está haciendo con el fin de nutrir el desarrollo humano y el ascenso social.

Capítulo 2: ¡A volar joven! El dron social y lo social del dron: Ensamblando movimientos

“Volar para mí significa libertad”

“Volar es viajar por el aire propulsado por un motor”

Estudiantes del curso de Robótica y drones en Educación STEM

Este capítulo, tiene tres metáforas en mente: la red (ya trabajada en el capítulo 1 con redes de actores que ensamblan visiones múltiples de ciudadanía científica de acuerdo a tensiones y múltiples intereses), el movimiento y el ensamble. Urry (2012) nos invita a *“olvidar las rigideces sociales del orden pre-global, más bien, enfoquémonos al estudio de movimientos físicos, imaginativos y virtuales”* (ídem, p. 2). La invitación abarca el estudio de los *viajes* de la gente, ideas, imágenes, objetos, mensajes y sus implicaciones en el tiempo, el espacio, la forma de *habitar*, y la forma de ser ciudadanos/as. Es una sociología que estudia los flujos de todo lo mencionado en un mundo donde los bordes son cada vez más borrosos por efectos de eso que han llamado *globalización*.

STEM como acrónimo es una idea que abarca una multiplicidad de prácticas y que trasciende fronteras. No solo viaja a través de políticas o estándares, viaja gracias a la inmersión de los robots en las aulas de educación científica. Considero que el *movimiento* atraviesa el enfoque de esta tesis. Existe un llamado al progreso, al desarrollo, a un cambio educativo y, aquí, las materialidades son *“novedosas”*²⁸ a pesar de que las pedagogías no lo sean (haciendo referencia a los modelos autoestructurantes como la Escuela Activa y sus didácticas asociadas que llevan más de 100 años). Mi interés se enfoca en *hacer ver* cómo estas materialidades

²⁸ Lo novedoso entre comillas se refiere a que desde hace décadas los robots comienzan a inundar las aulas, pero son presentados como un elemento nuevo para sostener el discurso de *revolución educativa*.

como el diseño y ensamble de drones sociales y sus múltiples materialidades, junto con las prácticas humanas, generan emergencias de esa educación que llaman STEM/STEAM y, así mismo, conectarlas con esa idea de progreso que hay detrás. El progreso, por tanto, no viene ensamblado sino que se va ensamblando en lo mundano y lo local, con las prácticas de interacción humano/no- humano que añaden capas de *realidad* a medida que se van materializando. Así, emerge el *programa de acción*²⁹ STEM en este contexto situado.

Aparte de las políticas y estándares, el progreso viene también entre hélices, gráficas, motores, softwares de libre acceso, profesores (ahora llamados *coaches*) y estudiantes con la ilusión de estar aportando al país³⁰ movilizados todos por el poder de agencia de un acrónimo. STEM/STEAM, por tanto, es una *cosa* múltiple (Mol, 2002) que es atravesada por el movimiento físico de distintas materialidades y por el movimiento metafórico. Emergen estudiantes ensamblados por fuerzas y movimientos metafóricos, representados por diagramas de cuerpo libre³¹, y así mismo, un STEM movilizado por retóricas, estándares, promesas y circunstancias contextuales.

²⁹ Un programa de acción, de acuerdo a Latour (1990) es un conjunto de instrucciones que especifica cómo deben comportarse los actores humanos y no humanos en un contexto determinado. Este programa es el resultado de la negociación entre los actores y puede ser modificado a medida que los actores ganan o pierden poder en la red de relaciones. En otras palabras, un programa de acción es una forma de coordinar el comportamiento de los actores en una red de relaciones. Este concepto es importante en el análisis de Latour sobre la acción colectiva y la formación de grupos y organizaciones.

³⁰ En la encuesta que realicé a los estudiantes y que solo respondieron algunos, ante la pregunta, *¿qué tipo de futuro se imagina en Colombia con un énfasis en la educación STEM?*, un estudiante respondió lo siguiente: - *Un país en dónde se aproveche más cada una de las cualidades y fortalezas de las personas para construir un país mucho mejor.* Otro estudiante respondió: - *Un futuro innovador donde Colombia pueda resolver varios de sus problemas a favor del desarrollo económico y social.* Explícitamente, los estudiantes ven a STEM como el camino para resolver problemas para el desarrollo económico y social y sacar lo mejor de las personas.

Implícitamente, al estar cursando un curso con énfasis en educación STEM, los/las estudiantes sienten una responsabilidad frente al país, al ensamblar un dron social: -*Pienso que estas disciplinas sí ayudarían a desarrollar al país como tal por el simple hecho de que al resolver un problema se necesitan ver todas las posibilidades y problemáticas que la solución de este puede llegar a causar. El ensamblar un dron con un fin social en realidad es solucionar o ayudar a solucionar una necesidad de la sociedad misma.*

³¹ Un diagrama de cuerpo libre es una representación visual utilizada en física e ingeniería para analizar las fuerzas que actúan sobre un objeto o cuerpo aislado. En un diagrama de cuerpo libre, se dibuja el objeto en cuestión como un punto o un contorno simple, y se muestran todas las fuerzas externas que actúan sobre él como vectores con su dirección y magnitud correspondientes. Estas fuerzas pueden incluir la fuerza gravitatoria, fuerzas aplicadas, fuerzas de fricción, fuerzas de tensión, entre otras. Al utilizar un diagrama de cuerpo libre, se puede estudiar y comprender mejor las fuerzas que afectan al objeto y analizar su equilibrio o movimiento resultante.

Este capítulo es producto de mi observación etnográfica del curso de *Robótica y drones en Educación STEM* que emerge por los intereses y prácticas del colectivo que hoy se llama STEMCol. No quiero mostrar relaciones causales, pero sí interconexiones entre los relatos de sus protagonistas, sean estos humanos y no-humanos. La materialidad del dron también se ensambla por las relaciones precedentes de otras materialidades con los humanos, con **Z**, **T**, **L** y **N**. La red STEM se encarna aquí no solo en un dron imaginado y diseñado con fines benéficos (o el dron social) entre motores, *cajas viajeras* (laboratorios móviles), plataformas virtuales y softwares de acceso gratuito, sino también entre pasiones, promesas, sueños, experiencias educativas, gráficas, libros y otros robots. STEM, aquí, es un buen ejemplo de lo que Johri (2012) ha llamado *bricolaje socio-material*. Entre *prácticas representacionales* y *relacionales* el dron es ensamblado y, a su vez, ayuda a ensamblar esa multiplicidad de STEM con *lo que hay a la mano*. Así mismo, emergen movimientos metafóricos que surgen del análisis de la conversación y de las implicaciones del proceso del ensamble de un dron en términos de redes socio-materiales como por ejemplo, *despegar*, *migrar*, *ascender*, *volar* y *escapar*. Lo social del dron se cuenta así:

“Vendí mi alma a Elon Musk”: trayectorias de vida tecnófilas.

Z, aparecía en cámara mediante la plataforma virtual Zoom en el marco de su entrevista como informador de esta tesis. Detrás de él colgado en la pared, un afiche de la nave espacial *Enterprise* de la serie de t.v. *Star Trek*, anunciando, quizá, un gusto por el *futuro*, el *vuelo* y la *tecnología*. Cuando le pregunto sobre lo que él entiende por STEM, hace referencia a su primer libro sobre la Educación STEM, el cual termina por ser un actor aglutinante del grupo que comienza a encarnar el acrónimo en un contexto situado particular y que posteriormente evolucionaría a STEMCol. **Z** dice:

-[...] cuando yo decidí escribir el libro estaba en unas condiciones de emprendimiento donde tenía que llevar un mensaje con la seriedad académica, pero con la importancia de un emprendimiento con interés comercial. Sí. Entonces, al escribir el libro yo traté de abarcar todo un espectro que fuera interesante para, digamos, para la parte de la academia, que pudiera tomar el libro como un elemento serio, no una cosa superficial. Y por el otro lado, poder mover a futuros clientes para proyectos y servicios que se pudieran dar con el proyecto. Y también lo hacía para lectores, desde la academia hasta el docente de, digamos, recién egresados o que se autoforman en las zonas rurales para un espectro amplio. Así

como no se sabía nada sobre educación STEM, al final de cuentas el primer libro es un libro recopilatorio. Con un poco el sello personal mío. Entonces yo dije me toca, es, desafortunadamente coger un elemento breve y compacto que sirva para definir la educación STEM de una forma rápida. Ese reto es muy grande. (transcripción de la entrevista a **Z**, p. 1)

El carácter comercial, recopilatorio, breve, compacto y rápido de este libro se basa en el libro de **U et al.**, *STEM Lesson Essentials*, publicado en 2013. Según **Z**, este libro recibe el *empujón* de Rodger Bybee, autoridad de la educación STEM en Estados Unidos. La idea STEM, por tanto, viaja a través del libro de **U** y encuentra otra materialidad en el libro de **Z**. Se traduce y prácticamente se transcribe utilizando otras fuentes como el mismo Bybee y otras fuentes de instituciones educativas estadounidenses --“...al final de cuentas es un libro recopilatorio. Con un poco el sello personal mío”—En pocas palabras, su elemento *breve* y *compacto* se puede resumir en que es una *vitrina para los NGSS*³² y los estándares de Tecnología según la ITEEA (*International Technology and Engineering Educators Association*) y las diferentes estrategias didácticas para desplegarlos interdisciplinariamente. Así mismo, expone algunos ejemplos de prácticas STEM que **Z** considera *exitosas* en contextos en Colombia, sobre todo las llevadas a cabo por el Parque Explora de Medellín y otros centros interactivos y museos de ciencia de Estados Unidos. Son sugerencias *recopilatorias* provenientes de Estados Unidos, básicamente.

STEM encuentra una definición aquí. Para **Z**, diciéndolo de manera casi que mecánicamente y de memoria durante la entrevista, bajo la *bendición* de **U** e indirectamente de Bybee, STEM es:

-[...] un enfoque interdisciplinario que remueve las barreras de las cuatro asignaturas, las conecta con el mundo real a través de prácticas rigurosas y es relevante para los estudiantes. (transcripción de la entrevista a **Z**, p. 2)

Z reconoce que esta definición es insuficiente para el contexto de hoy en el que quiere publicar su segundo libro donde quiere proponer un marco de referencia STEM para Latinoamérica. Hasta el día de hoy que escribo estas palabras el libro no ha visto la luz. Sin

³² Estándares de Ciencia para la siguiente generación (*Next Generation Science Standards*).

embargo, para ese entonces donde **Z** “no tenía ni idea que era la educación STEM” parecía más que suficiente. Yendo un poco atrás en el tiempo, su emprendimiento comenzaría a gestarse después de que fuera despedido de la compañía *Siemens* como Ingeniero Electricista en 2014:

-[...] a las dos horas ya no era nadie, después de 20 años de servicio, entonces los meses siguientes me tocó como cualquier persona que busca qué hacer, pues buscar trabajo y ver si hacía algo en la vida. (transcripción entrevista, p. 26)

De pronto se para, esculca algo en el closet que tiene a la mano y me trae al *culpable* (ver Figura 5) de haberse conectado con la educación STEM:



Figura 5 **Z** mostrando a Sphero. El robot que lo conecta a la educación STEM. Esta compañía recientemente hace un enfoque hacia la educación ya que anteriormente vendía estos robots más con carácter de entretenimiento por alianzas con Disney. Ahora, más que un juguete, se convierte en una herramienta educativa, según su CEO en publicación en enero de 2023 en la red social LinkedIn. (Captura de pantalla de la entrevista a **Z**).

-[...] este es el elemento... se me ocurrió porque yo había visto en una revista tecnológica y ¡ay! Chévere sería de pronto empezar a vender eso en los colegios y también en el fondo yo quería cambiar de área de trabajo. Yo ya no quería estar en el sector eléctrico... no quería volverme como la mayoría de ex empleados de Siemens de volverse un distribuidor de

equipo eléctrico, entonces me metí en un emprendimiento vendiendo robots. Pero nos dimos cuenta, que para llegarle a los colegios tocaba llevar el robot. Y como en ese momento 2014/2015, pues usted tenía algunos docentes que si usted le trae una nave interestelar y se la pone afuera, pues es muy bonito, pero no sabe qué hacer con eso. Entonces nos tocó hacer unas guías, material curricular [...] me puse a hacer la traducción de todas las guías que Sphero había hecho de inglés a español. ¿Por qué? No sé. Es una cosa como de la providencia... en esa traducción me di cuenta de que la educación STEM y la educación STEM y que es eso... y empecé a ver elementos del proceso de diseño y las fases y lo que el estudiante hace. (transcripción entrevista, p. 27)

Las trayectorias en la vida de **Z** cambian con la revista tecnológica que menciona en la entrevista, el robot Sphero y las múltiples traducciones textuales que realiza. STEM ya comienza a practicarse en este caso situado mediante traducciones de guías de cómo utilizar el robot y vendiendo a los robots. La dificultad que encontró en los colegios para vender los *Spheros* se tradujo en que lo importante era mandar un mensaje de *“transformación pedagógica y no vender un producto”*. Sus traducciones y diseños de material curricular terminarían por convertirse en su libro, pero así mismo en el puente que le ayudaría a conectarse con **U** quién lo apadrinaría y, seguramente le ayudaría a ser miembro de ITEEA y de la NSTA (*National Science Teacher Association* por sus siglas en inglés). Al final, *“la publicación del libro empezó a funcionar como un imán”*. ¿Cómo alguien que no tiene idea de educación se puede convertir en un *referente* de la misma? **Z**, al final de la entrevista, esgrime con orgullo que una amiga suya vio su libro en el escritorio de la Ministra de Educación y que además ya aparece en Wikipedia. Una red de aliados en ciernes. **Z**, inicialmente, vio el futuro de la educación materializado en robots, promocionando el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) que ya lleva poco más de 100 años cuando John Dewey, Decroly y otros lo propusieron por primera vez. Un futuro materializado en robots con pedagogías nada innovadoras.

Ahora bien, **T** unos años antes de la publicación del libro (y quién no conocía a **Z**), después de su obtención de título como Ingeniero Mecatrónico de la Universidad Nacional de Colombia, más o menos por el 2010, comenzó a cuestionarse sobre la educación recibida tanto en el colegio como en la universidad, con preguntas detonadas por lecturas donde encontró el término *CDIO* (*Conceive Design Implement Operate*, por su acrónimo en inglés) que es un

marco metodológico de la enseñanza de la ingeniería y el diseño, basado en competencias acompañadas con ciertas actitudes. Estas lecturas se dieron como monitor durante sus últimos años en la Universidad.

-[...] en esa época yo no sabía de STEM [...] pero cuando comencé a leer y escribir, oiga, realmente las prácticas educativas de los profesores son pésimas, a mí nunca me empoderaron, a mí nunca me pusieron a solucionar realmente problemas. Yo seguía era instructivos, lo máximo que me ponían a hacer era exponer un tema, pero a mí nunca me dijeron nada de rúbricas, no me decían, oiga eso está mal porque en el libro dice tal cosa. Bueno cosas de ese estilo. Y ahí fue donde me nació el tema de educación por ingeniería y educación por tecnología. [...] y nada, trabajando ese año, pues me di cuenta que, digamos que, no había nadie de ingeniería, por lo menos en la Nacional, que yo conociera que se estuviera metiendo con el tema, oiga, cómo es educar ingeniería realmente bien, para sacar ingenieros para el país, porque siempre decimos que construimos nación y qué va, todos salimos a buscar trabajo en donde nos toque, y muy pocos realmente, pues se meten con los problemas de la sociedad colombiana y los abordan como ingenieros” (transcripción entrevista a T, p. 4-5)

Educar bien en Ingeniería, implica para T, atacar problemas utilizando los últimos conocimientos que se tienen en ciencias naturales y sociales, saber emprender y trabajar en equipo: “*la ingeniería no es una carrera para ir a aprender matemáticas y física para ir a arreglar equipos*”. Con esto en mente, T entraría a trabajar en una empresa española de educación cuyo enfoque estaba en asesorar proyectos de enseñanza de TICs y robótica, sobre todo en colegios públicos a través de alianzas con las gobernaciones. Allí, su percepción sobre los proyectos de enseñanza en estudiantes de poblaciones marginadas es muy positiva y así mismo en las experiencias en su trabajo posterior con los clubes de ciencia y clases extracurriculares de robótica en un colegio privado de Bogotá:

-[...] pues ahí se vieron cosas muy bacanas, o sea, cambios en la vida de los chicos y eran cosas muy locas. Eso pasó en Mosquera, Riohacha, en Neiva, en el Valle... muchos lugares. Entonces yo dije, joder, acá hay algo de fondo que hay que meterle más la ficha y también de la U, yo conocí muchos proyectos tipo Ondas donde se hace investigación como estrategia pedagógica y esa vaina también cambiaba totalmente a los chicos porque los ponían a ellos como en el centro de algún problema investigado, intentar solucionarlo o al menos de saber de qué se trataba. Y los profesores eran felices. Entonces nada, me apasioné con ese tema. [...] los chicos encontraban algo novedoso, el hecho de que trabajaran por roles era súper bacano. Muchos de los niños que los profes me decían que

odiaban la matemática, la tecnología y los números, pues como que se empezaban a interesar más y no les daba pereza aprender. (transcripción entrevista a T, p. 7)

-Pues le enseñan a los chinos en ese espacio académico las habilidades, pues que le pueden en serio aportar a ellos, a los retos que van a tener y yo venía del sector público, de lugares que eran tremendamente vulnerables. Había casos que era muy bacano, que los mismos chinos le decían a uno que se salieron de la pandilla por tal cosa o encontraban un espacio.

Por ejemplo, pasó mucho que los que se quedaban en la tarde dejaban de hacer otras actividades que de hecho eran pailas o no sé. Por lo menos no se encontraban con sus papás en la tarde que les pegaban o cosas de ese estilo, pues los chinos adquirirían como otra visión. (ídem, p. 9)

Recordemos que a este punto en la vida profesional de T, aún STEM era desconocido. La enseñanza de tecnología con robótica generaba *espacios seguros* para estudiantes vulnerables. Esto le detonó la pasión por la enseñanza de la tecnología ya que esta podía cambiar o salvar vidas. Sin embargo, por la recesión económica del 2016 en España cerraron la empresa donde T trabajaba y la fase 2 de los proyectos que iban desarrollando terminó por “oxidarse”. Sin plata, no hay robots ni quien medie con ellos, por tanto, ¿los espacios seguros se desvanecen como el humo? ¿qué hay en esos espacios seguros?

-Pues yo me di cuenta de que en la ley general de educación del 94, sí hay un área que se llama Tecnología e Informática, creo que se llama Las Orientaciones de Educación en Tecnología. Es un documento buenísimo, casi que habla de qué es la alfabetización tecnológica. Dan muchos tips de porqué es importante educar en tecnología y que eso era mucho más que enseñarle a un niño a utilizar un computador o algo así, sino que el fondo era aprender... a que los niños aprendieran a identificar problemas, a ver con qué recursos contaban y saber si los podían solucionar y tenían que aprender a gestionar. Bueno, cosas de ese estilo. O sea, joder, esto es una vaina buenísima, porque básicamente como país eso es lo que necesitamos. (ídem, p. 7)

Finalmente, las trayectorias de vida de Z y T convergen por el 2018 cuando mediante un evento al que asistió T muy parecido a un *maker-space*, se presentaron proyectos donde por primera vez T escucharía sobre el acrónimo STEM. La resonancia con las prácticas que T hacía con la empresa española y lo que estaba viendo allí eran muy grandes. Allí T conocería a un ponente quién le recomendaría el libro de Z y a quién veía como un experto en el tema STEM. T leyó el libro y la resonancia se magnificó. Finalmente, contactaría a Z:

-[...] me reuní con él y le dije, he hecho esto, esto y esto. Esto tiene mucho sentido con lo que yo he venido haciendo, ta ta ta ta. Entonces en ese momento **Z** me dijo, --oiga yo necesito trabajar con personas que realmente hayan estado en colegios, es porque yo no tengo idea de colegios, yo esto lo hice como hobby, hice mi libro, vi toda la cosa, le hallé mucho sentido, pero pues yo sí que voy a la ciega, yo asumo que esto funciona—Y yo le dije, pues yo tengo algunas experiencias donde se han montado desde ingeniería, pero en varias regiones del país como que tengo testimonios de lo que los profes me han indicado que muchos de los chicos que usualmente no les interesa estas áreas les terminan gustando y además dicen los profesores pues que como que a los chicos les abre su perspectiva de lo que pueden hacer en la vida y eso me parece genial. (ídem, p. 11)

Un apasionado por los robots y la tecnología y el otro apasionado por la educación en tecnología y sus consecuencias en las necesidades mismas del país y la transformación de los proyectos de vida de estudiantes con vulnerabilidad. STEM les daba la bienvenida. El encanto de la brevedad del acrónimo y de retóricas persuasivas. Así irían llegando más miembros convencidos de las bondades de STEM y con la ilusión de *transformar el país*. **N, Y, L** también se unirían atraídos por las prácticas que en conjunto **T** y **Z** comenzaban a desarrollar.

Durante la pandemia un boom de webinars por Youtube fue el medio que el colectivo, recién formado, decidió aprovechar para divulgar su interpretación de la educación STEM. Especialmente **Z**, quien era invitado a webinars en España o Ecuador o eventos de grupos de colegios privados en Colombia. Webinars, debo decirlo, reiterativos. La reiteración, una práctica que para **Z** es importante en los procesos de diseño de ingeniería, aquí es utilizada con fines divulgativos, para enviar el mismo mensaje una y otra vez, además de servir de plataforma para promocionar su libro y el libro *por hacer*. De estas charlas resalta su énfasis a las tecnologías actuales, a la robótica y el *blockchain*; a la Inteligencia Artificial y la impresión 3D, a Elon Musk y sus cohetes. Siempre impactado por estos desarrollos tecnológicos (ver Figura 6) contando anécdotas de cómo Elon Musk manda un carro al espacio o cómo logra aterrizar cohetes después de muchos intentos fracasados.



Figura 6 Z mostrando videos anecdóticos sobre Elon Musk durante un webinar promocionado por Geek Girls Latam para estudiantes en España. A la izquierda el cohete, arriba a la derecha robots de Boston Dynamics y abajo los carros Tesla también desarrollados por la compañía de Musk.

Cuando le pregunto a Z sobre esta reiteración de imágenes y alusiones a estas tecnologías me cuenta lo siguiente:

-[...] esos ejemplos que tomo son para mover un poco, moverle el piso al auditorio. No es especialmente importante que tenga que coger para allá. No, no, no, no. Son ejemplos de tecnología que simplemente es impresionante, abrumadora. Yo pongo los robots porque se ha llegado a un grado de perfección tecnológica, que digamos, yo estoy convencido que el desarrollo tecnológico tan acelerado, tan acelerado, está cambiando las condiciones del mundo de una manera tan grande. Pero la educación aún no ha hecho esa migración para adaptarse. [...] Entonces, para que no haya malentendidos esos ejemplos que yo he ido trayendo cuando hago mis conferencias, han ido evolucionando un poco, pero de alguna manera es para que ese docente, como despreocupado, piense que donde está parado todo está bien. Es como, oiga, mire, está pasando esto. Ponga en una balanza lo que usted está enseñando a sus chicos. Esa es la razón. No es más. Aparte de eso, yo soy un seguidor absurdo, osea, **yo ya vendí mi alma a Elon Musk**. Pero, desde el punto de vista que se conecta con la educación STEM. [...] él habla de la importancia de la ingeniería como un proceso de resolución de problemas, que se conecta muy bien desde el punto de vista del desarrollo de habilidades para el siglo XXI y las necesidades de los estudiantes en su formación escolar, sino las mismas corporaciones. Hay muchas empresas que vienen heredadas del siglo XX, que tienen una cantidad de falencias en el desarrollo [...] porque no piensan de una manera diferente, que es en arrojarse a hacer innovación. [...] fallar es un elemento clave de la ingeniería dentro de STEM. Por eso me conecto. (transcripción entrevista a Z, p. 9, el resaltado en negrita es mío)

La educación al servicio de la tecnología. Es la educación la que debe hacer la migración para adaptarse a los grandes avances de la tecnología, de acuerdo a **Z**, ahora como *Maestro y Profe* como se dirigen a él otros docentes en los chats de los webinars. Este mensaje se le daba implícitamente a niños y niñas quienes escuchaban el webinar preparado por *Geek Girls Latam*³³. ¿Por qué **Z** ve a los profesores *despreocupados*? ¿Acaso el único contexto que *movilizaría* a los profesores es el de ciertas vanguardias tecnológicas? Para **Z** es claro que el nivel de *perfección tecnológica* en robots ligada a *movimientos más precisos* (digamos, humanoides), es un contexto suficiente para llamar la atención de profesores y así acelerar la educación de la misma forma en que la tecnología lo hace. **Z** representa este mensaje mediante una gráfica que tiene un poder de agencia importante en el proyecto de maestría de **L**. El del *Curso de Robótica y Drones en Educación STEM* realizado en la Universidad de los Andes y auspiciado por un colegio privado de Bogotá donde laboró **N** y de la cual hablaremos en el próximo apartado.

El amor por la tecnología, como lo llamó Latour (1996), desvía trayectorias de vida, divulga retóricas y genera emprendimientos. Pero sobre todo, *hace realidades*. No quiero implicar que todos los miembros de STEMCol piensan igual a **Z** o a **T**, pero tampoco parecen diferir cuando **Z** representa al colectivo en las diferentes charlas y webinars donde es invitado. Al final, STEM abraza esas pasiones por la tecnología y cómo ésta puede transformar la vida en el aula. El concepto propuesto por Callon (1986), *interessement*, describe muy bien como el grupo STEMCol comienza a agruparse, donde diferentes entidades (humanas y no-humanas) son aglutinadas para compartir intereses y negociar conexiones dentro de la red STEM.

³³ Es un colectivo que tiene como propósito empoderar y conectar a niñas y mujeres latinas en áreas STEAM. Llama la atención uno de sus *slogans* en su página web: “*Somos el corazón de la tecnología*” (recuperado de: <https://geekgirlslatam.org/>) e inmediatamente unos datos sobre la cantidad de niñas y mujeres impactadas, entre otras variables.

Despegar hacia el futuro: pensar de manera exponencial, visiones transhumanas y acelerar el escape

La gráfica (ver Figura 7) que reiteradamente **Z** presenta en sus cursos, charlas y webinars, es un recurso retórico para implicar precisamente que la educación está rezagada respecto al crecimiento tecnológico del siglo XXI y que la educación STEM puede ayudar a superar esta brecha. Esta gráfica fue utilizada por **L** en el texto y sustentación de su tesis como parte de la justificación para realizar el curso de *Robótica y drones en Educación STEM*.

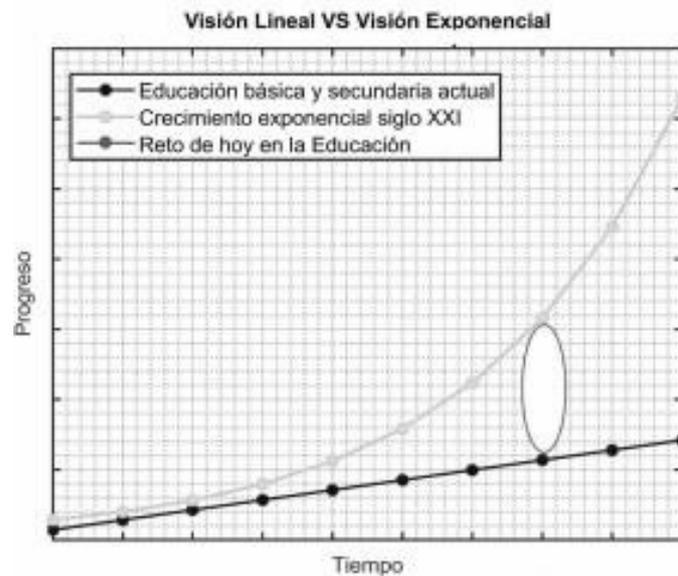


Figura 7 Visión lineal vs. visión exponencial sobre la relación entre el progreso tecnológico y la brecha con respecto a la educación tecnológica. Imagen reproducida con autorización del autor **Z**.

L, es persuadido de este mensaje que **Z** enfatiza reiteradamente. En el primer curso que **Z**, **T** y **N** desarrollaron, *Acciones Innovadoras en el Aula: Educación STEM para docentes en la 4ta Revolución Industrial* en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional, **L** comienza a darle forma a su proyecto que nace de la sugerencia de su director de tesis. En la primera presentación que **Z**, **T** y **N** hacen en aquel curso, *¿Por qué STEM?*, salen a relucir asociaciones con el *pensamiento exponencial* y el *transhumanismo*. **Z**, lo justifica de la siguiente manera

-[...] hay una gráfica que yo presento en mis presentaciones... es una realidad, es que el desarrollo de los computadores ha sido tan alto, es impresionantemente rápido. El desarrollo es rápido, pero digamos que la capacidad de computación es tan alta que nuestras capacidades como ser humano paran muchos procesos, actualmente, es demasiado lento. Depende de como usted lo vea. Si usted ve al ser humano como un

elemento del universo y que tiene una vida y que decide su vida y digamos una visión del ser humano, un poco más, más general, más hacia el cosmos y eso, pues no importa. Pero si lo vemos más en relación con la vida propiamente en el mundo donde hay un avance tecnológico, usted tiene una manera de desempeñarse profesionalmente, pues las habilidades humanas son muy lentas. Entonces está medido qué tan rápido nos comunicamos nosotros con el computador; qué tan rápido se comunica el computador con nosotros; qué tan rápido se demora... mi mente conmigo mismo. Y qué tan rápido es un computador con otro computador y qué tan rápido es ese computador consigo mismo. Hay muchos niveles de velocidad... la propuesta de Musk, una propuesta interesante, que es hacer de nosotros definitivamente un ser cibernético. (transcripción entrevista a **Z**, p. 10)

Para **Z**, implícitamente, *el hombre ya no es la medida de las cosas*, más bien son los computadores y su velocidad de procesamiento para hacer cálculos. La *exponencialidad* que es presentada en la gráfica, es la forma de *despegar hacia el futuro* y esto pareciera ser justificación suficiente para enseñar y aprender con STEM. La visión lineal sólo puede volverse exponencial si la educación STEM está presente; es a través de ella que despegamos hacia el futuro o por lo menos eso desea e imagina el colectivo STEMCol. ¿De dónde viene esta idea que nos presentan **Z**, **T** y **N** y que parece persuadir a **L**?

Z, menciona reiteradamente la Universidad de la Singularidad³⁴ (US) como una de sus fuentes de información. De hecho, la gráfica es citada en la tesis de **L** como basada en el artículo *Technologies of transcendence at Singularity University* (Boenig-Liptsin & Hurlbut, 2016) que hace parte de un compilado llamado *Perfecting Human Futures: Transhuman visions and Technological imaginations* (Hurlbut & Samuelson, 2016). El artículo en sí es una crítica precisamente a esas retóricas que se promueven en la US, las cuales se basan principalmente en nociones de que el futuro tecnológico sólo puede ser previsto por aquellos quienes crean esas tecnologías o, lo que la US llama *innovadores*, por tanto, la cultura necesariamente se queda *atrás* y así se justifica la limitación que tienen los legos sobre las trayectorias tecnológicas (es decir, los legos son meros consumidores) para así controlar el uso de los productos de innovación. Así mismo los autores hacen ver que la US construye imaginarios donde la tecnología es más que un *instrumento de gobierno*, de hecho, es la forma de

³⁴ La Universidad de la Singularidad es una compañía estadounidense ligada a Silicon Valley, la NASA y Google, que ofrece programas educativos ejecutivos y consultoría de negocios. No es precisamente una universidad acreditada. Fue fundada bajo la premisa de que la tecnología exponencial puede brindarle a los individuos o colectivos la habilidad de generar un impacto positivo.

gobernar el futuro. Es decir, la tecnología exponencial es vista como revolucionaria, emancipadora y es agente de *trascendencia*.

La *trascendencia* para la US se asocia al *transhumanismo*. Sin embargo, el transhumanismo aquí se reduce a que la innovación tecnológica es lo que define al humano como especie y, por tanto, la vida humana está siempre embebida en un mundo tecnológico. En pocas palabras, la esencia de la humanidad es la tecnología y por tanto su naturaleza es alterar, transformar y trascender el presente tecnológico. Así se configura entonces, una visión, un sueño, o ideal de la *perfección*. Es una obligación *mejorar* para alcanzar esa perfección. Para los fundadores de la US, sin las prótesis tecnológicas el humano es simplemente un *discapacitado*, como claramente se reitera en el testimonio de Z citado arriba. “*Los humanos somos lentos, pero los computadores nos aceleran los cálculos de manera exponencial*”. Así mismo, para L, el futuro es *más automatizado*. Capacitar a la mayoría de humanos en temas de tecnología y robótica, sobre todo en contextos como el nuestro donde no todos tienen el mismo acceso a educación de calidad, evitaría que las *máquinas* reemplacen al humano en ciertos trabajos. El crecimiento exponencial de la tecnología merece, según L, una *educación más holística* para que la gente no se quede rezagada.

-No, eso es algo que se ha venido dando desde tiempo atrás. Entonces ya por ejemplo, en los centros comerciales ya no tengo la persona que recibe el ticket para que usted pueda entrar con su carro y pueda salir sino que ya hay algo que lo reciba automáticamente y le da como esa entrada a usted. Pues antes lo hacía una persona, ahora lo hace una máquina. Y hay tal cantidad de ejemplos. ¿Qué pienso de eso? Precisamente de lo que venimos hablando. Entonces el mundo cada vez más va a ser más automatizado. Y qué va a pasar con estas personas, ¿no? Ahí hay personas como que uno dice, que es en su mayoría de pronto en nuestro contexto, como que no tienen las posibilidades de estudiar o adaptarse a esta nueva tecnología. Pues se van a quedar tristemente se van a quedar rezagadas y es porque han sido personas menos privilegiadas, ¿no? ¿Por qué? Pues también ahí va un tema un poco con el tema del gobierno y el sistema educativo colombiano. Pues aquí estudia el que de pronto muchas veces tiene posibilidades y sí no, pues mire a ver que hace. Entonces yo siento que sí es necesario que podamos tener una educación más holística, un enfoque más para todas las personas y que podamos capacitar a todo, todo el mundo básicamente para que no se quede atrás con respecto a esta ola, este crecimiento exponencial en estos temas tecnológicos, de robótica y de todo lo que lo que está pasando hoy en día. (transcripción entrevista a L, p. 13)

Hurlbut y Boenig-Liptsin (2016), en su etnografía en la US, hacen ver que los estudiantes no aprenden las habilidades técnicas para diseñar tecnologías particulares, sino más bien, son expuestos a esas vanguardias tecnológicas y las retóricas de sus principales actores en cuanto a lo que *nos depara en el horizonte*.

Pensar exponencialmente, nos explican los autores, es imaginar cómo cambiarían las tecnologías, la industria y la sociedad como resultado de *transformaciones exponenciales* en la tecnología (disminución de precios o incrementos en capacidad y poder) y así prever oportunidades de negocio. Los estudiantes son ejercitados con preguntas de este tipo: *¿cómo mejoraría usted la vida de 1 billón de personas?* para así poder anticipar las tendencias que las tecnologías, sobre todo las de información, seguirán para *hacer el bien*. Así emerge el concepto de *tecnologías disruptivas*, que también es mencionado reiteradamente por el colectivo STEMCol en sus webinars.

Es bastante contradictorio que **Z** haya utilizado este artículo para promover, mediante la gráfica, las retóricas que son atacadas en el mismo y que **L** lo haya replicado en la justificación de su tesis. El caso es que el colectivo STEMCol se convierte en aliado de retóricas que resuenan con reduccionismos humanos y determinismos tecnológicos asumiendo la postura transhumanista de la US.

La visión lineal dibujada en la gráfica, se asocia entonces, a la visión *discapacitada de la humanidad*. Es decir, la *escuela tradicional* forma *discapacitados*, pero STEM puede formar *transhumanos con capacidad de pensar exponencialmente* y así *hacer el bien en el mundo*. STEM, por tanto, se práctica retóricamente mediante esta gráfica como un catalizador que acelere el *despegue hacia el futuro*. El ideal del *perfeccionamiento*, por tanto, no es más que un deseo de *escapar* de lo tradicional, de lo humano. La gráfica, presentada en webinars de **Z** y STEMCol y en la sustentación de tesis de **L** en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, representa ese escape, el salto hacia el futuro a través de la educación STEM.

Para L, implícitamente, la *discapacidad* producto de la educación tradicional y la visión lineal es causada porque la escuela no ha cambiado ya que sigue bajo un régimen memorístico donde el profesor es quién tiene el protagonismo en el aula:

[...] Si hoy en día esa tecnología ha avanzado mucho y si uno se pone a comparar muchas cosas pues ha cambiado y que lo único que no ha cambiado las escuelas, la misma forma de educar sigue siendo la misma, pues seguimos plasmados en una educación memorística, en la educación en la que siempre se evalúa qué tanto se está memorizando el estudiante, eh?

Como que se limita a que el estudiante aprenda lo que el profesor está escribiendo en su pizarra. Sí, y como que se le da el protagonismo al profesor. Entonces uno siempre escucha a los chicos. Como que, no es que el profesor me dijo que estaba así entonces está bien porque el profesor me dijo. Entonces el profesor le dice pues no sé, equis cosa. Entonces el estudiante dice bueno, es que el profe me dijo que es así, entonces está bien. Pues lo que no queremos es eso. Entonces por eso yo considero que es como claro el mensaje en esa gráfica es bueno, la vaina está avanzando así, eh, va, va a seguir avanzando y la educación hoy en día no responde a esos requerimientos de hoy en día. O sea que yo considero que la educación en muchos casos sigue siendo muy precaria, muy, muy obsoleta. Y eso también lo vivo yo hoy en día en temas laborales como que la nueva tecnología de hoy, la nueva industria, la empresa de hoy que requiere personas que puedan atacar necesidades como, venga, necesitamos hacer esto aquí no se que usted como ingeniero, usted como médico, usted como filósofo, como investigador, deme una solución para este problema. Sí, y es algo que aún no se tiene. Considero que a veces hasta en la educación universitaria todavía no puede llegar hasta ese alcance. (transcripción entrevista a L, p. 13)

Pero, si la Escuela Activa es la solución, que reitero es un enfoque que se lleva implementando por más de un siglo en aulas de todo el mundo ¿por qué *“aún no se tiene”* solución para los problemas? ¿acaso en el pasado y en el presente no hemos solucionado problemas? Los efectos de la gráfica son claros en L. La tecnología cambia, la educación no, por tanto, *enseñemos a través de la tecnología y para la tecnología*. De hecho, L le *añade más realidad* al mensaje de la gráfica utilizándolo como justificación para el proyecto de *Robótica y drones en educación STEM*, donde *el talento* de los estudiantes *se necesita* para transformar la sociedad y *seguir adelante* mediante el aprendizaje sobre cómo diseñar y ensamblar un dron social o benéfico. El dron, por tanto, termina por añadir esa *carga de realidad* que STEM necesita para afianzarse en el ámbito de la educación científica. Tal como diría Latour (1990): “La tecnología es una sociedad hecha duradera”.

Esto me recuerda al ejemplo de las llaves de un hotel europeo, al que Latour (íbidem) recurre, para argumentar como una afirmación, “*por favor deje las llaves de su habitación en la recepción*”, va acompañada de tecnologías que recuerdan u obligan al huésped (independiente de su lenguaje) a que definitivamente ponga atención al mensaje de la recepción. Las llaves son pesadas e incómodas de portar, por tanto, el huésped se ve persuadido por esta incomodidad a que definitivamente deje las llaves en la recepción, es decir, la materialidad que le da peso a las llaves y que hace que el huésped sea persuadido a dejar las llaves le añade realidad a la afirmación. La realidad añadida, explica Latour, comienza con una primera *carga*: el imperativo gramatical del mensaje “*deje las llaves*”; la segunda carga es la inscripción en el letrero; una tercera es el “*por favor*”, y la materialidad que le da peso a las llaves es una cuarta *carga*. Un huésped persuadido simplemente detonaría el *programa de acción* dispuesto por el administrador del hotel. El *antiprograma* estaría nutrido por variables como el estado del humor del huésped o que tanto el recepcionista sea controlador, o la resistencia del huésped a seguir las “*órdenes*” o que simplemente decida desprender el peso de las llaves y desobedecer, por ejemplo. El *anti anti programa* sería que el diseñador del dispositivo de las llaves soldara este peso para que sea aún más difícil *desobedecer* el programa de acción al que invoca la afirmación del letrero.

En el caso de L, a las cargas que provienen de las trayectorias de vida de Z y T sobre el *imperativo* de *educar en/con STEM* para escapar de la educación tradicional y de una vez por todas llegar al anhelado progreso y, así mismo, de las cargas que provienen desde finales de los 90’s cuando en la NSF se inventó el acrónimo, se les añaden las cargas asociadas al mensaje de la gráfica, suficientes para detonar el *programa de acción* STEM haciendo que estudiantes de estratos socioeconómicos 1 a 3 de colegios públicos y privados sean invitados a aprender a diseñar y ensamblar drones con un propósito benéfico. Entre emociones, pasiones, necesidades, promesas, resistencias, circunstancias imprevistas y lo físico de las múltiples materialidades que configuran la red STEM se hace cada vez más real lo que se interpreta por el acrónimo cada vez que viaja a un lugar distinto.

Migrar del mundo real al mundo virtual: poder, cajas negras y cuerpos cyborgs.

La más extraña *migración* de la humanidad; una *migración humana inmóvil*. En el contexto pandémico del 2020, **L** y **N**, toman la decisión de continuar con el proyecto que había ya comenzado en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, donde 35 estudiantes se presentaron para vivir esta experiencia de aprender a ensamblar un dron *en educación STEM*. **N** se encontraba por entonces estudiando en la Maestría de Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Colombia y gracias a sus compañeros de cohorte quienes invitaron a los estudiantes de los colegios respectivos donde laboraban, lograron inscribir 80 estudiantes. Sin embargo, el curso gratuito estaba pensado sólo para 20.

Los criterios de selección fueron poblaciones de estrato socioeconómico 1 a 3 y, se les dio prioridad a las chicas quienes no tuvieron que presentar un examen diagnóstico de selección³⁵, como sí lo hicieron los chicos, cumpliendo parcialmente así con un parámetro STEM al lanzar su programa de acción que busca la inclusión de las mujeres y de otras comunidades consideradas *minorías*. Al final, a principios de marzo de 2020 estos 35 chicos y chicas lograron entrar a las instalaciones de la Universidad de los Andes. Esta institución educativa les pedía a **N** y **L**, como requerimiento, tomar un curso de ética social para trabajar con menores y por supuesto una serie de permisos necesarios para poder generar un *espacio seguro* para los y las estudiantes. La ilusión de los chicos y chicas de estar en los laboratorios de Ingeniería de una universidad renombrada se veía encarnada rodeando mesones sobre los cuales se mostraban organizados los materiales que posteriormente iban a manipular para ensamblar un dron. Entre hélices, motores, cables, un dron modelo ensamblado por **L**, como

³⁵ De acuerdo a **L**, el análisis del rendimiento en la prueba diagnóstica mostró que constaba de 13 puntos con preguntas abiertas y de selección múltiple, algunas requiriendo cálculos aritméticos básicos. Estas preguntas buscaban validar conocimientos fundamentales sobre tecnología, geometría y matemáticas. Cerca del 80 % de los estudiantes expresaron haber programado en lenguajes como Java, Python, Arduino y HTML, pero sin aplicar pensamiento lógico o desarrollar habilidades para estructurar la programación. El promedio de puntaje obtenido fue de 2.81 sobre 5, indicando un nivel de desempeño insuficiente según la rúbrica de evaluación. Persiste la brecha de rendimiento asociada a la condición socioeconómica, donde los estudiantes de colegios privados y estrato alto obtuvieron mejores resultados que los estudiantes de colegios públicos con menos recursos.

ejemplo de *sí se puede*, y las miradas de los chicos y chicas cruzándose por estas materialidades, se cernía la *búsqueda de talentos* para alejarlos de la educación tradicional y quizá enseñarles a *pensar exponencialmente* o, también, a experimentar un *nuevo tipo de educación* que dé cuenta de las necesidades de la 4a Revolución Industrial y la fuerza laboral necesaria para sostenerla.

Sin embargo, el virus SARS cov-2 impediría que el curso continuara como estaba planeado³⁶. La mayoría de la humanidad se confinó en sus casas. La *movilidad* se limitó. Para L, parar no era una opción por la presión misma de obtener su grado de maestría y nutrir así, su propia *movilidad social*, pero también para promover la *movilidad social* de estudiantes con talento STEM. La estrategia para retomar el curso fue crear un video *brochure* estimulando a los *chicos*³⁷ a *seguir adelante a pesar de la coyuntura*, a superar los *retos donde la universidad se redefine* y la *ingeniería sigue para afrontar toda la crisis* causada por la pandemia. Al final del video, L sale en los campos de la Universidad Nacional volando el dron (ver Figura 8) que él mismo construyó y que reposaba en la mesa de los laboratorios de ingeniería de la Universidad de los Andes bajo la mirada ilusionada de los y las estudiantes en aquel sábado de marzo. El vuelo del dron en esa imagen y la ilusión de los y las estudiantes iban en *ascenso*.

³⁶ Según los cálculos de L y N, con 7 sesiones presenciales hubiera bastado para la completud del curso, no obstante, sólo una sesión presencial pudo realizarse que fue el sábado anterior antes del confinamiento causado por la pandemia del virus Sars-cov2 en marzo 2020. El curso se retoma virtualmente en junio de 2020 y termina en noviembre del mismo año con la entrega de los certificados o diplomas de participación.

³⁷ A lo largo del video no se utiliza explícitamente a las *chicas*, cuando ellas eran las invitadas especiales. El programa de acción proveniente de Estados Unidos en el que STEM debe ser un medio para acercar a las chicas a las disciplinas del acrónimo y además vincular poblaciones marginadas, encuentra aquí un *anti-programa* quizá inconsciente por parte de L, N y demás profesores invitados a hablar en el video, a pesar de que el programa de acción se nutre al eximir a las chicas de un examen diagnóstico. Así mismo, durante las clases virtuales las *chicas* eran tuteadas por L y N, mientras que los chicos no.



Figura 8 L volando el dron ensamblado por él mismo al final del video promocional para retomar el curso de robótica y drones esta vez en ambientes virtuales. El ascenso representado materialmente por el vuelo del dron en el campus de la Universidad Nacional y por la mirada de L quien sigue el ascenso de su robot, es una metáfora también para el ascenso social de los estudiantes quienes fueron invitados a prepararse para las carreras del futuro. (Captura de pantalla del video promocional del curso, cortesía L)

Por fin, el curso continuaba en Junio de 2020 en un ambiente extraño, la virtualidad. La gran mayoría de estudiantes, profesores y trabajadores alrededor del mundo, se volverían a *ver* a través de softwares para realizar videollamadas y reuniones virtuales. Para Z, esto significó la *más grande migración de la humanidad*:

-[...] con el tema de la pandemia, muchísimos de los docentes tuvieron que someterse a la migración más grande de la humanidad. Yo eso se lo escuché a alguien, eso no es idea mía. Que la migración más grande de la humanidad pasó en una pandemia. Que son más de 2000 millones de personas quienes tuvieron que emigrar del mundo real al mundo virtual, entre ellos docentes, padres de familia, estudiantes, directivos, empresas con todo su grupo laboral y demás. Eso fue un tema impresionante. ¿Y eso que conlleva desde el punto de vista del aprendizaje y de la perspectiva del ciudadano frente al mundo? (transcripción entrevista a Z, p. 8)

La virtualidad en estos ambientes nos dispuso en forma de rejilla (ver Figura 9), nos dio la opción de *dejar ver* o no nuestros rostros con solo un click en el logo de una cámara, nos permitió construir *avatars* a través de imágenes o fotos de nosotros mismos con filtros o no,

imágenes de las cosas con las que podríamos sentirnos identificados en un momento dado o simplemente dejar nuestros nombres sin imágenes, como señal de nuestra *presencia en el mundo virtual*. Así mismo, permitió transformar nuestras casas o darnos una biblioteca ensoñada con tan solo utilizar filtros de los fondos detrás de nosotros. Allí, es aún más latente esa descripción de *cyborg* a la que Donna Haraway se aventuraba a inicios de los 90's: nuestra relación con la tecnología es tan íntima que es difícil decir dónde termina nuestro cuerpo y donde comienza la máquina. Es como si nuestra *discapacidad temporal* para movernos a nuestros lugares de trabajo o de estudio, se viera *mejorada* por unos algoritmos haciendo alusión al transhumanismo discutido en la sección previa. Seres híbridos cuyos cuerpos se *cajanegrizaron*. Así mismo, la necesidad misma que emerge del miedo del estancamiento o el moverse por moverse (visto en el Capítulo 1) detona esta migración: *parar no es una opción*.

Durante la primera sesión de la clase los únicos con la cámara prendida eran **N** y **L**, vestidos con bata y gafas de seguridad como símbolos de la rigurosidad que se debe tener en los laboratorios, como si estuvieran aún en el laboratorio de Uniandes. Al pasar un par de sesiones más las batas y gafas desaparecerían y la ropa particular haría presencia. Sin embargo, se mantenían constantes desde la primera sesión hasta la última que los y las estudiantes e inclusive yo, como observador, mantuviéramos nuestras cámaras apagadas. No fue una condición dada desde el principio, **N** y **L** jamás establecieron alguna regla sobre las cámaras, como sí ocurría en ambientes de educación formal donde los/las docentes exigían de sus estudiantes la cámara prendida generando tensiones (Pischetola, et al. 2021) a la par con otras prácticas que impactarían la forma de enseñanza/aprendizaje durante la pandemia.



Figura 9 Disposición en rejilla de ambientes virtuales como Zoom. El cuerpo de L es el único que se ve parcialmente. El de los estudiantes y el mío cajanegrizados a voluntad. Rostros y nombres ocultos para respetar el anonimato.

Mi plan para observar cómo los cuerpos *practicaban STEM* tomaría otra trayectoria. Los cuerpos eran *cajas negras* para mí. Voces, fotos, avatars, aplausos y carcajadas visuales (y no sonoras) y el cursor de la pantalla moviéndose serían las traducciones de esos cuerpos mientras los chicos y las chicas estaban inmersos en la *educación STEM* en ambiente virtual. Pantallas *congeladas*, voces intermitentes y hasta *robóticas* como señal de estar perdiendo la conexión, largas jornadas de estudio y trabajo, espaldas y glúteos adormecidos y ojos agotados, fueron consecuencia de esta *migración*. Una encarnación de un *cyborg sentado* (o acostado en varios casos), contrario al *cyborg móvil* y andante de los teléfonos celulares. Todos quienes estuvimos inmersos en este mundo virtual sentimos una modificación de cómo el trabajo y el estudio iban afectando nuestro bienestar mental y corporal tal como reportan

Pischetola *et al.* (2021). La materialización corporal que conlleva *la migración a la* virtualidad se manifiesta en esta incomodidad. Sin embargo, para muchos el no tener que movilizarse por ciudades atestadas de vehículos, como es el caso de Bogotá, fue un beneficio ya que también se sentía satisfacción de evitar la ansiedad de llegar puntuales a clase, aunque en varias sesiones este no fue el caso. El estrés y sus consecuencias fisiológicas y psicológicas están presentes en la *movilidad* y la *inmovilidad*.

Por otro lado, un factor importante para los y las estudiantes para continuar con el curso en modalidad virtual era el acceso a una buena conexión y contar con un dispositivo como celular o computador. La gran mayoría de estudiantes tenían que compartir con sus familiares el único computador que tenían en casa y varios desistieron de continuar con el curso precisamente por falta de estos recursos. *Migrar* a la virtualidad STEM no fue posible para todos, en este caso. Un reto más a las retóricas inclusivas de STEM. La *conexión a internet* y el acceso a dispositivos como *smartphones* o computadores personales se convierten en *objetos de poder* resonando con lo reportado por Pischetola *et al.* (2021).

-Yo considero que, bueno, hoy estamos en un proceso largo. Fue un tema desde que comenzamos el curso en la presencialidad. Sí ya, se vino el covid y toda esta vaina, la emergencia. Entonces nosotros en algún momento pues decidimos hacerlo desde la virtualidad y también nos tocó volverlos a contactar y si estaban de acuerdo y pues dijeron que sí, pero ahí también surge un factor importante y es que muchos chicos no respondieron. Sí, como que bueno, no sé si les llegó el correo, no sé si no tenían internet. No sé si no estaban interesados. Pero no les llegó, yo creo que también es por temas de pronto de conexión que no tenían cómo conectarse a internet. Entonces ya ahí comenzamos, a tener un menor número de chicos, participando. (transcripción entrevista a L, p. 6)

Adicionalmente, el trabajo en equipo para realizar el proyecto del dron también ayudó a integrar estudiantes que no se conocían y que, aún sin ver sus rostros, lograron culminar su proyecto. Fue posible diseñar y ensamblar un dron a través de *prácticas relacionales* (Johri, 2011) distintas a las presenciales. Varios grupos utilizaron whatsapp para reunirse en el espacio de una semana y cumplir con los retos que L y N les proponían sesión por sesión. Por supuesto, las casi 6 horas semanales invertidas en el curso no eran suficientes para diseñar,

renderizar³⁸ y ensamblar el dron. Lograr buscar los espacios para trabajar horas extras en grupo en pleno confinamiento representó un esfuerzo gigantesco de estos estudiantes y así mismo de **N** y **L** quienes tuvieron que dedicar varias sesiones extras a grupos quienes tenían mala conexión o quienes no pudieron asistir a sesiones por tener compromisos de otra índole. El bricolaje sociomaterial que propone Johri (2011) involucra aquí un *esfuerzo extra* por parte de estudiantes³⁹ y *coaches* que en varias ocasiones fue evitado gracias al registro audiovisual que permitía la plataforma virtual Zoom y que era subida luego en el Google Classroom para que los estudiantes pudieran acceder a ellas en caso de ausencia, distracción o *conectividad baja o lenta*. En el caso de esta última plataforma, el acceso se garantiza sólo si se está inscrito en la clase mediante correo Gmail.

[...] lo otro es que también pueden ver las clases, para eso estamos dejando las clases ahí. Sí claro, porque volver a retomar todo lo que hicimos la semana pasada con ese grupo pues es trabajo (**L**, charlando con **N** después de finalizar la sesión 7. Grabación de audio).

Me llama la atención un caso particular de una estudiante que estuvo ausente en unas cuantas sesiones y le envió un mensaje de voz por medio de whatsapp a **N** para excusarse. Las razones dan cuenta de contextos *fuertes* de los estudiantes, como los llamó **N**, al compartirme ese audio:

-Hola profe, espero que se encuentre bien, que tenga un excelente día. Profe era para contarle la razón por la que no había asistido a las últimas clases. Traté de asistir a la última, pero realmente no pude y es que... un amigo murió de sobredosis y me la he pasado yendo al hospital porque tenía que cuidarlo alguien pero finalmente no sobrevivió y anoche murió.

Eeeeem, aún así voy a continuar con el taller de drones, pero sí quería como pues excusarme prácticamente de que no había ido... (mensaje de voz de la estudiante a **N**)

Las ausencias no necesariamente se dieron por falta de conectividad sino por situaciones que, como ésta, exceden cualquier mal funcionamiento de la tecnología y que dan cuenta de la realidad de muchos de estos estudiantes. A pesar de esta coyuntura, la estudiante decide

³⁸ Renderizar es un proceso de diseño donde se realiza una síntesis de imagen, generando una imagen fotorealista 2D o 3D utilizando un software especializado para ello. En este sentido, los estudiantes del curso aprendieron a renderizar el dron en softwares de libre acceso.

³⁹ Y así mismo de sus familiares quienes también probablemente necesitaban el único computador de la casa, generando tensiones o empatía y solidaridad.

continuar en el curso durante unas sesiones más, pero finalmente abandona y no termina. Esto evidencia que el curso de robótica y drones en STEM puede ser un *espacio seguro* como aquellos que mencionaba T cuando aún no se había encontrado a STEM durante su experiencia laboral en municipios de Colombia.

Las grabaciones de las sesiones fueron un elemento *democratizador de enseñanza-aprendizaje* en cuanto a la accesibilidad para quienes no lograron conectarse por algún motivo. Pero también un *ahorro de trabajo extra*. En un aula de enseñanza-aprendizaje esto puede traer ventajas y desventajas. La ventaja aprovechada por estudiantes interesados es que tienen acceso constante y sin mayores restricciones a un trabajo autónomo de lo visto en la clase y así repasar y solventar dudas mediante el video de la clase grabada. Una desventaja podría ser que se puede multiplicar el tiempo de esfuerzo y la falta de interacción con los *coaches*, en este caso, puede dejar más dudas que soluciones. Ante esto, L y N, siempre mostraron disposición de personalizar esas necesidades a pesar del recurso grabado. Para L, durante su sustentación de su proyecto de tesis, las ventajas se concentraron en *prácticas relacionales* en cuanto mayor trabajo en equipo, adaptabilidad al entorno y realización de más actividades; las desventajas, a procedimientos lentos y problemas de conexión. Los cuerpos cyborgs de *coaches* y estudiantes (incluido el mío como investigador) quedarían disponibles en el espacio-tiempo virtual, guardados en *la nube*, como facilitadores de información, como otro andamiaje extra que no está presente en el modelo de la presencialidad.

Migrar a la virtualidad, implica una materialización de una incomodidad fisiológica y psicológica de nuestros cuerpos que, a su vez, se *cajanegrizan* impidiendo ver el cuerpo real pero permitiendo visualizar aún más el cuerpo *cyborg* que, entre algoritmos, permanece grabado en el tiempo-espacio virtual o que se expresaba en algunas ocasiones con voces *robóticas*, *aplausos* y *carcajadas silenciosas* o *manos levantadas* para pedir la palabra. Esto llevó a explorar modalidades distintas de *prácticas relacionales* para llevar a cabo el proyecto de ensamblado de drones que encontró en el aislamiento causado por la pandemia un detonante. Pero acceder a esta *migración* sólo es posible mediante *objetos de poder* como un *smartphone*, un computador y lo más importante, una *conexión a internet*. Quien no cuente

con ellos difícilmente podrá ser incluido. Esta previsión pareció *salirse de las manos* para **L** y **N** quienes debieron continuar el proyecto con lo que *tenían a la mano*.

La caja viajera: mover laboratorios, evitar riesgos y traducir protocolos y estándares

Por lo pronto, recibir las clases estaba parcialmente resuelto con el auge de plataformas virtuales que simulaban un aula real de clase bajo una organización mediada por algoritmos y que fueron discutidas en la sección previa. La *conexión a internet* facilitó el acceso a este tipo de educación STEM que **L** y **N** promovían con tanta pasión, pero que dejó por fuera a varios chicos y chicas por no tener los dispositivos necesarios o los recursos a un acceso decente al *mundo virtual* o más puntualmente, al aula virtual STEM que **L** y **N** lograron configurar con los recursos a la mano. ¿Cómo lograr que tantos estudiantes aprendieran a ensamblar un dron y tener acceso a todas las materialidades necesarias bajo las estrictas normas del confinamiento causado por la pandemia del COVID-19?

La *caja viajera* sería la solución (ver Figura 10); una muestra más de la necesidad del movimiento en la educación STEM marcada por el programa de acción que busca en la educación científica la *vía* hacia el *progreso*, el *ascenso* y el *escape*. El movimiento aquí es local, situado entre Bogotá y otros municipios aledaños donde pertenecían los estudiantes, como San Antonio del Tequendama o Soacha. Lograr *ensamblar* este dispositivo (la *caja viajera*) fue un esfuerzo extra de **L** y **N** quienes debieron trasnochar para poder cumplir con las promesas realizadas a estos estudiantes invitados durante las medidas de restricción de movilidad dadas las condiciones de pandemia. Los recursos eran limitados ya que su financiación dependía de la Universidad en la que **L** estaba realizando su maestría. Ocho cajas para ocho grupos con los materiales necesarios para ensamblar un dron. Las cajas debían ser devueltas al final del curso, pero esta vez con un dron ensamblado.



Figura 10 La caja viajera. Un recurso para mover el laboratorio a las casas de los y las estudiantes. Los materiales dispuestos en mesas un día de marzo de 2020 en los laboratorios de la Universidad de los Andes, serían organizados en distintas cajas viajeras. Se distribuyó una caja por grupo, no por individuo. Durante la pandemia, esta caja fue enviada a través de los servicios de entrega los cuales tuvieron alta demanda. (Foto cortesía L como recurso para su sustentación de tesis).

El *ascenso* y el *vuelo* del dron, venía desensamblado: hélices, un control remoto, cables, motores, controladores de vuelo, variadores de velocidad, baterías, cinta aislante, amarres, regletas de conexiones, guantes y multímetros. Así mismo, una malla de seguridad, tubos de pvc y una gramera para ensamblar lo que sería una *estación de trabajo segura* (ver Figura 11). Esto último es importante puesto que no existía un control real por parte de L y N de los posibles riesgos a los que los estudiantes podían experimentar, como por ejemplo, que las hélices mal ensambladas salieran volando en la sesión del laboratorio de motores o que las hélices golpearan los dedos de los estudiantes. De cierta forma, esta estación representaría el lugar donde lo más fundamental del vuelo del dron comenzaba a ensamblarse mediante el *laboratorio de motores* que se describe mejor en el siguiente apartado *Ensamblando el vuelo potencial*. En este laboratorio minimalista el riesgo era latente, sin embargo, una malla dispuesta a manera de cubo y enmarcada por los tubos de pvc sería suficiente para *minimizar* estos posibles riesgos.



Figura 11 Estación de trabajo para el laboratorio de motores. Formado de una malla y tubos de pvc con configuración cúbica, sería un espacio seguro donde los riesgos serían minimizados. Su simpleza y modularidad permiten que sea transportable (captura de pantalla del video tutorial de cómo ensamblar la estación de trabajo, cortesía de L)

Los laboratorios de ingeniería electrónica usualmente son espacios que proporcionan un entorno controlado y equipado para la fabricación, ensamblaje y prueba de los principales productos que emergen de allí, como prototipos de robots y drones. Allí, las prácticas son diversas, como la selección de componentes, el corte, el mecanizado, la impresión en 3D, la programación y la prueba de estos prototipos, todo bajo protocolos y estándares de seguridad. Para el caso del curso de robótica y drones en educación STEM en el contexto de la pandemia por COVID-19, el laboratorio se desensambla para volverse móvil. No sólo eso, también se dispersa. Las mesas de los estudios o del comedor de las casas de los estudiantes (ver imagen 12) sirvieron para diseñar, renderizar, seleccionar componentes, programar y mecanizar el dron.

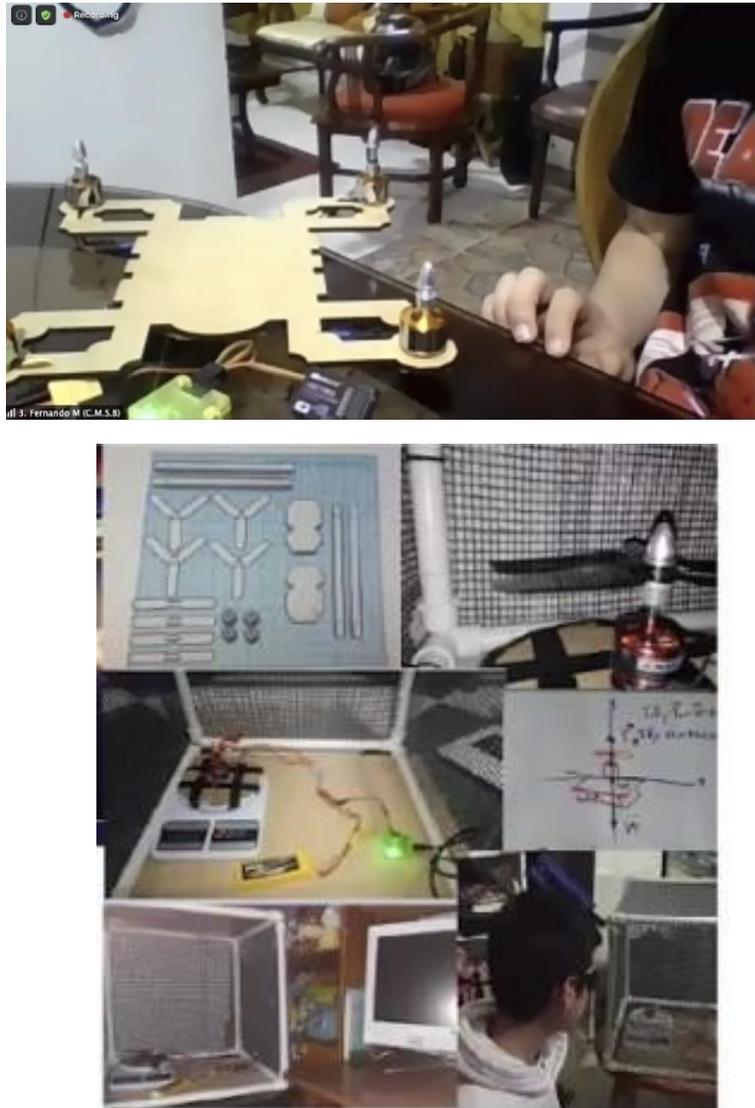


Figura 12 Estación de trabajo en la casa de los estudiantes donde el proceso de diseño, programación, renderización, prueba de motores, selección de componentes y ensamblado final fue llevado a cabo entre las mesas de comedor y de estudio (imágenes cortesía L).

Sin embargo, el proceso de corte de la estructura principal del dron se llevó a cabo en cualquier papelería de barrio que ofreciera este servicio (ver Figura 13). Las tecnologías de impresión 3D y corte con láser de acuerdo al diseño renderizado se han democratizado lo suficiente hasta el punto de ser de fácil acceso para cualquier persona en cualquier barrio. Sin embargo, los estándares y protocolos de seguridad propios de los laboratorios de ingeniería electrónica de repente se diluyen en lo mundano. Los riesgos en ese contexto eran latentes, no sólo en el laboratorio de motores mientras se probaban los tipos de motores y hélices, sino en el riesgo de contraer el virus SARS cov-2. En el primer caso, la probabilidad de herirse los dedos, la cara o la cabeza era muy alta a causa de que una hélice y/o motor se desajustara

y saliera despedido por las altas revoluciones a las que era sometido en el laboratorio de motores. Para esto, los *coaches* recomendarían el uso de los guantes y las gafas (incluidos en la caja viajera) y como mencionaron alguna vez, *entre chiste y chanza*, de ollas o cascos de bicicleta para la protección de sus cabezas (no incluidos en la caja viajera).



Figura 13 Estructura principal de un dron debidamente cortada de acuerdo al dron renderizado. Este proceso fue llevado a cabo en cualquier papelería que ofreciera el servicio de corte o impresión 3D que quedara próxima a las casas de los estudiantes (imagen cortesía de L)

En el segundo caso, los y las estudiantes terminaban trabajando juntos en la casa de alguno de ellos/as bajo el consentimiento de las familias con la condición de que se practicaran los protocolos de desinfección de zapatos y manos con alcohol, prácticas que se globalizaron debido a la pandemia. En estos casos, **N** y **L** recomendaban el distanciamiento. Sin embargo, al no poder controlar del todo las acciones e iniciativas propias de los estudiantes decidieron *curarse en salud* y ceder la responsabilidad a los estudiantes y sus familias. Para estos grupos en particular que recurrieron al trabajo en equipo presencial en la casa de alguno de ellos, las *prácticas relacionales* que menciona Johri (2011) se modificarían condicionados a las prácticas de desinfección por el contexto pandémico. De cierta forma, los estándares y protocolos de los laboratorios de ingeniería electrónica de la Universidad de los Andes se tradujeron a los

protocolos de desinfección condicionados por la pandemia en las prácticas mundanas de visitar la casa de algún compañero/a para trabajar en equipo y así mismo a las advertencias orales de **L** y **N** del autocuidado utilizando *lo que se tuviera a la mano*.

En otro caso, la caja viajera viajó en bicicleta gracias a la solidaridad de un estudiante quién se ofreció para transportarla entre las casas de miembros de otros grupos distintos, para que todos pudieran manipular los materiales y participar del proceso de ensamblado del dron. En este caso, la movilidad de la caja viajera permitió que emergiera este tipo de gesto de solidaridad, a riesgo de contagio. Afortunadamente, ningún estudiante sufrió accidente alguno o contagio durante la práctica del ensamblaje de drones.

Al final, la caja viajera, materialidad fundamental en este curso de robótica y drones, permitió que los integrantes de los ocho grupos manipularan los materiales necesarios para el ensamble de drones en sus distintas fases. Así mismo, emerge el riesgo ante la dilución de estándares y protocolos de seguridad (propios de los laboratorios de la Universidad donde inicialmente se iba a realizar el curso) en prácticas mundanas, que terminan por traducirse con protocolos de desinfección determinados por el contexto de pandemia o advertencias verbales de parte de los *coaches*. El laboratorio de Ingeniería Electrónica de la Universidad se desensambla en cajas viajeras, mesas de comedor y estudio, computadores personales, softwares de libre acceso, grupos de whatsapp, tubos de pvc y mallas, guantes y papelerías de barrio con tecnologías de impresión 3D y corte con láser. Este proceso de desensamble se sostiene por *prácticas relacionales* mundanas distintas y particulares de acuerdo a las circunstancias, pero sobre todo, caracterizado por el *bricolaje socio-material* (Johri, 2011).

Ensamblando el vuelo potencial: Newton, motores y hélices, tarjeta de vuelo y el ascenso social.

En este apartado, me gustaría presentar el proceso de ensamble del vuelo, tanto en un sentido físico como metafórico. En primer lugar, el proceso físico se lleva a cabo en el laboratorio de motores, donde se decide qué tipo y cantidad de motores y hélices se utilizarán en el dron social. Durante este proceso, se aprenden las leyes de Newton mediante análisis empírico, ayudado por materialidades como grameras, variadores de velocidad, tablas y

gráficas, que encarnan *prácticas representacionales* (Johri, 2011) que ayudan a ensamblar el vuelo. Así mismo, en otra sesión los y las estudiantes aprendieron a programar la tarjeta de vuelo utilizando un software de libre acceso.

En segundo lugar, el ensamble metafórico del vuelo se lleva a cabo a través de una interpretación de *diagramas de cuerpo libre*, los cuales permiten explicar las *fuerzas de sustentación* que están involucradas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la interacción humano/no-humano con tecnologías STEM. Así mismo, el ensamble metafórico del vuelo se complementa con una charla impartida por un invitado de **L y N**, PhD en Física, investigador postdoctoral en el CERN⁴⁰ y reconocido por su notable *ascenso social* en los campos STEM. Finalmente, el vuelo se ensambla con las proyecciones de los y las estudiantes sobre su orientación profesional. El *irse* del país para perseguir sus sueños STEM, termina por ser un sinónimo del *vuelo alto*.

El vuelo físico comienza a ensamblarse una vez la *estación de trabajo* hecha de tubos de pvc, mallas y amarres está armada. Esta fase es indispensable para poder realizar el laboratorio de motores que ayudará a estudiantes a entender las leyes de Newton aplicadas al vuelo del dron y a la funcionalidad social de éste. Las materialidades necesarias son una gramera, diferentes tipos de motores y hélices, el variador de velocidad, cinta, cables, y una batería para darle energía a los motores (ver Figura 14).

⁴⁰ Centro Europeo de Investigación Nuclear. El CERN se ubica entre Francia y Suiza y es escenario para que múltiples investigadores de diferentes nacionalidades indaguen sobre las propiedades y comportamientos de las partículas subatómicas de la materia, principalmente.



Figura 14 Materialidades necesarias para iniciar el ensamble del vuelo del dron. En la imagen de la izquierda, los distintos tipos de motores y hélices, cables, variador de velocidad, tarjeta de vuelo y baterías. En la derecha, una gramera para medir cómo los motores y las hélices ejercen fuerza a medida que se varía la velocidad del motor a través del variador de velocidad.

La sesión inicia con el propósito de la clase enunciado por L el cual consiste en medir la fuerza del motor a diferentes velocidades. Simultáneamente, L compartía por la pantalla dos tablas de dos columnas cada una donde los estudiantes iban a recolectar sus datos. En la primera tabla, cada columna indica las dos variables relevantes a relacionar: velocidad y peso (ver Figura 13). En la segunda tabla, se tienen en cuenta los parámetros necesarios para caracterizar el motor y las hélices (ver Figura 15). Las velocidades fueron determinadas por L, ya que exceder la velocidad aumentaría el riesgo de que el motor se desprendiera de las cintas que lo ataban a la gramera. En este caso, el riesgo tenía un valor cuantitativo, representado por más de 1600 milisegundos.

Velocidad(ms)	Peso(g)	Ref. motor	
1200		Controlador	
1250		Voltaje Batería	
1300		Hélice	
1350		Sentido giro Motor	Horario / antihorario
1400		Posición de la Hélice	
1450		Tara <u>gramera</u>	
1500			
1550		Escenario en movimiento	
1600			

Figura 15 Tablas de recolección de datos. La tabla de la izquierda relaciona la velocidad del motor con el peso que ejerce sobre la gramera. Las velocidades fueron dadas por L para evitar riesgos. La tabla de la derecha relaciona los parámetros necesarios para caracterizar el motor y las hélices bajo el escenario de la Segunda Ley de Newton.

El fenómeno que estaban analizando estaba enmarcado en la afamada Segunda Ley de Newton que establece la relación de variables cuando un cuerpo está en movimiento. Lo que las y los estudiantes estaban aprendiendo era una aplicación de esta ley, la cual establece que la sumatoria de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo son iguales a su masa por la aceleración. La aceleración en este caso, está dada por la fuerza de la gravedad como fuerza que es antagonista al vuelo y que se toma como constante con un valor de 9.8 m/s^2 . Sin embargo, la variación que tiene la fórmula clásica de Newton presentada por **L** es precisamente la fuerza que permite el vuelo, la fuerza de sustentación representada como F_s . Por tanto, el valor que es medido por la gramera debe ser multiplicado por el valor de la gravedad y ésta dará como resultado un valor en Newtons (unidad para medir las fuerzas en honor a Isaac Newton quien infirió estas leyes) y así, obtener el valor de la fuerza de sustentación mediante la ecuación representada en la Figura 16. En este caso, los valores deben ser negativos puesto que la fuerza de sustentación es antagónica de la fuerza de gravedad. En teoría, la función es lineal. Eso quiere decir que al aumentar la velocidad así mismo aumentará la fuerza de sustentación proporcionalmente.

$$\sum \vec{F} = m \vec{a} = F_s$$

Figura 16 Segunda ley de Newton representada sintéticamente en esta ecuación donde la sumatoria de las fuerzas ($\sum F$) que actúan sobre un cuerpo es igual a la masa (m) de éste por la aceleración (a). Para efectos del curso, la fuerza equivalente es la fuerza de la sustentación (F_s) la cual es la responsable del vuelo.

Con estos dispositivos y materialidades a la mano, los y las estudiantes podían experimentar con los diferentes motores y hélices y así, empíricamente, tener evidencias para construir un criterio sobre qué motores y hélices eran los más apropiados para que el dron cumpla su función benéfica o social. Cada grupo debía presentar su experimentación ante **L** y **N** y los otros grupos. No faltaron malas interpretaciones de la ecuación, unidades de medida mal relacionadas, cables mal conectados, baterías descargadas a pesar de que era la primera vez que se usaban, grameras descalibradas o imágenes de la estación de trabajo con luz *muy bajita* porque en la casa del estudiante que estaba presentando era la circunstancia. Para todas estas situaciones surgían hipótesis tanto de los *coaches* como de los demás estudiantes tratando de darles solución y alejándose, quizá, de la precisión de los resultados que se esperaban con lo que predecía la Segunda Ley de Newton.

La *universalidad* del conocimiento científico en forma de leyes y su aplicación, terminan muchas veces por ser mediadas por prácticas mundanas donde la *ley* no funciona por el contexto propio de los laboratorios. En este caso, donde el laboratorio es móvil y disperso en mesas de comedor y estudio, grameras descalibradas, baterías descargadas o motores mal ensamblados a la gramera, la ley no puede aplicarse y por tanto su universalidad queda en entredicho.

Por otro lado, también hubo grupos que ensamblaron muy bien su estación de trabajo junto con la gramera y los diferentes tipos de motor y no tuvieron problema alguno en probar la segunda ley de Newton cada vez que aumentaban la velocidad del motor. En este caso, donde el laboratorio es móvil y disperso en mesas de comedor y estudio, grameras calibradas, baterías cargadas y motores bien ensamblados a la gramera, la ley puede aplicarse sin la necesidad de tantos estándares propios de los laboratorios donde se produce conocimiento

tecnocientífico, especialmente en el Norte global. Esto solo habla de que el conocimiento que se pueda extraer de estas prácticas queda supeditado a los objetos, técnicas y tecnología; y que a un estudiante le haya tocado la suerte de una gramera calibrada.

Adicionalmente, emergió la *creatividad* de los estudiantes con lo que *tenían a la mano* para presentar debidamente a sus *coaches* y demás compañeros y compañeras la experimentación. En el caso de un estudiante con una gramera descalibrada, se toma la decisión de tomar las medidas desde 3 g como si fuera 0 g. Es decir, la balanza estaba descalibrada por 3 g. Sin embargo, esto no fue un impedimento para realizar el laboratorio y obtener resultados que se aproximaran a la segunda ley de Newton, esta vez, de una forma no tan precisa o rigurosa.

Otro estudiante, por ejemplo, *se las ingenió* para colocar la cámara de su celular desde una vista superior para que todos pudieran ver con claridad los datos que la gramera iba arrojando mientras el motor aumentaba la velocidad (ver Figura 17). Esto produjo sonrisas de satisfacción en **L** y **N** quienes solicitaban que les enviaran fotos de toda esta *recursividad, ingenio o creatividad* como lo llamaron, para dar cuenta de que STEM precisamente hace emerger este tipo de habilidades en los y las estudiantes. Sin embargo, el *ingenio* sólo consistía en apoyar el celular en la malla superior cuadrando muy bien que la cámara quedara exactamente sobre un agujero de ésta. Otros estudiantes que presentaron posteriormente siguieron el mismo ejemplo. En otro caso, la madre de un estudiante fue quién sostuvo el celular mientras su hijo manipulaba los materiales, dejando escapar risas cuando **L** llamó la atención a su hijo cuando éste acercó sus manos a la hélice en revolución. Inmediatamente, el estudiante recordó vestir sus guantes y sus gafas entre sonrisas. Es como si el riesgo fuera gracioso.



Figura 17 Muestra de la recursividad o creatividad de un estudiante quién ensambló en su estación de trabajo la cámara de celular de manera tal que permitiera ver con claridad su experimentación ante sus coaches y compañeros y compañeras. L y N celebraron esta habilidad.

Al final de la sesión del laboratorio de motores, L hace un recuento de las habilidades que los estudiantes han adquirido en el curso STEM como *pensamiento crítico*, *trabajo en equipo* y *comunicación asertiva*, enfatizando que en un curso convencional este tipo de habilidades no se desarrollan, teniendo en cuenta la *distancia* o *virtualidad* que terminan siendo sinónimos en este caso. Así mismo, les pregunta a los y las estudiantes si le encuentran sentido a lo que aprenden. “¿Si tiene sentido saber de física, saber de matemáticas, saber interpretar los datos para poder solucionar los problemas de la vida real?” Algunos estudiantes hacen una intervención para describir la experiencia del laboratorio como *riesgosa*, *chévere*, *divertida* y *distinta* y le dan la razón a L de que efectivamente es muy importante saber de estas áreas para resolver problemas. Los y las estudiantes salen persuadidos de que STEM les permite acceder a este tipo de habilidades.

Durante la discusión al final de la clase, L hace una última pregunta sobre la utilidad de la ingeniería en el diseño. En respuesta, un estudiante comenta que en algunas empresas, el diseño de un producto no resuelve un problema real, sino que está enfocado únicamente en

la comercialización de ese producto. No obstante, una estudiante interviene en la conversación y ofrece una perspectiva más positiva de la ingeniería y sus fases de planificación y diseño, destacando la importancia de ahorrar costos, materiales y tiempo en el proceso. Además, refuta la opinión de su compañero, señalando que los productos diseñados por las empresas siempre son útiles, independientemente de que sean considerados triviales o no.

De repente, el *riesgo* vuelve a emerger. **L**, refuerza la opinión de la estudiante tomando como ejemplo el edificio Space⁴¹, mencionando que un error en la fase de diseño puede causar la muerte de personas. **N**, menciona otros ejemplos como el colapso del puente de Chirajara⁴² o el desplome del puente diseñado por militares que unía la Universidad Militar Nueva Granada con el Colegio Patria⁴³. La ingeniería, por tanto, es relevante en la educación STEM siempre y cuando se tenga en cuenta la rigurosidad de los cálculos en una fase de planeación. En el ensamble del vuelo del dron esto no debería ser la excepción, llamando la atención a un grupo que estuvo ausente en varias sesiones y el cual tenía un motor muy poco asegurado a la gramera aumentando los riesgos que pueden emerger como ya se mencionó en la sección previa. Al final, este grupo desertó del curso.

Al respecto, **L** y **N** hacen un reconocimiento a aquellos quienes han permanecido, exaltando la paciencia. Esto pareció resonar en un grupo donde al final de su presentación de la sustentación del laboratorio de motores muestran un mensaje de persistencia (ver Figura 18). En el caso de los y las estudiantes la *fuerza de sustentación* del proceso de ensamble del vuelo del dron social en STEM se traduce al esfuerzo y la perseverancia, de nuevo, *parar no es una opción*.

⁴¹ En la noche del 12 de octubre de 2013, tuvo lugar el derrumbe de la torre 6 del Edificio Space en Medellín, Colombia, que formaba parte de un complejo residencial, causando la muerte de 12 personas. Como medida de precaución, las autoridades locales ordenaron la evacuación del resto del edificio para prevenir un posible colapso adicional. El costo total de la construcción del edificio fue de más de 40.600 millones de pesos.

⁴² El colapso del puente Chirajara tuvo lugar el 15 de enero de 2018 en la Autopista al Llano, una sección de la Ruta Nacional 40 que une las ciudades colombianas de Bogotá y Villavicencio. El incidente resultó en la trágica pérdida de nueve trabajadores y ocho personas heridas.

⁴³ El 1 de febrero de 2015 colapsó el puente peatonal en la carrera 11 con calle 103 en Bogotá, Colombia. Según los informes, el costado occidental del puente se derrumbó, lo que provocó que siete personas resultaran heridas.

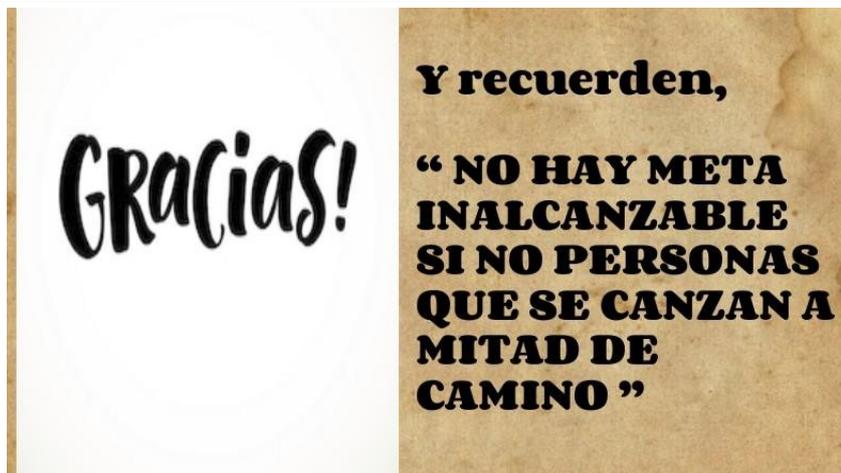


Figura 18 La persistencia como valor agregado al proceso de ensamble del vuelo

En la siguiente sesión los estudiantes sustentaron sus criterios mostrando las tablas con los resultados y los motores y hélices seleccionados. Así mismo, debían presentar dos diagramas de cuerpo libre con las fuerzas que actúan sobre el cuerpo tanto en reposo como en movimiento, como requerimiento para sustentar su entendimiento sobre la segunda Ley de Newton en el vuelo (ver Figura 19).

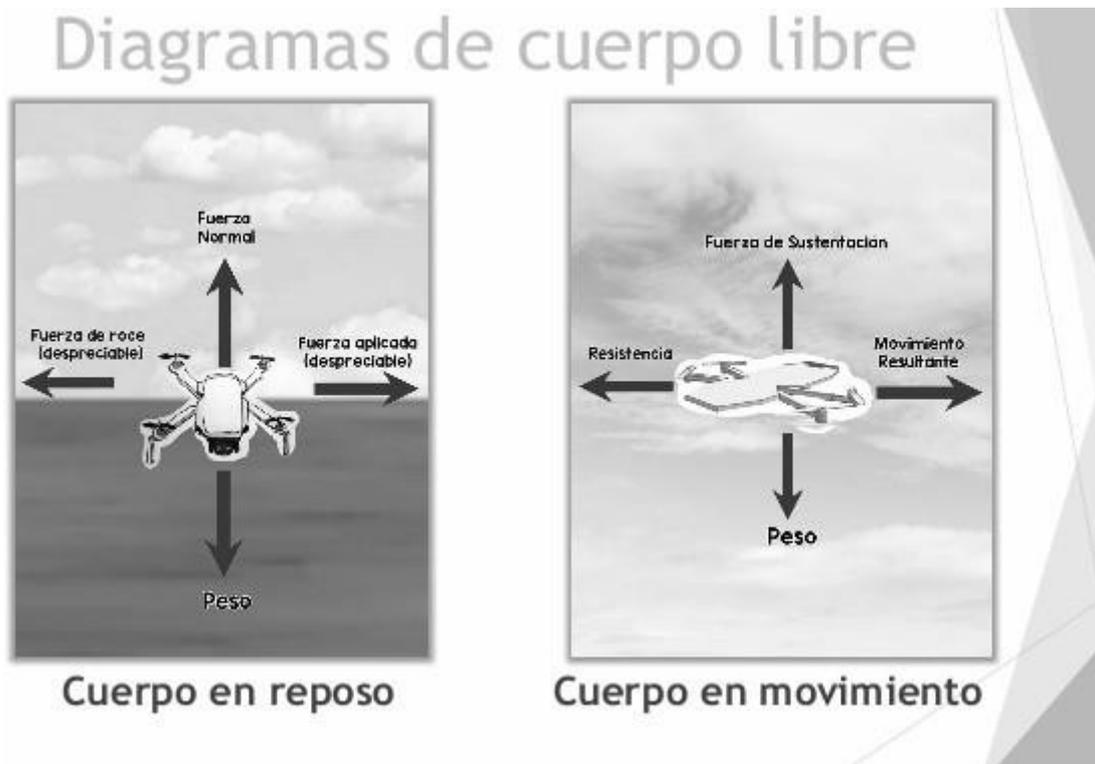


Figura 19 Diagramas de cuerpo libre de un grupo con un desempeño sobresaliente en la presentación de este laboratorio de motores. Cada diagrama muestra las fuerzas que actúan tanto para un cuerpo en reposo como en movimiento. (Imagen tomada del Google Classroom con autorización de L)

Este diagrama es nuclear en el entendimiento físico y metafórico del *vuelo* y del aprendizaje para lograr ensamblarlo, puesto que de la sumatoria de las *fuerzas* existen una o dos fuerzas que exceden a las demás permitiendo el movimiento. Por ejemplo, la fuerza de sustentación excede a la del peso en un eje vertical y la del movimiento resultante hacia la derecha excede a la resistencia con orientación hacia la izquierda. En un dron, la versatilidad de su vuelo le permite moverse hacia todos los ejes y direcciones sin mayor problema siempre y cuando lo anterior se cumpla. Esto me hace pensar, inspirado por el movimiento que un dron es capaz de hacer, que el *progreso* no tiene particularmente una dirección mientras exista el *movimiento*. De nuevo, el progreso pareciera ser *el miedo al estancamiento* o el *moverse por moverse*.

El lado metafórico de estos diagramas de cuerpo libre será trabajado más adelante en esta sección. En ellos sí quiero representar una orientación analógica a los diagramas de cuerpo libre que representan el movimiento ascendente hacia arriba (valga la redundancia) y el movimiento hacia adelante con orientación hacia la derecha. Las *fuerzas antagónicas* o que producen resistencia a estos movimientos, por tanto, serían hacia abajo y hacia la izquierda respectivamente.

Por lo pronto, continuemos con Newton y la comprobación de su segunda ley. En la sesión de sustentación del laboratorio de motores era fundamental presentar unas gráficas que demostraran que la Segunda Ley de Newton efectivamente es *universal* en cuanto predice que, en el caso del vuelo de un dron, la fuerza neta que actúa sobre el dron debe ser igual a la masa del dron multiplicada por su aceleración. Durante el vuelo de un dron, las hélices generan una fuerza ascendente (sustentación) que contrarresta la fuerza de la gravedad. La dirección y magnitud de esta fuerza ascendente depende de varios factores, como la velocidad de las hélices, la inclinación del dron y la masa del dron. Si la fuerza ascendente generada por las hélices es mayor que la fuerza de la gravedad, entonces el dron acelerará hacia arriba. Si la fuerza ascendente es menor que la fuerza de la gravedad, entonces el dron acelerará hacia abajo. Esto se representa con una relación lineal dibujada en las gráficas que, en lenguaje científico, debieron presentar los y las estudiantes (ver Figura 20). Es curioso que para representar la fuerza que permite *ascender* la curva que se dibuja vaya en descenso.

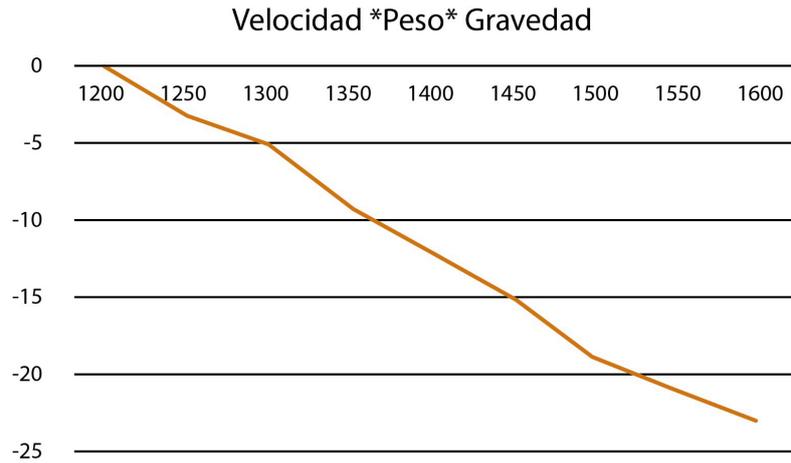


Figura 20 Gráfica que demuestra la segunda ley de Newton. Una relación lineal inversamente proporcional. Entre más velocidad le aplique a los motores y hélices, menor será el peso ejercido sobre la gramera.

Sin embargo, para **L** y **N** una práctica más rigurosa para coleccionar datos más precisos es invertir la dirección del motor. Es decir, si se invierte la dirección el motor producirá una fuerza hacia la dirección de la fuerza de gravedad, todo lo contrario al vuelo. Esto suena paradójico, ya que el vuelo es un movimiento ascendente. No obstante, por las circunstancias de *lo que se tiene a la mano* los datos serán más precisos ya que se mide mediante una gramera cuya función es medir masas. Así, este dispositivo será más preciso si cumple su función que, en este caso, se mide mediante el aumento de velocidad del motor y hélices causando una fuerza *hacia abajo* y por tanto la gramera podrá ser más precisa y así comprobar la Segunda Ley de Newton (ver Figura 21). Así, la fuerza descendente que está aplicando el motor y las hélices es antagónica al vuelo solo por conseguir mayor precisión con el instrumento con el que se cuenta. *El vuelo*, por tanto, se ensambla también con un movimiento antagónico. La curva dibujada va en ascenso, pero esto solo es posible cuando la fuerza empuja al descenso.

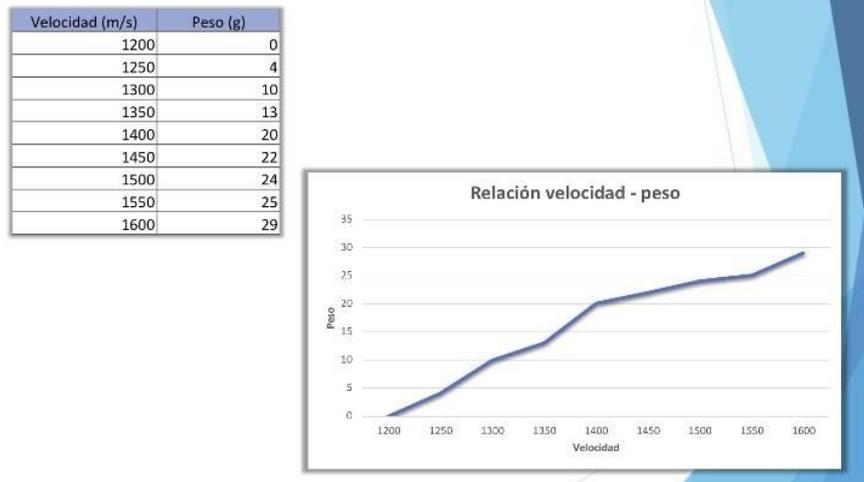


Figura 21 Gráfica que demuestra la segunda ley de Newton, pero en un movimiento antagónico al del vuelo. Como se puede ver la relación dibujada va en ascenso, es decir tiene valores positivos. En esta situación, lo que se ensambla es la prueba del movimiento descendente que podría hacer un dron, lo cual es proporcional al movimiento ascendente en este caso del laboratorio de motores.

Durante la sustentación, los y las estudiantes también debían dar argumentos sobre el tipo de motor y las hélices apropiadas para su dron social correspondiente, dentro de las opciones que venían en la caja viajera. Esto era vital para **L** y **N** quienes querían demostrar que con este tipo de elección argumentada a partir del laboratorio de motores, se desarrollaba el *pensamiento crítico*⁴⁴.

⁴⁴ "El pensamiento crítico en la educación STEM se enfoca en fomentar la resolución de problemas, la toma de decisiones informadas y el análisis reflexivo. Los estudiantes deben aprender a hacer preguntas, identificar suposiciones y prejuicios, evaluar argumentos y evidencias, y comunicar de manera efectiva sus ideas y resultados" (Bybee, 2013, p. 36). El pensamiento crítico en la educación STEM también se dirige a enseñar a los estudiantes a colaborar y a comunicar de manera efectiva, lo que les permite trabajar en equipo y presentar sus ideas de manera clara y concisa. En última instancia, el pensamiento crítico en la educación STEM tiene como objetivo desarrollar habilidades que sean útiles no solo en el ámbito académico, sino también en el mundo real y en la vida cotidiana.

Los argumentos de algunos grupos se presentan en la Tabla 1:

Grupo	Argumentos
1	Los escogimos (motor y hélice) para el mejoramiento de la sociedad y del dron en específico, ya que esto ayudará a una gran mayoría de personas jóvenes, adultos y adultos mayores
2	La respectiva elección de los motores, hélices y variadores de velocidad, se realizó porque mediante las pruebas efectuadas, estos materiales mostraron unos resultados acorde a las características y funciones que desempeñará el dron, al finalizar su construcción final. De acuerdo a lo anterior, estos materiales podrán elevar el mismo peso del dron, soportar con eficacia la climatología (ráfagas de viento) y sus componente de construcción que requiera a futuro, como diferentes tipos de cámaras, sensores, y demás componentes tecnológicos
3	Basándonos en nuestra problemática y la durabilidad de la batería. Relación torque-velocidad de giro. Optimización de los materiales y relación entre ellos. Resultados del experimento realizado.

Tabla 1: Argumentos presentados por 3 grupos distintos para sustentar su escogencia del tipo de motor y hélices. El pensamiento crítico, para L y N, se desarrolló de esta manera.

Para los estudiantes realmente era muy difícil escoger cual era la mejor opción de motores y hélices sin ver el vuelo en acción. Solo podían recurrir a unas evidencias del laboratorio e inferir con *mucha imaginación* si efectivamente esas materialidades iban a ser suficientes para que el dron cumpla su rol social *para el mejoramiento de la sociedad y el beneficio de las personas* como expone el argumento del grupo 1 (ver tabla 1). En este caso, el propósito del rol de este grupo es el de ayudar a personas discapacitadas (sordos y ciegos) para que puedan hacer ejercicio en una pista de atletismo (el rol social del dron será analizado en la próxima sección). El pensamiento crítico, por tanto, requiere en este caso de imaginación para sostener el ensamblaje del vuelo, un requerimiento que ya se había establecido previamente al inicio del curso (ver Figura 22). De hecho este llamado, lo refuerza un grupo en su presentación de la problemática que va a resolver el dron social quienes utilizan el siguiente epígrafe de Jean De la Fontaine: “La imaginación tiene sobre nosotros mucho más imperio que la realidad”.



Figura 22 La imaginación e investigación como núcleo del proceso del ensamblaje de drones para desarrollar creatividad y pensamiento crítico a través de la educación STEM que L y N iban desplegando.

Ahora bien, ¿cómo controlar el vuelo? ¿Cómo controlar la dirección de rotación del motor? Para eso está la tarjeta de vuelo y el software para programarla. En esta sesión la tarjeta debía ensamblarse a los circuitos de los motores y a la estructura ya cortada del dron (ver Figura 23). Un buen ensamble de la tarjeta detecta cuándo ésta emite un sonido *beep* y se encienden unos pequeños *leds*. Si no suena o enciende la luz, algo anda mal. Para su programación, la tarjeta debe conectarse al computador con el software ya instalado previamente. Este software es de libre acceso y también le comunica a su usuario si la tarjeta es reconocida. Para cada configuración de la tarjeta, L les indica que deben darle *click* en una pequeña pestaña que indica *guardar configuración*. Cada vez que hacen eso, el software *los saca del sistema* y por tanto deben *volver a conectarse*. L explica que esto es un *error de la tarjeta* y que cada vez que cambien alguna configuración o variable *deben* repetir el procedimiento de *volver a conectarse*. Algo frustrante y que seguramente debe desarrollar la paciencia en los estudiantes.



Figura 23 Tarjeta de vuelo en la estructura cada vez más desarrollada del dron. Este pequeño dispositivo controla la direccionalidad del vuelo del dron. Muy importante para cumplir su rol social, el del mejoramiento de la sociedad y el beneficio de las personas. La posición de la tarjeta de vuelo también es central. La relevancia de este dispositivo es alta, ya que los motores van conectados a esta tarjeta.

Esto me hace recordar las ideas de Latour (1992b) acerca de las negociaciones entre lo humano y lo no humano en objetos mundanos como los cinturones de seguridad de un automóvil o las puertas que separan dos espacios. Latour propone superar la polaridad entre el determinismo tecnológico y el constructivismo social a través del análisis de estos objetos mundanos. El diseño del mundo material facilita la resistencia a los comportamientos humanos. Las personas pueden determinar el significado de un artefacto, pero no pueden alterar sus propiedades más allá de sus limitaciones mediante la mera voluntad. Latour explora cómo los artefactos pueden reemplazar, moldear y limitar las acciones humanas y, así mismo, cree que las tecnologías son tan centrales para la vida humana que no podemos entender cómo funcionan las sociedades sin entender el papel de las tecnologías. Por supuesto, esas tecnologías también llevan consigo ciertos valores, intenciones y metas. En este contexto, me enfoco en las *prescripciones*⁴⁵ de la tecnología, donde esta dicta lo que el

⁴⁵ Latour (1992b) argumenta que los humanos no solamente delegan tareas a nuestras tecnologías sino también delegan moral, ética, valores y deberes. Cuando la tecnología impone al humano un comportamiento, Latour lo llama *prescripción*. Algunas de estas prescripciones podrían ser discriminatorias

humano debe hacer. Para Latour, la tecnología es antropomórfica en el sentido en que es diseñada por humanos, asume roles humanos y moldea el comportamiento humano a través de las *prescripciones*.

En el caso que venimos analizando, se puede ver que la tecnología (la tarjeta de vuelo y el software) *prescribe* ciertos comportamientos humanos necesarios para su correcto funcionamiento. Los estudiantes deben seguir un conjunto específico de instrucciones para ensamblar y programar la tarjeta de vuelo, y si no lo hacen correctamente, la tarjeta no funcionará como debería. Además, el software también impone ciertas limitaciones y procedimientos que los estudiantes deben seguir, como la necesidad de volver a conectarse cada vez que se cambia alguna configuración. Estas *prescripciones tecnológicas* pueden resultar frustrantes para los estudiantes y requerir paciencia y atención por su parte. En este sentido, la tecnología puede prescribir comportamientos específicos a los seres humanos para lograr una interacción efectiva y exitosa con ella. Esto puede ser tanto una limitación como una oportunidad para el aprendizaje y el desarrollo de habilidades.

La prescripción de comportamientos específicos por parte de la tecnología puede ser una limitación en el sentido de que los usuarios pueden sentirse constreñidos y frustrados al tener que seguir procedimientos estrictos y específicos para interactuar con ella, incluidos posibles errores de compatibilidad entre las tecnologías. Además, si no se siguen estas prescripciones, la tecnología puede no funcionar adecuadamente o incluso dañarse. Por otro lado, la tecnología también puede ser una oportunidad para el aprendizaje y el desarrollo de habilidades, ya que al interactuar con ella de manera efectiva, los usuarios pueden adquirir conocimientos y habilidades útiles. En el caso del ensamblaje del vuelo, los estudiantes aprenden cómo ensamblar y programar una tarjeta de vuelo, lo que puede ser una habilidad valiosa para el futuro en el contexto de las promesas de la educación STEM. Es importante tener en cuenta que la tecnología no prescribe comportamientos de manera arbitraria o caprichosa, sino que estos procedimientos son diseñados por humanos para lograr un funcionamiento óptimo y efectivo de la tecnología, a pesar de que existan *incompatibilidades* entre ellas. No obstante, en el caso de la tarjeta de vuelo y el software, las incompatibilidades

como explica el autor cuando pone como ejemplo que las puertas hidráulicas, al ser tan pesadas de mover, pueden discriminar a niños, ancianos o personas con discapacidad.

ensamblan una suerte de *capricho tecnológico* que es difícil explicar y que trasciende el *dar cuenta de* a los diseñadores, tanto de la tarjeta y del software, para resolver lo que quizá no previeron. Por tanto, los usuarios deben comprender las prescripciones tecnológicas y ser pacientes y atentos al seguirlas para lograr una interacción efectiva con la tecnología, a pesar de las contingencias que puedan emerger.

Ampliando esta perspectiva, si los estudiantes deben aprender a lidiar con estos comportamientos prescritos por la tecnología, también la tecnología negocia implícitamente con el humano la *moralidad* del dron social. Sería imposible ensamblar el dron social que trae *mejoramiento y beneficio a la sociedad*, si no se siguen estas prescripciones. El humano las acepta para definitivamente lograr ensamblar el vuelo del dron y lo social del dron.

Aquí quisiera exponer el caso de un estudiante⁴⁶ quien, como lo describe L, tiene una baja adaptabilidad a las tecnologías del curso porque le cuesta mucho entender la lógica de los softwares de diseño renderizado del dron y el de la programación de la tarjeta de vuelo. Sin embargo, a pesar de estas condiciones, *sale adelante* mediante su solidaridad, voluntad y persistencia. Metafóricamente, lo que moviliza a este estudiante lo quiero representar mediante un *diagrama de cuerpo libre* (ver Figura 24). Las *fuerzas* en este caso, se metaforizan como *habilidades personales* (como la imaginación, la persistencia, la voluntad) o como valores (solidaridad). Su imaginación y solidaridad le permiten ser reconocido socialmente y, así mismo, son una fuerza metafórica que sustenta su aprendizaje en educación STEM. Su voluntad y persistencia le permiten *seguir adelante* a pesar de las resistencias que se dan por su *baja adaptabilidad a las tecnologías* STEM usadas, incluidas las prescripciones que estas le imponen y que, seguramente pueden deberse al *peso* de la educación tradicional en el que está embebido en su colegio. Para L, es claro que la educación tradicional o la visión lineal es lo que frena el progreso, el ascenso social y el retraso educativo que nos sume en la crisis educativa (tal y como se expuso en el aparte *Vendí mi alma a Elon Musk: trayectorias de vida tecnófilas*).

⁴⁶ El mismo estudiante que se ofrece a llevar la caja viajera en su bicicleta a miembros de otros grupos.



Figura 24 Diagrama de cuerpo libre metaforizado a habilidades personales y valores que le permitirán al estudiante salir adelante o ascender a pesar de la baja adaptabilidad a las tecnologías STEM que, a su vez, puede deberse al peso de la educación tradicional.

En el caso de los y las demás estudiantes quienes demostraron una alta adaptabilidad a las tecnologías STEM empleadas, el *diagrama de cuerpo libre* (ver Figura 25) se puede representar de manera similar, con la diferencia de que la *alta adaptabilidad a las tecnologías STEM* es la *fuerza que sustenta* el ascenso ante el peso de la educación tradicional. Varios estudiantes ya estaban familiarizados con algunas de estas tecnologías, ya que varios colegios tienen un enfoque de educación técnica, sin la necesidad de utilizar el acrónimo STEM o STEAM. Así mismo, entre las resistencias que estos/estas estudiantes podrían enfrentar al aprender a ensamblar el vuelo del dron, se encuentran las *prescripciones* de las tecnologías STEM empleadas. La voluntad, la imaginación y la persistencia les permiten *seguir adelante*. Con esto no quiero implicar que estos estudiantes no sean solidarios. Este valor pudo practicarse de múltiples formas mediante *prácticas relacionales* que emergieron mientras se ensamblaba el dron colaborativamente.



Figura 25 Diagrama de cuerpo libre metaforizado para estudiantes con alta adaptabilidad a las tecnologías STEM.

Al final, después de un par de sesiones, los y las estudiantes lograron programar la tarjeta de vuelo en sincronía con el control remoto (ver Figura 26), el cual termina por ser el puente que hibrida al humano con la tarjeta del vuelo. Este dispositivo, por tanto, funge de negociador entre las disposiciones humanas y las prescripciones tecnológicas que gobiernan el movimiento del dron. Así, el control remoto se convierte en una prótesis que permite al humano ampliar su alcance y su capacidad de acción en el mundo, supeditado a las condiciones tecnológicas de la tarjeta de vuelo. Sin embargo, esta visión se aleja del transhumanismo que **Z** muy profusamente quiere difundir en sus charlas (ya discutido más arriba), y más bien se acerca a la visión de cyborg de Haraway (1991) donde lo biológico y lo tecnológico se co-crean para superar las divisiones binarias entre lo natural y lo artificial que no necesariamente busca un mejoramiento de la condición humana. En el caso de los y las estudiantes del curso, la interacción con el control se restringió a programarlo utilizando el software de acceso libre, pero no fue utilizado con su propósito original que era el de controlar y negociar el *vuelo del dron social*.

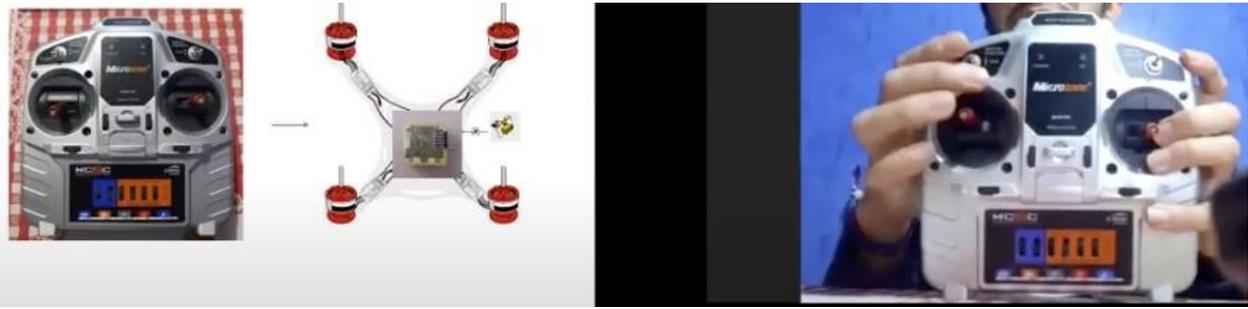


Figura 26 L explicando cómo conectar el control remoto a la tarjeta de vuelo y, así mismo, explicando cómo cada componente del control remoto gobierna un movimiento del dron.

Por otro lado, para terminar de ensamblar el *vuelo potencial*, nos hace falta explorar la metáfora del *ascenso social*, mediada por el invitado PhD en física y con postdoctorado en el CERN. A los/las estudiantes se les invita con un *volante virtual* donde resalta lo siguiente: *¿Deseas una inspiración para seguir luchando por conseguir tus sueños a pesar de las adversidades?* El invitado, por tanto, es una figura que debe inspirar para alcanzar los sueños a través del ascenso social dentro de carreras STEM.

En un conversatorio que tuvo una duración de casi 4 horas, los estudiantes escucharon la experiencia del invitado, con su acento ya afrancesado, para llegar donde está. Entre los diferentes matices del conversatorio, L y N aclaran que una de las motivaciones del curso de robótica y drones es vincular a los colegios con la universidad. Para ellos es importante que estos estudiantes experimenten lo que se siente *pisar* el campus de la Universidad de los Andes y más aún recibir un certificado de participación de un curso con sello de la Universidad. La intención de los *coaches* es abrir esas oportunidades que se ven normalmente cerradas para que estudiantes de estratos socio-económicos accedan a una universidad llamada a vincular estudiantes de estratos más altos. Se presenta a la Universidad de los Andes como un paso a seguir para ascender socialmente y al curso de robótica y drones como medio para poder hacerlo⁴⁷.

⁴⁷ De hecho, al final del curso los estudiantes valoran bastante el recibir un diploma virtual con el logo de la Universidad de los Andes. Varios solicitaron si el diploma podía ser impreso en un *papel más formal*, como el pergamino o el opalina. L y N sonrieron y sugirieron que si querían hacerlo lo debían costear ellos mismos.

Ahora bien, durante el conversatorio el invitado cuenta su experiencia personal con los obstáculos que tuvo durante su formación académica en la Universidad Pedagógica de Bogotá. Contó una historia de decepción. Su historia la contrasta con su experiencia de formación en Europa donde las puertas y la fluidez hacia el ascenso social se ven más claras. En corto, los estudiantes se llevan la lección de un *cerebro fugado*, que tiene que emigrar por la falta de infraestructura académica que vaya acorde con sus intereses en búsqueda de un mejor vivir. Persuade a los estudiantes con cifras de lo que son *préstamos condonables* y *becas* y así arriesgarse a salir de la zona de confort. Emigrar y ascender socialmente, se tornan como un tipo de sinónimos, lo cual significa trabajar duro y pasar la frontera de lo conocido para pasar a lo desconocido y esto se traduce, por tanto, en traspasar fronteras geopolíticas; escapar de un país que no ofrece una articulación adecuada entre la universidad y la vida laboral, para cumplir sueños y vivir mejor, en otras palabras, para *volar alto*.

El impacto de este conversatorio en un par de estudiantes, quienes conforman un grupo y llevaron un desempeño destacado durante el curso, lo recojo en los siguientes testimonios ante la pregunta *¿Les gustaría estudiar afuera de Colombia si tuvieran la oportunidad?*

Estudiante 1 (género femenino): *“Pienso que Colombia es un país que tiene muchas problemáticas, ¿si?, y muchas personas que pues estamos acá, siempre como que... tenemos que irnos de acá... pienso yo que es un país que necesita nuestra ayuda como jóvenes... pienso yo... entonces, tal vez, no sé la verdad... pues sería chévere conocer otros países ¿si?... ver como es en otro lugar... pero no sé... estaría como en duda”* (entrevista grabada por nota de voz, 13 de Junio 2020)

Estudiante 2 (género masculino): *“A mí sí me gustaría estudiar afuera. Pero no el pregrado. Yo diría más bien un posgrado. Y pues en cuanto a la parte laboral yo siempre he querido llegar a trabajar en la NASA, por lo que pues es imposible aquí en Colombia. Así que pues... sí sí me gustaría. Me gustaría trabajar en los laboratorios de propulsión a chorro. Ser Astronauta no me gustaría mucho”* (entrevista grabada por nota de voz, 13 de Junio 2020)

Para la estudiante es más significativo quedarse para ayudar a solucionar las problemáticas del país. De hecho, el propósito de su dron social es ayudar a los bomberos a rescatar cuerpos

del Salto del Tequendama, donde usualmente se han presentado suicidios a lo largo de la historia. Para ella la educación STEM es un puente que sí permite el desarrollo del país. *Pienso que estas disciplinas si ayudarían a desarrollar al país como tal por el simple hecho de que al resolver un problema se necesitan ver todas las posibilidades y problemáticas que la solución de este puede llegar a causar* (encuesta realizada a los/las estudiantes)⁴⁸.

Por el contrario, el proyecto de vida del estudiante se encuentra fuera del país, en la NASA. Tiene claro que lo que le apasiona es el movimiento causado por la *propulsión a chorro*. Con el ejemplo del invitado esta posibilidad se vuelve factible... *seguir luchando a pesar de las adversidades*. Luchar y persistir ante la resistencia de las circunstancias de vivir en un país en vías de desarrollo pueden ser las *fuerzas de sustentación* que le permitan a este estudiante *volar alto*.

Este vuelo potencial que se ensambló en este aparte, va acompañado de la ilusión de ver volar el dron. En la encuesta que realicé a los/las estudiantes, algunos/as respondieron con lo siguiente ante la pregunta *¿Qué promesa(s) le hizo la educación STEM en este curso a través de los coaches?*

Estudiante 3: *Por otro lado en el 2020 no se podrán realizar los primeros vuelos pero espero que el otro año pueda cumplir la promesa de ver volar el dron.*

Estudiante 4: *Que me disfrutaría y aprendería al máximo cada una de las clases y no desistiría, hasta ver el dron volar y realizar la tarea con la que fue creado con la dedicación y conocimiento adquirido durante el proceso.*

La ilusión de ver al dron volar, no se materializó. Se quedó en promesa. Al final, los drones fueron un cuerpo en reposo más, pero de esto hablaremos en el próximo aparte. El *vuelo potencial* que se ensambla aquí es dinámico. Emerge de la interacción de lo humano y lo no humano; de *prácticas representacionales y relacionales* con softwares, grameras, motores, hélices, gráficas y diagramas de cuerpo libre; de conversatorios para modelar el ascenso social a través de carreras STEM; de la solidaridad, persistencia, voluntad, pensamiento crítico e

⁴⁸ Esta encuesta se realizó a través de Google Forms. Sólo 6 estudiantes la respondieron. Ver Anexo 1 al final del documento.

imaginación de los estudiantes; de su baja o alta adaptabilidad a las tecnologías usadas, de las prescripciones que estas hacen al humano; del despliegue STEM que hacen los coaches; de las promesas e ilusiones no materializadas, en fin... del programa de acción STEM que se vuelve más real dentro de estas interacciones y que pretende orientar profesionalmente a los/las estudiantes para su ascenso social en las áreas STEM, prepararlos para los trabajos del futuro y así *volar alto* (ver Figura 27).

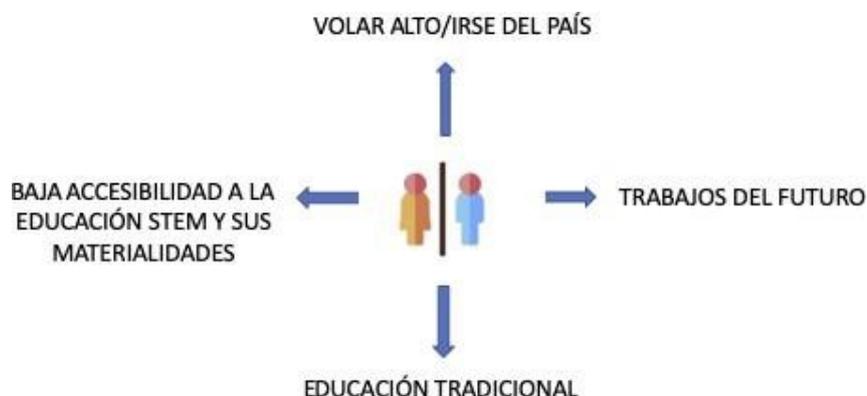


Figura 27 Diagrama de cuerpo libre que representa las fuerzas que orientan profesionalmente a los estudiantes que entran al programa de acción STEM.

El dron social: ensamblando promesas

Este aparte quiere mostrar el proceso de ensamble de los drones sociales a través de prácticas representacionales distintas que terminan por materializar un dron social in-móvil. Aparte de las prácticas representacionales mencionadas en la sección anterior, las que quiero presentar aquí, ayudan a ensamblar ilusión y promesa, limitadas por las prescripciones tecnológicas. El proceso de ensamblaje inicia por un proceso imaginativo utilizando bocetos en papel y culminando en un dron de madera, plenamente ensamblado con sus motores, hélices, tarjetas de vuelo, cables y batería.

El ensamble del dron social inicia con la identificación de un problema en el contexto situado de los/las estudiantes. Esto sucedió durante las primeras sesiones del curso. **L** y **N** solicitan que entreguen un marco de referencia donde se defina el problema a través del reconocimiento de las personas que se verían beneficiadas, fuentes de información (humanas y no humanas) y estrategias para poder solucionar el problema planteado. Así mismo, los

estudiantes deben responder la pregunta que les deja L en una presentación: *¿De qué características debe ser el dron (dimensiones, forma e hipótesis de funcionamiento) para que integre todos los elementos necesarios de operación y sea viable con la solución que se requiere?* Los problemas que emergieron de los grupos se pueden resumir en la siguiente tabla⁴⁹ (ver tabla 2):

GRUPO	SITUACIÓN PROBLEMA A SOLUCIONAR
1	Falta de tecnología que mida los niveles de contaminación de los barrios Timiza en la localidad de Kennedy y Las Cruces en la localidad de Santa Fe. Por tanto, el dron funge como colector de datos que permita tomar decisiones ante los altos índices de enfermedades respiratorias producidas por la situación.
2	Alrededor del Salto del Tequendama, existe un gran número de personas que se suicidan a diario, ya sea intencional o accidentalmente y también existe un peligro potencial para el equipo de búsqueda. Por esta razón, se vieron en la necesidad de crear un dron liviano, de rápida reacción, que les permita realizar un monitoreo continuo de la zona, para alertar a las autoridades, y así prevenir este gran número de personas muertas.
3	Servir como mecanismo de transporte de guías y talleres, para los estudiantes que no tienen acceso a internet y requieren acceder a los contenidos educativos de sus colegios en el contexto de la pandemia COVID-19.
4	Brindar una orientación a las personas ciegas, ayudarles en diferentes escenarios donde requieren de la disposición de otra persona para realizar alguna actividad.
5	Realizar el monitoreo del relleno de doña Juana, para informarle a la comunidad el proceso de deforestación que allí ocurre y el daño que genera en el medio ambiente. Con esto, se pretende concientizar a todas las personas y emprender procesos legales en contra de estos procedimientos.

Tabla 2 Problemáticas seleccionadas por los estudiantes y el rol del dron social para solucionarlas.

Una vez identificadas las problemáticas el dron comenzaba a materializarse, esta vez, en bosquejos en papel (ver Figura 28). Cada individuo del grupo debía proponer un bosquejo de dron que fuera más apropiado para su rol social. Entre el grupo elegían el que se ajustara funcionalmente más a su rol (ver Figura 29). Sin saber aún mucho sobre drones y la estructura

⁴⁹ Es importante mencionar que no todos los grupos al inicio plantearon una problemática. Unos cuantos invitados al curso desertaron porque solo querían aprender a ensamblar un dron pero no relacionarlo con alguna problemática de su contexto.

que éste debería tener para cumplir su función social cabalmente, como por ejemplo el tipo de motor o hélices (criterios que debieron construir en el laboratorio de motores, sesiones después a éstas que fueron iniciales), el dron adoptaba una forma casi que arbitraria. Por ejemplo, en el dron que se ve en la parte baja de la imagen 26 se ven 6 motores con sus respectivas hélices. Más tarde aprenderían que la batería no podría alimentar esos 6 motores, por lo que la prescripción tecnológica y *lo que se tiene a la mano*, comenzaba a modificar la forma del dron y por tanto a constreñir la imaginación de los estudiantes.

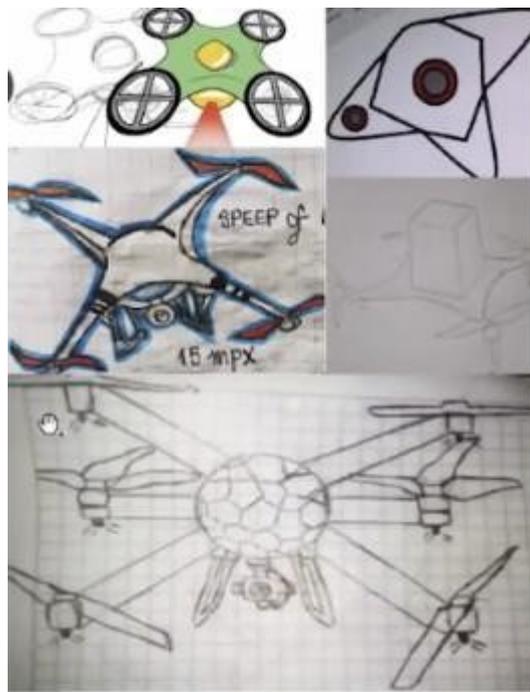


Figura 28 Bocetos a lápiz y algo de color de los primeros drones materializados en hojas de papel producto de la imaginación y un criterio subjetivo de lo que los estudiantes creían era la forma adecuada para cumplir su rol social.



Figura 29 Ejemplo de bocetos de drones propuestos por cada integrante de un grupo (izquierda) y el boceto seleccionado (derecha).

La motivación, la persistencia, los estímulos y la imaginación varias veces son superadas por circunstancias socio-materiales. Por ejemplo, durante la fase previa al diseño del dron utilizando un software de libre acceso y el cual permite estandarizar el dron imaginado en el papel, una estudiante materializó el boceto utilizando cartón paja. El dron de cartón paja, un modelo a escala de lo que imaginaba el grupo de esta estudiante, pasó por el proceso de estandarización en el software e inclusive llegó a la fase del corte utilizando la madera , tal como nos cuenta ella a continuación:

Al inicio la simulación de nuestro dron (en el dibujo) fue algo muy diferente ya que, debíamos tener en cuenta que se debía armar por medio de piezas en 2d, pero cuando realizamos el modelo en cartón paja nos pudimos dar una mejor idea de lo que queríamos, por lo que el dron final quedó muy parecido a la simulación que realizamos en cartón paja.
(encuesta a estudiantes del curso)

Sin embargo, por tiempo no lograron ensamblar la totalidad del dron. Adicionalmente, sus cortes en madera aglomerada quedaron muy gruesos por lo que el *peso* iba a superar la fuerza de los motores, hélices y la batería que eligieron para ensamblar el vuelo (ver Figura 30). Lo que sostiene *el vuelo* de la estudiante es su iniciativa y capacidad para ver materializado tridimensionalmente el dron bidimensional del papel, su alta adaptabilidad a la tecnología STEM el curso, restringida por las prescripciones tecnológicas de los motores, la batería y el tiempo de ensamble que solo llegó a la fase de corte.



Figura 30 El dron de cartón paja materializado con distintos materiales y prácticas, el dron renderizado y el dron de madera aglomerada.

Es de notar que las prácticas que ensamblaron el *dron de cartón paja*, el *dron renderizado* y el *dron de madera aglomerada* son distintas. El primero se ensambla individualmente sostenido por la iniciativa y motivación de la estudiante. El segundo se ensambla grupalmente con prácticas relacionales donde se negociaba entre los otros integrantes del grupo y el software de libre acceso, entre charlas por whatsapp y los encuentros por zoom en las diferentes sesiones. El tercero ensamblado parcialmente con restricciones de tiempo y dependiente de terceros como la papelería con la tecnología de corte que traduce el dron renderizado y moldea la madera con tecnología láser. Probablemente, en este grupo las restricciones individuales de sus integrantes dadas por sus compromisos con sus colegios, familias u otras circunstancias que ensamblan redes socio materiales situadas (medios de transporte para llevar la caja viajera) generaron el *dron de madera aglomerada sin hélices y motores*.

Al final, los drones que nunca surcaron los cielos ensamblan el *dron in-móvil*, un cuerpo en reposo (ver Figura 31). **L** se gradúa de la Universidad de los Andes aun cuando el curso no había terminado. A pesar de esto, **L** y **N** quieren sostener la promesa de ver, al menos, el dron ensamblado, un dron in-móvil. Entre esfuerzos, persistencia, pensamiento crítico,

imaginación, alta o baja adaptabilidad a las tecnologías STEM, tiempo, prácticas relacionales distintas entre los diferentes grupos mediados por *lo que se tiene a la mano* y las restricciones impuestas a **L** y **N** por parte de la Universidad de los Andes (la cual pide de vuelta la caja viajera con el dron ensamblado en la fase que sea ya que **L** ya se había graduado de la Universidad), los drones in-móviles posaban en el suelo de la casa de **L** (ver Tabla 3) para demostrar la *efectividad de STEM*.

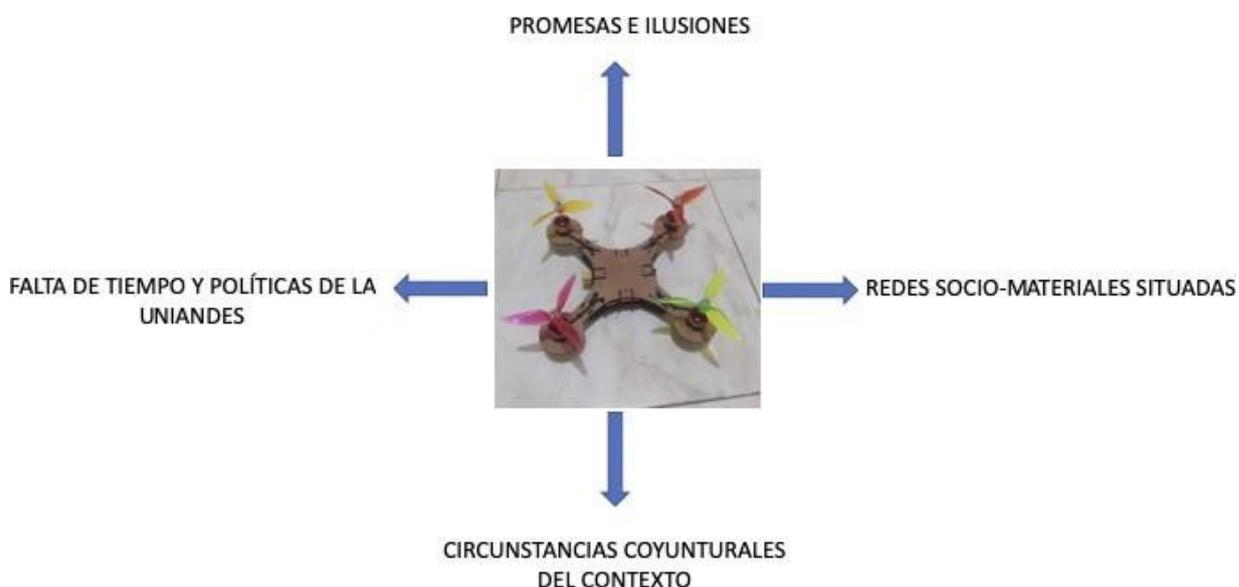


Figura 31 Diagrama de cuerpo libre del dron en reposo o el dron in-móvil, materializando una ilusión y una promesa frente al vuelo.

Así mismo, el beneficio del dron nunca se vio desplegado ya que para esto se necesitaba de otras materialidades como cámaras, otros tipos de motor, sensores de contaminación y otros dispositivos los cuales eran inaccesibles dados los altos precios, los recursos y restricciones presupuestadas previamente en el curso. Muy probablemente, estos drones se encuentren desensamblados en los laboratorios de la Universidad de los Andes, o ensamblados de otras formas con prácticas representacionales similares, pero relacionales distintas. El dron in-móvil y las ilusiones por verlo volar, ensamblan la promesa STEM en este caso situado.

Finalmente, algunos estudiantes concluyen que su experiencia fue valiosa al afirmar que el curso de educación STEM cumplió con sus expectativas positivamente al preguntarles si estas fueron satisfechas.

Estudiante 1: *“Sí se vieron cumplidas nuestras expectativas porque claro la parte tecnología fue primordial para poder desarrollar de manera adecuada el dron, pero también fue necesario tener en cuenta cosas de física, matemáticas...”*

Estudiante 2: *“Absolutamente, me gustó mucho que aunque los materiales se rotaban, todos los estudiantes tuvieron la oportunidad de interactuar con cada programa y aprender sobre cada conocimiento que brindó el curso”*

Estudiante 3: *“Pienso en primera instancia que se debería implementar más este tipo de enfoques en la educación porque nos da a nosotros como estudiantes la oportunidad de pensarnos y sacar nuestras propias conclusiones de las cosas, claro con un apoyo de la teoría porque es necesario”*

Función	Imagen del dron social
<p>Los estudiantes del municipio de San Antonio del Tequendama, identificaron que alrededor del salto del Tequendama, existe un gran número de personas que se suicidan a diario, ya sea intencional o accidentalmente y también existe un peligro potencial para el equipo de búsqueda. Por esta razón, se vieron en la necesidad de crear un dron liviano, de rápida reacción, que les permita realizar un monitoreo continuo de la zona, para alertar a las autoridades, y así prevenir este gran número de personas muertas.</p>	

<p>El objetivo del dron es poder brindar una orientación a las personas ciegas, ayudarles en diferentes escenarios donde requieren de la disposición de otra persona para realizar alguna actividad.</p>	
<p>Este dron sirve como mecanismo de transporte de guías, para los estudiantes que no tienen acceso a internet y requieren acceder a los contenidos educativos de sus colegios en el contexto pandémico por COVID-19.</p>	
<p>Este dron mide los niveles de contaminación del aire en la localidad de Kennedy, ya que los estudiantes y la comunidad identifican que existe un alto nivel de contaminación y podría llegar a ser el causante de varias enfermedades de las personas de la localidad. Sin embargo, son datos que no han sido tomados y por esta razón, las autoridades no le han prestado la atención que se requiere</p>	

<p>Este dron realiza el monitoreo del relleno de doña Juana, para informarle a la comunidad el proceso de deforestación que allí ocurre y el daño que genera en el medio ambiente. Con esto, se pretende concientizar a todas las personas y emprender procesos legales en contra de estos procedimientos.</p>	
--	--

Tabla 3 Los drones in-móviles y su función social que alcanzaron a ser ensamblados con todas las limitaciones contextuales y esfuerzos de los/las estudiantes y sus coaches.

En resumen, la figura 32 muestra la red de actores humanos y no humanos que ensamblan al *ciudadano competente y apto* que proviene del análisis del ensamble social del dron y que muestra las principales influencias del grupo STEMCol y sus principales estrategias para hacer de STEM cada vez más real.

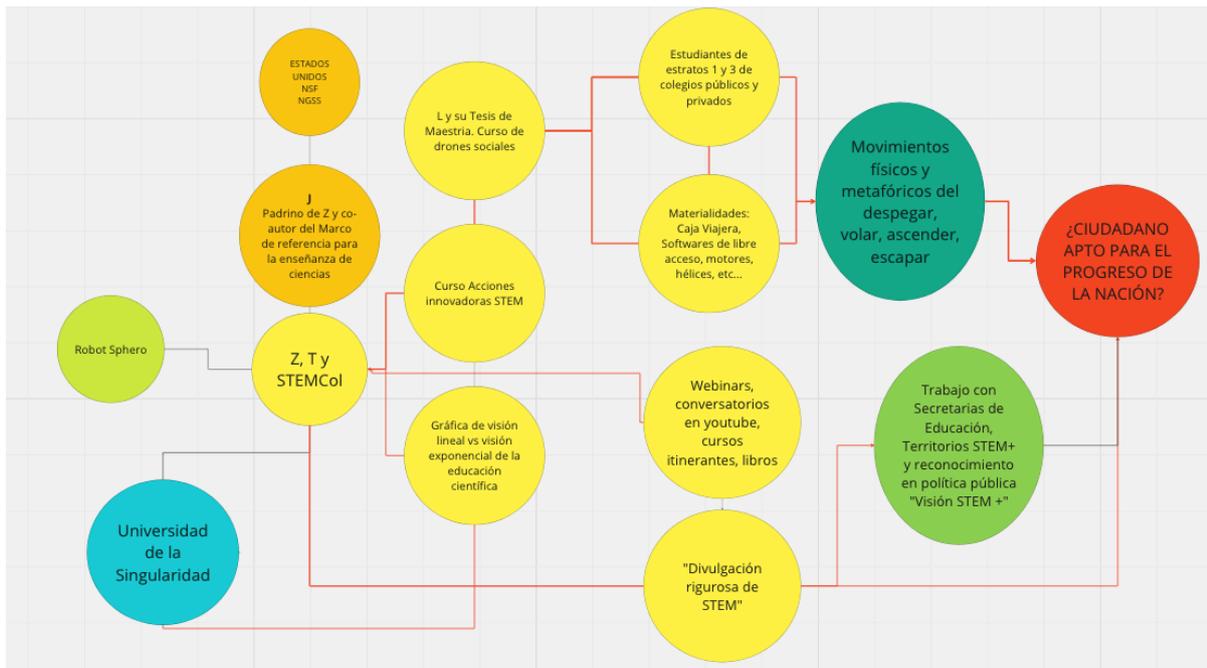


Figura 32 Red de actores del Estudio de Caso, STEMCol, sus múltiples influencias y estrategias para hacer más real al ciudadano competente que quieren ensamblar a través de la educación STEM.

Capítulo 3: Haciendo STEM en Colombia: sostener el vuelo y el momentum

Hasta el momento, esta historia ha contado una asociación sociomaterial que configura a STEM. En el primer capítulo, STEM ensambla ciudadanía científica competente y apta para la fuerza laboral del futuro a través de recomendaciones de la OCDE y políticas ligadas a la ciencia y la tecnología, incluyendo las regulaciones frente a la Inteligencia Artificial IA. Así mismo, se contrasta la ciudadanía socio-crítica ensamblada por el movimiento CTS, proponiendo finalmente una ciudadanía científica fluida en el papel. En el capítulo 2, STEM se ensambla con *coaches* y estudiantes que ensamblan drones con una multiplicidad de materialidades que se relacionan para *despegar* hacia el futuro y *escapar* de lo tradicional, para el ascenso social y el progreso de la nación representados por diagramas de cuerpo libre metaforizados. Se articula una mirada de prácticas mundanas que son abrigadas por el acrónimo. En el presente capítulo, quisiera exponer las prácticas que emergen para sostener el *momentum* y el *vuelo* STEM en Colombia.

En física, el *momentum* (momento lineal o cantidad de movimiento) se refiere a la cantidad de movimiento que posee un objeto en movimiento (valga la redundancia). El *momentum* es una propiedad vectorial que depende tanto de la masa del objeto como de su velocidad. Matemáticamente, el *momentum* se define como el producto de la masa del objeto y su velocidad. Metafóricamente, el *momentum* puede referirse a la velocidad y la fuerza con la que el movimiento STEM está ganando terreno en la región. Al igual que el *momentum* en física, el movimiento STEM en Latinoamérica está ganando impulso a medida que más personas y organizaciones se unen y trabajan juntas para promover la educación y la investigación en estas áreas. La colaboración entre empresas, universidades y organizaciones gubernamentales y no gubernamentales puede ayudar a acelerar el *momentum* del movimiento STEM y llevarlo a nuevos niveles de éxito (a un vuelo sostenido).

Paralelamente, utilizo *el vuelo* STEM, como metáfora para expresar que STEM ya despegó en el país y que mediante el *momentum* logra sostenerse. El *vuelo* también es señal que los esfuerzos de abajo-arriba han valido la pena para nuestros protagonistas de STEMCol quienes

habitan un nicho (idea que elaboro en un aparte de este capítulo). ¿Qué prácticas sostienen este vuelo?

Prescindir de estándares NGSS: ¿De qué STEM hablamos?

Los estándares son una forma de interferencia entre distintas prácticas que bien pueden articularlas o ponerlas en conflicto (Mol, 2002). El proceso de construcción de los estándares NGSS que promueven una nueva forma de enseñanza de las ciencias enfocada en STEM en Estado Unidos, ha tomado varias décadas como nos cuenta J⁵⁰ en su charla en el primer congreso STEM que llevó a cabo el grupo STEMCol en enero de 2021:

-Recuerdo haber salido con mi padre a los 10 años de edad. En ese momento vimos el Sputnik sobrevolando. Y me emocioné mucho al ver el primer satélite espacial. Pero mucha gente en mi país estaban muy preocupados porque era la Guerra Fría y la gente estaba preocupada sobre lo que entonces era la Unión Soviética... estaba más avanzada tecnológicamente que nosotros. Así que eso precipitó el deseo político de cambiar el sistema educativo y producir más ingenieros y más científicos... Entonces, fue toda una secuencia de reformas. Y hoy culmina en lo que ahora se llama los estándares científicos de la próxima generación (NGSS). Y voy a hablar de eso un poco. No está en los 50 estados, pero sí en cuarenta y cuatro. Y la gran mayoría de los niños que ahora estudian en Estados Unidos lo hacen en escuelas donde se orienta la nueva enseñanza de las ciencias hacia STEM. (transcripción charla J en primer congreso STEMCol, p. 3-4, la traducción es mía)

La idea de los estándares NGSS, entonces, es articular una serie de prácticas que culmine con el aumento de científicos e ingenieros para nutrir la fuerza laboral del futuro, en pro del bienestar social y el progreso de la nación en Estados Unidos. Por tanto, fungen como estabilizadores de las múltiples reformas educativas en torno a la educación científica y tecnológica de ese país. Como se mencionó en la introducción del presente trabajo, la educación STEM en Estados Unidos es sostenida por políticas; inversión federal, estatal y privada y, por supuesto, el trabajo de décadas de haber construido un Marco de Educación en Ciencias (del cual J hizo parte) culminando con los NGSS. Sin embargo, la descentralización estatal donde cada estado decide cómo implementar la educación STEM, junto con las brechas sociales y económicas que se prometen cerrar, funcionan como las *fuerzas* que restringen una implementación exitosa (ver Figura 33).

⁵⁰ J es un miembro activo de la National Science Teachers Association (NSTA) y ha trabajado en varios proyectos de educación STEM financiados por el gobierno federal de los Estados Unidos. Fue coautor del Marco de Educación en Ciencias de la Academia Nacional de Ciencias, que establece las metas y objetivos para la enseñanza de las ciencias en Estados Unidos. J apadrina a Z.



Figura 33 Diagrama de cuerpo libre del movimiento o vuelo STEM en Estados Unidos.

El primer libro de **Z**, como ya se mencionó varias páginas arriba, funciona como una vitrina de estos estándares, enfatizando como novedad la vinculación de los procesos de la ingeniería en la enseñanza de las ciencias. De cierta forma, STEM arribaba a Colombia junto con sus estándares materializados parcialmente en el libro de **Z**, como una estrategia para divulgarlos. Sin embargo, en el curso de robótica y drones en educación STEM que **L** y **N** nos brindaron, estos estándares se diluyen en el afán de practicar STEM como solución ante la limitación de tiempo y recursos que tiene **L** para su trabajo de grado de la maestría en Uniandes.

-Ok, pues, digamos que cuando comencé a leer acerca de educación STEM yo dije como bueno, y ¿esta vaina cuándo surgió? ¿cómo fue el principio de esto? Entonces ahí es cuando vi el surgimiento de los NGSS. La verdad no me acuerdo en qué año fue. Pero esto fue como con el objetivo de cambiar el paradigma, sí, de poder enseñar, aprender y tener un enfoque diferente. Entonces, si uno lee los NGSS son como parámetros o frases muy inspiradoras.

Son como unos objetivos de aprendizaje o como una serie de parámetros o estándares, sí estándares vendrían siendo, que le permitan al estudiante cómo interactuar con la ingeniería dentro del aula. Si además de eso pues hacer un aprendizaje interdisciplinario con las demás asignaturas. Entonces ahí fue cuando yo comencé como bueno... Tiene sentido con lo que es la educación STEM. Yo pues leí un poco acerca de eso. Sin embargo, considero que para mi parte práctica no los utilice tanto. O sea, digamos que desde el principio sí es algo muy motivador, es algo muy chévere. Leer es inspirador y ahí como que tome algunas cositas. Pero no, no los incluí dentro de lo que fue el trabajo práctico o el planteamiento de la tesis sobre el desarrollo de ésta, que fue lo que desarrollamos en el curso. Sí, considero que son los principios... es el principio de la educación STEM y que ahí pues se basan muchos de los enfoques sobre las perspectivas que se tienen respecto a ésta, a este tipo de

educación. Pero pues en resumen, no, no los utilicé dentro de mi curso”. (transcripción entrevista a L, p. 2)

Al parecer no son tan necesarios para L y N. Éste último considera que *con los DBAs es más que suficiente*.⁵¹ Es como si STEM fuera tan fluido que se acomoda a los estándares nacionales de educación científica en cualquier país. Y me cuestiono: ¿existe un STEM falso o verdadero? ¿el STEM que se ensambla aquí qué tanto se distancia del de su país de origen? Para responder a estas preguntas recorro a H⁵², a quien conocí como colega en un colegio privado donde laboré y quien, coincidentalmente, hizo parte de STEMCol por una franja de tiempo.

-Un STEM verdadero es en Estados Unidos como una clase de ciencias. ¿Por qué no están programando estos niños, por qué no están diseñando un robot? Para mi el STEM verdadero es que usted entre a un aula de clase y le pregunte a un niño ¿Qué están haciendo? y ¿por qué están haciendo eso? Y que el chino le pueda responder... estamos tratando de entender tal cosa, estamos tratando de resolver tal cosa... ¿qué está haciendo el niño con sus compañeros de clase para resolver algo? A diferencia de una clase acá que podría ser... el profesor nos dijo que aprendiéramos de torques para aprender a volar un dron... al final los chinos hacen cosas pero no entienden lo que están haciendo. Los estándares usted los debe entender como una alineación en varios sentidos. Una alineación vertical. Usted puede coger cualquier idea. De física, o química, por ejemplo. Y estos están divididos en varias ideas centrales. Por ejemplo la PS4 la ve en primero de primaria y usted va viendo como van creciendo en sofisticación. Hay una progresión en las ideas. Lo segundo ya cuando nos metemos como al desarrollo de una unidad, a diferencia de nuestros DBAs, es que los NGSS usan unas expectativas de desempeño. Los NGSS buscan que los niños se metan con problemas complejos, articulan el concepto y la práctica. Por último están las 3 dimensiones NGSS: las prácticas científicas y de ingeniería, las ideas centrales, y los conceptos transversales, que son como la gramática de las ciencias. (transcripción entrevista a H, p. 10)

Para H, la sofisticación distingue a los NGSS de los DBAs; no cree que la complejidad de las habilidades y competencias que conlleva la educación científica y tecnológica son sostenidas

⁵¹ Los DBAs son los Derechos Básicos del Aprendizaje que articulan lineamientos, competencias y estructura curricular de la educación básica en Colombia. Estos se establecieron durante el gobierno de Juan Manuel Santos (2010-2018)

⁵² H, es doctor en educación científica de una universidad de renombre en Nueva York, Estados Unidos. Tiene amplios conocimientos de la implementación de los estándares NGSS en la educación STEM. A su arribo a Colombia, busca un grupo que esté trabajando en educación STEM y termina involucrándose con el grupo que Z y T habían comenzado a formar. Difícilmente, lo puedo llamar un encuentro *coincidental* ya que H ha sido un interlocutor muy relevante en la elaboración del presente trabajo y, así mismo, me ayudó a generar la confianza necesaria entre los miembros del colectivo para poder realizar observación etnográfica. Un encuentro casi que *providencial*.

por los DBAs. Además, reconoce que los estándares no son una solución. *Solo son un documento. No dicen cómo enseñar ni nada.* Utilizar los NGSS implica que existe mayor coherencia vertical en el desarrollo conceptual y práctico de los/las estudiantes y facilita el diseño de actividades de aprendizaje.

-El curso de drones de **L** y **N**, muestra la desconexión entre las prácticas y habilidades de los niños y los conceptos. Desconexión entre el contexto de los estudiantes y el movimiento STEM. Los niños deberían entender esos conceptos a medida que usan sus habilidades. No es como conceptos primero y después práctica. Y **L** lo demostraba muy bien cuando tuvieron que hacer una clase teórica que les enseñaba lo de los torques y ahí sí diseñar el dron. En vez de al revés. Estamos diseñando un dron... pero por qué no está funcionando y es ahí donde usted empieza a meterle conceptos de torque para que vean la relación. Me parece que es una mentira que haya una conexión legítima entre lo que se hizo y lo que los niños querían resolver al final. **L** nunca conectó las dos cosas. ¿Cómo el diseño del dron respondía a la problemática como tal? La problemática nunca fue usada para evaluar, para tomar datos, que se supone estaban dentro de los objetivos. Desconexión entre lo que se aprende y el contexto de los estudiantes. Y por último esta visión de equidad, démosle a los niños de bajos recursos esta experiencia mágica con robots para que ellos se maravillen y como... después de eso qué... no sé... se vende la idea que es para que ellos sigan esa carrera tecnológica y salven el país de alguna forma. Si yo lo intento replicar, es simplemente hacer un dron. En vez de replicar un programa mucho más complejo. Ah se puede hacer un dron con niños de bajos recursos... listo dron pa' todo el mundo. La limitación del estudio. No se puede hacer mucho más que eso." (transcripción entrevista a **H**, p. 14)

Se puede utilizar la metáfora de un viaje en el que se necesita un mapa para llegar a un destino. Los estándares NGSS son como el mapa que proporciona la dirección y los puntos de referencia necesarios para llegar al destino de la educación STEM de manera efectiva. Si los estándares no se utilizan, es como si el viajero no tuviera un mapa y se encontrara desorientado y ciego, sin saber hacia dónde dirigirse y sin poder encontrar el camino correcto. De la misma manera, si los cursos de educación STEM no siguen los estándares NGSS, los estudiantes pueden sentirse perdidos y confundidos acerca de lo que se espera de ellos y cómo se relacionan los conceptos. Esto puede llevar a una falta de comprensión y una dificultad para aplicar los conceptos en situaciones prácticas y así mismo perder oportunidades de construir rigurosidad y evidencia de que STEM puede ser replicable y, por tanto, un enfoque con sustento para ser aplicado satisfactoriamente en cualquier lugar. Sin

embargo, vamos entendiendo que estos sistemas que en apariencia se ven sólidos y grandes, comienzan a verse fluidos y diluidos en las prácticas mundanas.

H funge en el grupo STEMCol como un actor que quiere orientar con rigurosidad la educación STEM e insiste que la robustez STEM que pretende Z para transformar la educación en Latinoamérica, solo es posible si un caso exitoso puede ser replicado utilizando unidades complejas para resolver problemas complejos con una orientación que sólo los NGSS podrían conseguir. En este punto, estos estándares representan un conflicto, tal como nos advierte Mol (2002). Podríamos decir, entonces, que se ensambla una suerte de *STEM falso*, solo por el afán de promover las promesas de la educación STEM para *salvar al país y llevarlo al debido camino del progreso y desarrollo* a través del ensamble de robots y drones.

De hecho, K, quien se ha desempeñado como un referente en la educación de ciencia y tecnología en el país por más de 20 años y es miembro fundador de una iniciativa educativa en ciencia y tecnología⁵³ de larga trayectoria y buena reputación, reconoce que lo que ha ocurrido en el país en los últimos 8 años es un boom sin mayor sustento.

-Empezamos a explorar el movimiento STEM en el mundo como en 2004 ó 2003, más o menos. De hecho, se generó cuando estábamos en la Universidad de los Andes en torno a la Maestría de Educación con una profundización y en ese momento dijimos: pero no vamos a utilizar el acrónimo STEM pongámosle en español y lo pusimos CTIM. Y así se llamaba profundización en la educación en las áreas CTIM. Y eso lo montamos desde 2004. Pasó mucho tiempo y realmente en Colombia y en América Latina todo esto de STEM llegó como un boom hace unos 6 ó 7 años y realmente yo creo que es más espuma y digamos burbujas de aire que realmente lo que hay debajo de eso. Lo cual no quiere decir que es muy importante una educación sólida frente al tema de cambio climático, lo cual es una premura de la humanidad... hay que enseñarle al ciudadano promedio a comprender datos, a darse cuenta de lo que se nos viene encima. Y eso requiere una buena dosis de educación científica.” (transcripción entrevista a K, 2021 p. 4)

⁵³ El colectivo es una iniciativa educativa que tiene como objetivo fomentar el interés y la formación en áreas STEM entre estudiantes de Colombia. Esta iniciativa busca cerrar la brecha de género y diversidad en áreas STEM, promoviendo una educación más equitativa e inclusiva. Este colectivo ofrece programas de formación extracurricular y complementaria en áreas STEM para estudiantes de diferentes edades y niveles educativos. Estos programas incluyen talleres, cursos, competencias y actividades extracurriculares que buscan estimular la creatividad, el pensamiento crítico, el trabajo en equipo y el liderazgo entre los estudiantes. Asimismo, esta iniciativa también busca establecer alianzas con empresas e instituciones gubernamentales para crear oportunidades de prácticas y empleo para los estudiantes que participan en sus programas.

Este *boom* al que refiere **K**, lo obliga a cambiar de nombre a su emprendimiento utilizando el acrónimo STEM para no perder el *momentum* con el que entró STEM al país, sin perder la rigurosidad con la que viene haciendo su trabajo en educación científica y tecnológica, buscando como parte relevante en ésta, una alfabetización de datos para que el ciudadano promedio logre contextualizarse y tomar decisiones frente a la crisis climática que afecta al mundo. En este sentido, el emprendimiento de **K** se enfoca en cerrar brechas de género a través del fortalecimiento de la educación matemática ligada al pensamiento computacional (la cual considera como un constructo novedoso en la educación por no tener más de 20 años). Esto lo hace en colaboración con organizaciones en Canadá para formar docentes en diferentes líneas: matemáticas, ingeniería, ciencias naturales y enseñanza para el cambio climático. Así mismo, han sido asesores de diferentes proyectos con el MinTIC, el MEN y una cantidad considerable de organizaciones nacionales e internacionales que los posiciona como un colectivo estabilizado y de prestigio. Esta trayectoria ha sido más que suficiente para hacer parte de la Red STEM Latinoamérica liderada por la Fundación Siemens Stiftung, de la cual hablaremos más adelante.

Esta reputación les ha permitido construir un criterio riguroso frente a la educación científica y tecnológica donde los robots no deberían gozar de un espacio tan significativo en el desarrollo del pensamiento computacional:

Justamente peleamos contra eso, porque por ejemplo, los robots son pésimos para enseñar pensamiento computacional porque son un distractor mayor de las habilidades que se quieren desarrollar. Muchos venden el robot y detrás de eso tratan de vender la idea de pensamiento computacional, pero realmente en la actualidad, al menos para lo que es preescolar y primaria y toda la línea didáctica de computación desconectada, se llama así, es no utilizar computadores ni robot para desarrollar habilidades de pensamiento computacional. Las habilidades de pensamiento computacional tienen que ver con secuenciación, abstracción, descomposición, etcétera, etcétera, que son habilidades que se pueden desarrollar mucho mejor sin computadores y sin robots. A partir de cuarto o quinto grado de primaria, es bueno que los niños empiecen a tener contacto con tecnologías y/o robots. Lo que proponemos son tarjetas didácticas muy sencillas tipo Arduino, tipo micro bit, que son tarjetitas hechas para introducir al niño en actividades sencillas de programación en la capacidad, por ejemplo, de leer sensores para registrar variables físicas y luego analizarlas, o sea cositas de ese tipo que lo llevan a llevar al estudiante a utilizar un

poco de estadística, a procesar pequeños volúmenes de información. Va muy en esa línea.

Realmente no promovemos el uso de robots porque de hecho la literatura es bastante negativa, sobre todo cuando se hace de forma muy precoz, salvo casos muy particulares, muy bien manejados. Parte de las revisiones que hemos hecho en literatura, por ejemplo, muestran que las pantallas, toda educación mediada por pantallas de lo que sea antes de tercero, cuarto, primaria es perjudicial para los niños, generan más daño que beneficio.

Entonces hemos evitado, digamos, introducir cualquier cosa que implique una pantalla antes de cuarto de primaria. (transcripción entrevista K, p. 13)

Sin embargo, desde el colectivo de K y sus aliados tampoco se promueven o se utilizan los NGSS. Es extraño ver como un dispositivo pedagógico como estos estándares que tardaron tantos años en ser desarrollados, se diluyen de repente en Colombia y probablemente en Latinoamérica. Este *momentum* de STEM en la región va tan rápido que olvida en el camino a los estándares que sostienen a la educación STEM en Estados Unidos como un constructo riguroso. Prescindir de los estándares NGSS en las prácticas situadas que emergen puede ser un punto de conflicto frente a la rigurosidad que exigen algunos de sus distintos actores, pero también funge de articulador de un STEM que se ensambla en Colombia y muy probablemente en la región Latinoamericana. ¿La moda olvida el rigor? ¿Será el presagio de la caída del *vuelo STEM* en Colombia?

-A mí me preocupa mucho esto porque vamos a terminar quemando la idea de una buena educación STEM detrás de una moda, que es lo que ha pasado en Colombia. Cada que llega a las modas se montan mal y luego terminan satanizada porque no funcionan. Una persona puede contar varias iniciativas que en Colombia les pasó eso, que llegaron, se implementaron mal, dieron malos resultados y terminan satanizadas y dejadas de lado.”

(transcripción entrevista a K, p. 6)

Finalmente, el presunto *STEM falso* es solo *espuma* que puede acomodarse fácilmente a donde llega; como un fluido amorfo que se moviliza por las promesas de sus retóricas. Sin embargo, ¿sería injusto con el grupo STEMCol y las prácticas derivadas calificarlos como divulgadores de un *STEM falso*? ¿Cuántos esfuerzos, recursos e iniciativas movilizadas por una pasión por la ciencia y la tecnología para ser calificados de *espuma*? ¿Qué es este STEM sin estándares NGSS? ¿Qué se ensambla aquí y probablemente en Latinoamérica?

Aquí recurro a P, asesor del programa *Chicas STEAM*, una iniciativa del museo interactivo Maloka y de MinTIC para favorecer la equidad de género en estas áreas. Él nos cuenta que la

conexión controvertida entre la propuesta educativa y el término STEM/STEAM (y sus múltiples acrónimos como STEM + H; STEM+ I; etc...) ha generado debates y ha evocado la metáfora del movimiento antropofágico brasileño. Hace casi un siglo, este movimiento buscaba *devorar* y recodificar los modelos artísticos europeos desde una perspectiva americana, desafiando el discurso cultural dominante de Europa. En lugar de reproducir la historia existente, el manifiesto antropofágico promovía una transformación constante y una ética alternativa. Esta estrategia de asimilar y transformar la historia universal para crear algo único y sorprendente sigue siendo relevante en la actualidad. STEM por tanto se *devora* en la región para hacer emerger algo distinto a lo original y hegemónico (Franco-Avellaneda & Corrales-Caro, 2021). Es una oportunidad para alejarse de visiones deterministas y colonialistas.

Ahora en Chicas STEAM, la consciencia sobre *devorar* STEM/STEAM es clara. Sin embargo, para el grupo STEMCol ha sido un proceso más espontáneo dada la desorientación que están atravesando (ver aparte: Aterrizar: desilusión y desorientación en el momentum). **Z** responde esta encrucijada con la intención de su segundo libro que busca establecer un marco de referencia para la región latinoamericana. ¿Qué tanto impacto generará su libro en la implementación de STEM?

Por lo pronto, solo podríamos aproximarnos a que STEM en Latinoamérica es algo *que se está haciendo* (Mol, 2002), una *cosa* inestable (Latour, 2005) que moviliza materialidades y prácticas como las que ensamblaron a un dron in-móvil sin la sofisticación necesaria, como nos comentaba **H**. Pero, ¿dónde ubicar todas estas iniciativas del grupo STEMCol en esta red que se ensambla por el poder de un acrónimo?

Habitar un nicho en el Ecosistema STEM+: influenciadores y difundir rigurosamente en el momentum (interessement)

Urry (2012), en su libro *Sociology beyond societies*, dedica un capítulo en entender lo que significa el *habitar un lugar (dwellings)*. Para él los lugares son "[...] como barcos. No son algo que permanezca en un solo lugar, sino que se mueven dentro de redes de agentes, humanos y no humanos. Los lugares se tratan de relaciones, sobre la colocación de materiales y el sistema de diferencias que realizan. Los lugares deberían ser considerados como colocados en relación a conjuntos de objetos en lugar de estar fijados a través de sujetos y sus significados e interacciones humanas únicas." (ídem, p. 134). En este sentido, las interacciones entre humanos y no-humanos generan una comunidad con un sentido de pertenencia y que le da un valor móvil al *lugar que se habita*. La permanencia de esta comunidad depende del grado de satisfacción emocional que obtienen de objetivos compartidos o experiencias comunes en una escala de temporalidad. Estas asociaciones, nos explica Urry, les permiten a las personas experimentar con nuevas formas de habitabilidad que a menudo son temporales y que implican diversas formas de movilidad. Al proporcionar lugares relativamente seguros para probar su identidad y contextos para aprender nuevas habilidades, estas asociaciones pueden empoderar a las personas. El grado de descentralización del poder desde un centro, el nivel de especificación formal de la estructura organizativa, el nivel y las formas de participación a nivel local, los tipos de acción en los que se involucra la membresía y el grado en que la membresía está vinculada a redes que cruzan las fronteras nacionales e involucran diversos modos de viaje, son factores que varían en estas asociaciones. Los integrantes de estas asociaciones se organizan por cuenta propia y suelen sentir rencor hacia los expertos externos que intentan indicarles cómo deben comportarse o gestionarse a sí mismos (ídem, p. 143).

Para el colectivo STEMCol, la tecnofilia y la pasión por la educación científica a través de STEM, son factores que les permiten vivenciar juntos un lugar que, como hemos visto, se ensambla por una red de retóricas, materialidades y sus interacciones con los humanos miembros. A esta forma de *habitar* la he querido denominar *nicho*⁵⁴, la cual se sintoniza muy bien con la

⁵⁴ En ecología, un nicho es el papel que una especie juega en su ecosistema, incluyendo su posición en la cadena alimentaria, sus hábitos de alimentación, comportamientos de reproducción y otros factores. En el contexto de la divulgación de la educación STEM, se podría metaforizar un nicho como el papel que juega un

metáfora de *Ecosistema STEM* que la Red STEM Latam⁵⁵ (promovida principalmente por la Fundación Siemens Stiftung) divulga en los sitios web de sus aliados. El nodo (hasta el momento visible) que conecta a nuestros protagonistas con este Ecosistema STEM fue una presentación que **Z** realizó al cierre de un evento en Julio del 2022 que convocó el MEN y la Fundación Siemens Stiftung en torno al programa *Territorios STEM+* del cual hablaremos en la última sección de este capítulo y que, adicionalmente, contó con la participación de 21 Secretarías de Educación de todo el país. Así mismo, una charla en la Secretaría de Educación de Boyacá en marzo de 2022 y un curso virtual enfocado en la E de STEM en asociación con el colectivo de **K** y el grupo innovaTE de la Universidad Nacional, financiado por la Fundación Siemens Stiftung. El grupo STEMCol se va consolidando como un actor relevante en la difusión de STEM en el país, pero quizá no al ritmo que ellos quisieran. Quizá la razón se encuentre en una posible desorientación de las metas que quiere realizar el colectivo. **T** nos puede dar ciertas luces:

Me puse a reflexionar mucho con cuál va a ser nuestro rol. Hoy es el día que todavía no sabemos cuál va a ser el rol de STEMCol. Estamos discutiendo porque es una tarea compleja.

En otros países casi siempre tienen una organización súper financiada que puede hacer cosas. Y pues acá somos apenas seis pelagatos que están como cada uno, sobreviviendo en su empleo, en su vaina y le dedicamos unas horitas a la semana o para charlar. Entonces nada, pues estamos en esa discusión. El tema de STEMCol de que cuál va a ser nuestro rol, si realmente vamos a ser es un factor dinamizador o si nos la vamos a jugar a intentar proponer un marco conceptual para empezar a discutirlo con algunos entes, o con algunos profesores, o con algunas universidades, o si vamos a ser más bien generadores de material, que empiece a que la gente lo critique. Todavía no sabemos la verdad. Hay unas intenciones de sacar algunas actividades ahorita de comenzar a hablar nosotros. Sin embargo, cada uno tiene su propio proyecto, pues todos somos como emprendedores más o menos. Pero digamos que yo no sé que somos, somos es como un grupo de apasionados que todavía no tienen claro cómo impactar, pero sabemos que toca hacerlo, ¿no? Ese rol no

colectivo de personas en la promoción de la educación STEM en su comunidad. Al igual que una especie puede ser un "especialista" en su nicho ecológico, un grupo puede especializarse en la promoción de ciertos aspectos de la educación STEM, como la programación informática, la robótica, etc...

⁵⁵ La Red STEM Latam es una comunidad virtual que promueve la educación en las áreas de STEM en América Latina. El núcleo que organiza esta Red es la Fundación Siemens Stiftung. El ecosistema STEM para la Red STEM Latam se refiere a la red de actores y recursos que trabajan en la promoción, la enseñanza y el aprendizaje de las disciplinas de STEM en la región, incluyendo a docentes, investigadores, estudiantes, instituciones educativas, organizaciones no gubernamentales, empresas y otras entidades que trabajan en este campo. El objetivo es fomentar la colaboración, la innovación y el desarrollo de nuevas estrategias y herramientas para mejorar la calidad de la educación STEM en América Latina.

lo va a tomar la universidad, no lo va a hacer el gobierno entonces eso y si lo llegan a ser, va a ser algo como muy... No sé. Algo muy como primero busco mi interés y ahí vamos metiendo a la gente, que es lo que yo vi en otros países. Entonces, casi siempre los modelos que yo vi funcionaban en algunos de estos países. Cuando uno lee literatura, casi siempre son colectivos o de organizaciones, son como que fundaciones o cosas que se alejan un poquito del gobierno que dependen de ellos en plata, pero que no están sujetos a visiones políticas o a intereses de alguna organización privada en particular. Entonces ahí estamos. Eso es como lo que te puedo contar del grupo. (transcripción entrevista a T, p. 17)

Del primer curso que Z y T dictaron y del cual emerge el proyecto de drones de L, ya van más de 10 versiones y ahora se estabilizó como un curso asincrónico permanente. Actualmente, STEMCol ofrece talleres itinerantes enfocados en prácticas y actividades de enseñanza en diferentes regiones del país, además de seguir construyendo red. A esto se le suman los conversatorios que difunden por Youtube y los dos congresos que han realizado. La finalidad sigue siendo una *divulgación rigurosa*, según ellos, instruyendo a su audiencia sobre lo que es STEM, su importancia y las posibilidades que se prometen en torno a las habilidades que un ciudadano promedio tendría que enfrentar ante el crecimiento exponencial de la tecnología.

-Entonces son iniciativas que se están dando y si usted me entiende, sí estamos en una fase de difusión que no sé cuánto dure, que la idea mía es que apenas la comunidad sea cada vez mayor, pues podamos empezar a hacer implementación. Otra cosa importante, los problemas estructurales y la educación en Colombia y en América Latina son impresionantes. Y en eso también hemos trabajado con K sobre el tema. K nos ha contado que en sus 20 años de trabajo ellos han tenido que ver de primera mano cuáles son los problemas reales que hay de los docentes frente a su capacidad docente y su capacidad como infraestructura educativa.” (transcripción entrevista a Z, p. 18)

Es curioso que, aunque los conversatorios realizados por STEMCol en su canal de YouTube no tienen una gran visibilidad, con un rango de 20 a 500 vistas, han puesto mucho más esfuerzo en las dos ediciones del Congreso de Educación STEM donde han invitado a figuras relevantes de la educación científica nacionales e internacionales. *Divulgar rigurosamente* se traduce en estas estrategias que le permite al colectivo STEMCol *habitar un nicho dentro del Ecosistema STEM*. En otras palabras, puede ser una forma de *interressement*, en el sentido que Callon (1986) explica cuando un conjunto de acciones intenta imponer y estabilizar la identidad de los demás actores que define a través de su problematización y se utilizan diferentes

dispositivos para implementar estas acciones. Es decir, STEM como una necesidad para afrontar la crisis educativa, el progreso de la nación y la fuerza laboral del país en ciencia y tecnología, a través de conversatorios en Youtube, libros, cursos, talleres, congresos y, como ya vimos, estudiantes de bajos recursos ensamblando drones. ¿Pero este *interessement* es genuino?

Algunos expertos españoles en educación científica, como García-Carmona (2020) y Toma & García-Carmona (2021), sugieren que STEM o STEAM es simplemente un eslogan de moda utilizado por *influenciadores*. Estos autores utilizan de manera sarcástica el significado literal de STEAM (vapor) para enfatizar que aquellos que promueven este tipo de educación solo están *vendiendo humo*. De hecho, ellos equiparan STEM con la posverdad, desde una perspectiva de la didáctica de las ciencias, y argumentan que STEM/STEAM es un intento de darle un toque de glamour al ámbito curricular científico-tecnológico, el cual siempre ha incluido las matemáticas, las ciencias naturales y la tecnología en el contexto educativo español. Es posible que esta percepción también se aplique en Colombia y en otras regiones, en colectivos que, como STEMCol, no tienen claro cómo impactar de una manera más acelerada, más que con la *difusión rigurosa*. Ir velozmente por el *momentum* STEM en el país, no permite ver con más claridad la orientación que quieren darle a sus iniciativas. Quizá *ver el bosque y no los árboles* en este Ecosistema STEM les permitirá adoptar una orientación respaldada por mecanismos de estabilización mucho más sólidos que los actuales (los cuales serán discutidos más adelante) y con un enfoque pedagógico validado.

Urry (2012, p.143) también nos permite entender que tales agrupaciones o asociaciones normalmente se unen por elección y las personas son libres de irse. De hecho, las personas entran y salen rápidamente de tales asociaciones. Este fue el caso de **H**, quien decide abandonar el colectivo STEM, por falta de claridad en sus metas y por visiones distanciadas de cómo se debería implementar STEM, más allá de una *divulgación rigurosa* que es la fase en la que **Z** cree estar con el colectivo para pasar a una posterior implementación. Emigrar del *nicho*, también es una opción. El *ascenso y vuelo* de STEM quizá necesite de un *aterrizaje* para repensar mejor las cosas.

Aterrizar: desilusión y desorientación en el *momentum*.

-Lo que sí me parece es que la educación STEM ahorita tiene mucho *momentum*, como que es la bola que va a bajar así en el momento porque pues suena muy buena la cosa, pero yo creo que pedagógicamente ese *momentum* no está ganando fuerza. Si tiene como que en ventas en sí, como que la parla ha cogido mucha fuerza, pero yo creo que hay muchas personas que de a poquito se han venido dando cuenta que no se logran los cambios tan impresionantes que se estaban vendiendo. He visto eso como una desilusión. Entonces yo creo que en unos cuantos años ese *momentum* se va a acabar y la bolita se va a parar pronto. El problema no es el término. La falta de discusión sobre qué diablos es la educación STEM y cómo se traduce eso en la práctica. Estamos hablando en idiomas totalmente diferentes. El problema es ese. Cada uno tiene su visión. Si es bueno entender los ejes principales que mantienen al movimiento STEM para que pueda cumplir con los ideales que hay detrás. Sí. Entonces, si queremos que haya equidad, cómo se tiene que hacer de manera sistémica para lograr esa equidad, cómo sucede desde el currículo, cómo desde la evaluación, cómo se ve desde el entrenamiento profesional, desde el desarrollo de docentes, etc... (transcripción entrevista a H, p. 9)

El *momentum* es sostenido por el marketing que ha rodeado a STEM desde su arribo al país, como nos cuenta H. La rapidez con la que se moviliza STEM impide ver con claridad una orientación más precisa. *Es como montarse en el bus equivocado. Solo porque va muy rápido ahorita, tiene un montón de energía pues nos montamos todos en ese bus pero no va a lograr mucha cosa cuando se acabe la bajada... ahí nos jodimos.* Es un STEM ambiguo, muy poco conectado con nuestras realidades.

-Me siento cuando uno va en un bus sin frenos cuesta abajo, pero con bolsas negras en las ventanas o con los ojos cerrados. En serio, como que vamos todos metidos en un bus bajando a toda m... y van algunos tratando de pelearse el timón porque no hay un liderazgo claro. Ni de los actores individuales ni un liderazgo como desde los de arriba como los ministerios o secretarías. No hay un trabajo colaborativo que se necesita pero ya. Siento que cuando lleguemos a una planicie llegamos todos cascados porque no cogimos la ruta más adecuada y no la supimos aprovechar. Como que le invertimos un montón de recursos a algo que desde sus inicios no tenía futuro. Yo creo que a mí me gustaría quitarle esas bolsas negras a ese bus que va en bajada. No vamos para ningún lado. Ahorrémonos este esfuerzo en vano porque no lo vamos a lograr. Dejemos de ser tan idealistas porque la visión de Z que vamos a transformar la educación latinoamericana es como... primero usemos evidencias. Resaltar el rol de la investigación en la educación para mí es como lo ideal. Si usted va a hacer esta cosa tiene que coleccionar evidencias que le permitan a usted evaluar sus objetivos.”(Transcripción entrevista a H, p. 18)

La investigación claramente abriría las puertas a una verdadera rigurosidad. No se trata de *copiar-pegar* como me contó posteriormente **H**. Esto claramente le resta credibilidad a la educación STEM. Tantas visiones múltiples y prácticas descentralizadas en un contexto tan complejo como Colombia merece ir más despacio, sin afanes. No se trata de ensamblar una educación para alcanzar el *crecimiento exponencial de la tecnología*. Esto precisamente ha servido para que varias instituciones educativas vean con recelo el *boom* de STEM a pesar del viaje diverso, múltiple y descentralizado que ha tenido por el país y la región.

En la actual modalidad de conversatorios que tiene el colectivo STEMCol en Youtube que se originó en abril del 2023, su primer episodio plantea si vale la pena la educación STEM. La charla gira entre **U**, **B**⁵⁶ y **Z**. Se percibe a **B** con un tono de desilusión, cansado quizá de persistir en la educación STEM al no ver resultados inmediatos frente al esfuerzo que han realizado. Comentan las dificultades que han tenido en sus respectivos lugares de trabajo que son principalmente colegios privados. **U** inicia la charla refiriéndose a su experiencia en uno de esos colegios como coordinadora STEM (en el cual dejó de laborar), enfocándose en las expectativas de las directivas que ven a los estudiantes como si fueran *chasis* a los que se les va añadiendo cosas (refiriéndose a tecnologías más sofisticadas) y que la educación STEM que ella promovía recurría a elementos más sencillos. **Z**, tratando de evaluar los testimonios de sus co-equiperos, alude que la implementación STEM en las instituciones sean estas colegios o universidades públicos o privados se resiste ya que no está comprobado que STEM funcione. Sin embargo, insistir es un riesgo que valdría la pena asumir, según **Z**.

Durante el primer congreso organizado por el colectivo, **J** plantea la idea de considerar la educación como *una forma de ingeniería*, con el objetivo de diseñar la mejor educación posible para los niños. Esta perspectiva encuentra eco en **Z**, quien en el conversatorio en YouTube utiliza los cohetes de Elon Musk como ejemplo para ilustrar la falta de disposición al riesgo por parte de las instituciones en la implementación del enfoque STEM.

⁵⁶ U y B son miembros asesores de STEMCol. U es la primera mujer en trabajar con ellos y es mencionada en la política *Visión STEM +*. B es un miembro relevante en la dinamización del colectivo y quien guió a T para que se contactara con Z, antes de que el colectivo se formara propiamente. A B, lo conocí en un colegio privado donde laboramos juntos, cuando yo recientemente iniciaba la maestría y recuerdo su entusiasmo y buena disposición frente a actividades que requerían una buena dosis de creatividad e ingeniería.

Z relata la historia del lanzamiento de un cohete de la compañía Starlink en abril de 2023, cuyo propósito era medir parámetros de mejora en el vuelo. Aunque el cohete explotó, **Z** argumenta que para los ingenieros este evento no fue un fracaso, sino un logro, ya que les permitió enfrentar nuevos desafíos y superar dificultades anteriores. Esta narrativa resalta la disposición de la compañía de Elon Musk a asumir riesgos, respaldada por sus recursos abundantes para construir y reemplazar cohetes.

Resulta llamativo cómo **Z**, influenciado por su fascinación por la tecnología, utiliza esta metáfora del riesgo asumido por la compañía de Elon Musk para contrastar con la falta de disposición al riesgo por parte de las instituciones educativas en relación a la educación STEM. Implícitamente, **Z** sugiere que las instituciones que adopten el enfoque STEM, deberían tratar a los estudiantes como *simples chasis* que pueden ser moldeados según los principios de la ingeniería educativa STEM, como si fueran *reemplazables*. Demasiado optimismo aumenta el *momentum* y así mismo la desorientación pedagógica.

Las distintas intervenciones de **Z**, animan cada vez más a **B** durante este conversatorio. Se le ve más apasionado y dispuesto a persistir. Sin embargo, es claro que el vuelo STEM encuentra una resistencia en las distintas instituciones educativas (no todas) en las que ellos han intentado intervenir. En algunos casos, son invitados a dar charlas para divulgar STEM y su relevancia en la educación universitaria, en otros, plantean talleres itinerantes para docentes que ven con optimismo al acrónimo. Sin embargo, esto no parece ser mecanismo suficiente para la implementación que el colectivo sueña. A pesar de ciertos logros del colectivo como cierta intervención en política pública (que veremos en el próximo aparte) y en algunas instituciones educativas públicas y privadas, el *aterrizaje* a las ilusiones, promesas e idealismos se hace necesario si de verdad quieren una transformación educativa en Latinoamérica. Bajar la velocidad del *momentum* y orientarse a través de una investigación rigurosa y lenta podría seguirle dando vida a STEM y sostener *el vuelo* que aún se percibe inestable.

¿Estabilizando el vuelo STEM en Colombia?: mecanismos múltiples.

El vuelo de STEM se desplaza, se traduce. Desplazar es traducir hasta que todos hablen al unísono (Callon, 1986). En este sentido, algunos mecanismos que parecieran estabilizar el *vuelo de STEM* en el país podrían ser políticas educativas, formación de docentes, participación de la empresa privada, divulgación y conciencia pública sobre la importancia de STEM para el país, y la inclusión y la equidad. Para Callon (ídem), el proceso de estabilización de una red se da en una serie de pasos que pueden reducirse a lo siguiente: problematización, reclutamiento (o inscripción) y movilización.

La problematización se refiere a la identificación y enmarcado de un problema o asunto que necesita ser abordado dentro de la red. Esto implica definir el problema, su alcance y su importancia. La problematización ayuda a crear un sentido de urgencia y la necesidad de acción. El reclutamiento implica persuadir y convencer a diversos actores para que participen y contribuyan a la red. Esto incluye obtener el apoyo de partes interesadas relevantes, como individuos, organizaciones o instituciones, presentando la red como una solución al problema identificado. A los actores se les asignan roles y responsabilidades dentro de la red, y sus intereses y objetivos se alinean con las metas generales de la red. La movilización se refiere a la participación activa y coordinación de los actores de la red en la búsqueda de los resultados deseados. Esto implica el intercambio de información, recursos y experiencia entre los actores para lograr los objetivos de la red. A través de interacciones continuas, negociaciones y colaboraciones, la red se estabiliza y gana impulso o *momentum*.

Para Law (2004), la estabilización ocurre a través del proceso continuo de *reordenamiento*, que implica la redistribución de la agencia, el poder y el control dentro de la red. Este proceso es impulsado por los intereses cambiantes e influencias de los actores involucrados. Por tanto, es dinámico y fluido y, así mismo, no es un proceso lineal o predecible. Las dinámicas de poder involucran las luchas y negociaciones por el control y la influencia dentro de la red. Implica negociaciones constantes, interrupciones y adaptaciones a medida que los actores luchan por afirmar sus intereses e influencia dentro de la red. Por lo tanto, la estabilización no es un estado fijo, sino un proceso continuo y en curso de reordenamiento y reconfiguración.

A continuación quisiera presentar una descripción sobre los mecanismos de estabilización que sustentan *el vuelo de STEM* y que emergen en el país. El colectivo STEM al que hemos dedicado ya varias páginas, funge aquí como un actor, entre muchos, enfocado en el *interesement* y la problematización, en términos de Callon (1986). Sin embargo, no es un *punto obligatorio de paso*⁵⁷ (ídem). Es decir, la red STEM que *se hace* en el país podría prescindir de ellos/ellas para estabilizarse y funcionar. A pesar de que el colectivo de nuestro interés logra ser mencionado en la política pública que emerge (Visión STEM +), sus acciones repercuten en redes que están en un grado menor de conectividad y que alimentan la divulgación de la necesidad de STEM en el país, así como en familiarizar a su audiencia con el acrónimo. Sin embargo, haber descrito algunas de sus prácticas solo nos confirma que las *redes globales se hacen* en las distintas *localidades* y de múltiples maneras. STEM encarnado en un dron, me permitió hallar la metáfora del movimiento y más puntualmente, la del *vuelo* para describir este paso del acrónimo en contextos situados en Colombia. Conectar este entramado de actores humanos y no humanos revela entonces cómo se despliega, en lo mundano, el anhelado viaje *hacia el progreso de la nación*.

STEMnautas: preparación docente para la Ruta hacia el futuro

-Con el fin de impulsar el interés de los niños, niñas, adolescentes, jóvenes, docentes y comunidades del país en las ciencias de la computación, así como su vinculación a procesos de formación, entrenamiento y generación de habilidades en el área de la tecnología (específicamente formación STEM), el Ministerio TIC, en conjunto con el Ministerio de Educación Nacional y Computadores para Educar y la Universidad Tecnológica de Pereira, diseñaron e implementaron el proyecto “Ruta STEM Colombia” para habilitar escenarios de activación y acercamiento a las tecnologías emergentes en pro de fortalecer las competencias del capital humano para afrontar la cuarta revolución industrial (4RI). El propósito es inspirar a estudiantes y comunidad en general del país a desarrollar su proyecto de vida apoyados en el poder transformador de la tecnología, desarrollando habilidades en áreas STEM y competencias siglo XXI. El proyecto consiste en desarrollar

⁵⁷ Se refiere a un elemento o actor específico dentro de una red que es esencial para el funcionamiento y la estabilización de dicha red. Este punto de paso se considera necesario para que la red pueda llevar a cabo sus actividades y mantener su coherencia. Callon sostiene que en una red, ciertos actores o elementos pueden adquirir una posición estratégica que les otorga un poder significativo. Estos actores o elementos pueden controlar el acceso a recursos clave, información crucial o relaciones importantes dentro de la red. Su papel como puntos de paso obligatorios les permite ejercer influencia y tener un impacto significativo en el desarrollo y la estabilidad de la red.

estrategias de apropiación digital con enfoque de educación STEM, mediante el uso de modelos educativos y plataformas digitales (con acceso a cursos y contenidos digitales) para desarrollar Rutas de Aprendizaje certificables (insignias digitales a través de exámenes de validación) que avalen la apropiación específica del curso tomado.” (Ministerio TIC, Ministerio de Educación Nacional, & Computadores para Educar. (s.f.). Ruta STEM Colombia. Recuperado de <https://especiales.colombiaaprende.edu.co/rutastem/ruta.html>)

Durante el gobierno de Iván Duque (2018-2022), el MEN y el MinTIC en conjunto con Computadores para Educar y la Universidad Tecnológica de Pereira diseñaron 2 versiones de la Ruta STEM (2021 y 2022) que como menciona la nota previa, propende por el *fortalecimiento de capital humano para afrontar la 4RI*. Esta iniciativa en su primera versión, invitaba a docentes del sector público a navegar las rutas hacia el futuro (ver Figura 34). En su segunda versión, la invitación se amplió a docentes del sector privado. Fue precisamente en la segunda versión que pude acceder a algunos materiales y foros. Lo primero que me sorprendió al ingresar era este tono futurista que mostraba toda la plataforma: astronautas, extraterrestres y planetas por explorar (ver Figura 35).



Figura 34 Mensaje de bienvenida al programa Ruta STEM

¿Partir a dónde? Probablemente a ese futuro que nos hará *escapar del planeta*, donde encontraremos retos en diferentes *sistemas planetarios*. Cada docente inscrito protagonizaba un *viaje* de acuerdo a su nivel inicial de conocimientos STEM otorgado por una prueba diagnóstica.



Figura 35 Las diferentes Rutas STEM por distintos sistemas planetarios.

En los foros se dejaba ver cierto optimismo por parte de *STEMnautas*, quienes con esperanza asumen que son agentes de cambio para promover esa visión de *progreso* que nuestro país necesita (ver Figura 36). El *interesement* tiene un efecto contundente.

#1 · julio 20, 2022, 11:28 am

Quote

Es grato poder iniciar nuevamente la participación en este maravilloso programa del Ministerio, espero poder participar activamente, debatir, argumentar y opinar sobre las mejores propuestas educativas de los maestros más importantes de Colombia como somos os que con ideas como esta estamos cambiando el pensamiento de las nuevas generaciones de Colombia con un pensamiento enfocado al cambio que el mundo necesita

Bienvenidos a todos y desde Manizales del alma

Figura 36 Saludos en el foro de la plataforma por parte de un STEMnauta residente en Manizales. Los STEMnautas se encuentran dispersos en diferentes municipios y ciudades del país, desde Galapa hasta Bogotá.

Ser STEMnauta implica formarse en conceptos STEM como pensamiento computacional o relacionar las matemáticas con pensamiento crítico, con bastante incidencia de la creatividad (ver Figura 37). En este caso, un extraterrestre aparece como si este tipo de conocimientos y habilidades fueran universales. Esta ambientación gamificada produce imaginarios del futuro que STEM nos promete. El extraterrestre aparece como un símbolo de la evolución del ser humano a una forma de vida que trasciende los límites biológicos y tecnológicos. Este ser representaría el potencial de la humanidad para transformarse a sí misma mediante la tecnología y la ciencia y alcanzar niveles de conocimiento y habilidades que hoy en día parecen imposibles. De nuevo, el transhumanismo se repite como una forma de escapar de discapacidades; como una forma de escapar de un planeta que está en crisis.



Figura 37 Un extraterrestre promoviendo la creatividad, la resolución de problemas y el pensamiento computacional.

Así mismo, la metáfora del extraterrestre podría ser una forma de representar la idea de que la educación debe preparar a los estudiantes para un futuro incierto e impredecible, en el que las transformaciones tecnológicas y sociales pueden ser radicales. En este sentido, el extraterrestre representaría el cambio y la innovación y la necesidad de desarrollar habilidades y competencias que permitan a los estudiantes adaptarse y prosperar en un mundo en constante cambio. Al utilizar un enfoque lúdico y una narrativa atractiva, los y las

docentes pueden sentirse más comprometidos con el proceso de aprendizaje y estar más dispuestos a participar en las actividades propuestas. Además, el uso de personajes extraterrestres puede ayudar a los docentes a comprender conceptos complejos de STEM de una manera más accesible y amigable. Al representar estos conceptos en un contexto divertido e imaginativo, los y las docentes pueden sentirse más cómodos al explorar y aplicar estos temas en su enseñanza.

Adicionalmente, ser STEMnauta también implica difundir el acrónimo mediante proyectos que tengan un alcance de alto impacto. Entre más personas vinculadas al proyecto (docentes, directivos y estudiantes) mayor puntuación tendrá en un Torneo Nacional STEM que se realiza al finalizar el curso. Los 12 mejores proyectos recibían incentivos que como especifica la página eran *smartphones*. Algunos de los mejores proyectos de los 5000 docentes a quienes se esperaba *reclutar*, eran muy distintos a los del dron. Por ejemplo, reciclar, lecturas recreativas, reflexionar en la trascendencia del ser, monitoreo del gas natural, etc... *Hacer STEM*, en este caso, no necesariamente implicaba una tecnología sofisticada (ver Figura 38). Más bien suenan a proyectos que usualmente se realizan en las aulas desde que la *Escuela Activa* comenzó a difundirse por el país desde hace ya varias décadas. ¿Qué tan necesario es el acrónimo entonces? Como nos invitaban a pensar García-Carmona (2020) y Toma & García-Carmona (2021), quizá STEM es una vestidura que le da glamour a la educación para simplemente *enactuar* un cambio, para evitar ese *miedo al estancamiento*.

Nombre Proyecto	Establecimiento Educativo	Departamento	Municipio
STEAM+T: Innovando en la trascendencia del ser, con actos reflexivos desde la infancia para mejorar nuestro entorno	Cibercolegio UCN	Antioquia	Medellín
Ancestrales – guías de poder	El Crucero – sede principal rural	Cauca	Sotará
Monitoreo del gas natural que se utiliza en el restaurante escolar de la institución educativa agropecuaria marco Fidel Suárez del municipio del Carmen de Atrato chocó	Institución educativa agropecuaria marco Fidel Suárez	Chocó	El Carmen de Atrato
Lecturas recreativas como estrategia didáctica para el fortalecimiento de la comprensión lectora en estudiantes de grado sexto	Institución Educativa María auxiliadora	Córdoba	Valencia
Leonistas transforming tire recycling for our wellbeing	LEON XIII de Soacha	Cundinamarca	Soacha
Propagación y conservación de flora nativa como un acercamiento a la restauración ecológica de bosques andinos y fomento del emprendimiento familiar apoyado por una app, en las veredas de alto planes y buenos aires, isnos, huila.	Institución Educativa Bordones	Huila	Isnos

Figura 38 Resultado de los mejores proyectos del Torneo Nacional STEM. (MinTIC. Recuperado de: <https://talentodigital.mintic.gov.co/734/w3-article-238249.html>)

Al momento que escribo estas palabras, la Ruta STEM 2023, no se ha desplegado. En las páginas del MEN y MinTIC aún no se publicita esta estrategia que, a esta altura del año pasado (2022), ya se había difundido. El cambio de gobierno a mitad de año del 2022 al de Gustavo Petro (2022-2026) desvía las prioridades educativas. El *mecanismo de estabilización* de STEM del anterior gobierno, no necesariamente es el mismo en el gobierno siguiente. Las visiones políticas distintas son ejemplo de lo que nos mencionaba Law (2004) sobre el *reordenamiento*, como una dinámica fluida de negociaciones y redistribuciones de agencia y poder. La Ruta STEM hacia el futuro pareciera no ser un mecanismo estable. ¿Qué mantiene a STEM entonces en el país?

Conquistando Territorios STEM +: punto obligatorio de paso.

Los Territorios STEM en Colombia son áreas geográficas específicas que se han identificado como prioritarias para el desarrollo de habilidades y competencias STEM. Los actores involucrados en estos territorios pueden variar dependiendo de la iniciativa o programa específico, pero generalmente incluyen entidades gubernamentales como el Ministerio de Educación Nacional, universidades, empresas privadas y organizaciones no gubernamentales. También pueden involucrar a docentes, estudiantes y miembros de la comunidad local. Estos Territorios son promovidos por la Fundación Siemens Stiftung, no solo a nivel nacional sino a nivel Latinoamericano (ver Figura 39). Esta fundación es el *corazón* de la Red STEM Latinoamérica o en palabras de Callon (1986), el *punto obligatorio de paso*.



Figura 39 Red STEM Latam coordinada por la Fundación Siemens Stiftung. (Fundación Siemens Stiftung.

Recuperado de: <https://educacion.stem.siemens-stiftung.org/red-stem-latinoamerica/>

El objetivo de los territorios STEM es fomentar el desarrollo de habilidades y competencias en STEM en poblaciones vulnerables y desfavorecidas, brindando acceso a recursos y oportunidades que les permitan desarrollar su potencial en estos campos y, en última instancia, mejorar sus perspectivas de empleo y bienestar económico. En el caso específico de Colombia, la Fundación Siemens Stiftung ha enfocado sus esfuerzos en apoyar la educación STEM en diferentes regiones del país, mediante la creación de programas y proyectos educativos, la formación docente y la colaboración con universidades y empresas para el fomento de la investigación y el desarrollo tecnológico. En este sentido, el MEN realizó el Encuentro Nacional STEM+⁵⁸ en Julio de 2022, para la consolidación y reconocimiento de la educación STEM en los territorios de Colombia. 22 Secretarías de Educación certificadas fueron *reclutadas*, o mejor, *conquistadas*, como Territorios STEM+: Bogotá, Boyacá, Caldas, Cesar, Quindío, Risaralda, Valle del Cauca, Vichada, Itagüí, Barranquilla, Envigado, Tuluá, Loricá, Sabaneta, Pereira, Soacha, Manizales, Armenia, Mosquera, Popayán, Ibagué y Yumbo (ver Figura 40)

1



Figura 40 Mapa de los Territorios STEM+ conquistados en Colombia. (Ministerio de Educación Nacional. Colombia Aprende. Recuperado de: <https://colombiaaprende.edu.co/recurso-coleccion/territorios-stem>)

49 El mismo en que Z participó dando una charla al cierre de este evento.

Para *conquistar* estos puntos geográficos y convertirlos en *Territorios STEM+*, es necesario seguir una ruta (no es la misma de la que ya hablamos arriba) (ver Figura 41). Es una ruta de articulación de redes que como dice la Fundación Siemens Stiftung en su página *puede ser del tamaño de un estado, una ciudad o de un grupo de comunidades o escuelas de un mismo barrio. Todos, sin importar su tamaño, forman parte de la Red de Territorios Latinoamérica coordinados por Siemens Stiftung* (Fundación Siemens Stiftung, recuperado de: <https://educacion.stem.siemens-stiftung.org/territorio-stem-latinoamerica/>).

Ruta para la conformación de Territorios STEM+



Figura 41 Ruta para la conquista de Territorios STEM+. En Guía Metodológica Para la Conformación de Territorios STEM+. Recuperado de: <https://colombiaaprende.edu.co/recurso-coleccion/territorios-stem>

Adicionalmente, este proceso se media por una *Caja de Herramientas*, los cuales son recursos de apoyo e instrumentos de gestión. Esta caja se conforma de 22 *kits* de documentos que permiten mantener una guía y monitoreo de la ruta propuesta para la conformación de estos territorios. El carácter bidimensional de la representación de la imagen 39 no permite ver la tridimensionalidad de las interacciones que se constituyen. *Descajanegrizar* esta bidimensionalidad hacia la tridimensionalidad de las interacciones humano/no humano merece un capítulo aparte o quizá toda una tesis enfocada en esto. Por lo pronto, destaco que dentro de estos *kits* se mencionan el Plan Decenal de Educación 2016-2026 y los documentos Conpes 3975: Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial; el Conpes 3988: Tecnologías para Aprender: Política Nacional para Impulsar la Innovación en las Prácticas Educativas a través de las Tecnologías Digitales y el Conpes 4069: Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2022 -2031, como documentos que permiten considerar el enfoque STEM+ como una posibilidad para impulsar la innovación

educativa y generar cambios transformadores en las regiones involucradas, tal como se ha descrito anteriormente.

Por otro lado, en la región se han realizado dos Encuentros de la Red STEM Latinoamérica. El primero en Bogotá (en noviembre de 2021) y el segundo en Monterrey, México (en enero de 2023). El objetivo del primer encuentro era *forjar la innovación educativa* y del segundo *fortalecer alianzas para la transformación educativa*.

La Fundación Siemens Stiftung, por tanto, se erige como el nodo de la red STEM que se ensambla en Latinoamérica con una alta conectividad y que articula políticas nacionales, ministerios, secretarías de educación, empresas privadas, instituciones educativas públicas y privadas, estudiantes, colectivos STEM que divulgan este enfoque por pasión y todas las materialidades que emergen de estas prácticas de negociación para conquistar Territorios. Difícilmente emergerá en la región alguna organización que pretenda implementar a STEM con este alto poder de agenciamiento. La representación de los mapas dan muestra de ello. ¿El gobierno de Gustavo Petro (2022-2026) *redistribuirá* este poder y esta agencia? Por el momento, al menos la agencia que tiene cada Secretaría de Educación podría mantener a STEM *volando* en el país.

De hecho, en mayo de 2023, la Secretaría de Educación Distrital de Bogotá, en colaboración con el Parque Científico de Innovación Social (PCIS) de Uniminuto y su Instituto UNNO, inició el proceso de apoyo técnico y especializado para los participantes de las Olimpiadas STEM 2023 en Colombia. La estrategia forma parte de *Bogotá Territorio STEM*. En el Congreso realizado, 552 docentes de 232 colegios públicos de Bogotá tuvieron la oportunidad de escuchar a expertos, participar en talleres experimentales y establecer redes colaborativas. Las Olimpiadas STEM, con el respaldo de diversas instituciones como Maloka, la Universidad del Rosario, el Observatorio Ambiental de Bogotá, RTVC y la Fundación Siemens Stiftung, son una importante estrategia que emerge y se sostiene por el *momentum* del acrónimo en el sentido de fomentar el desarrollo de habilidades STEM en estudiantes y fortalecer la educación en el país, de acuerdo a sus retóricas. El Territorio STEM+ en Bogotá ha sido divulgado en las páginas de la Fundación Siemens como modelo exitoso en el proceso de *conquista* de los Territorios STEM+ en la región de Latinoamérica.

Finalmente, la política pública que quisiera que todos *hablaran al unísono* (Callon, 1986) sobre STEM, y que es mencionada en las Cajas de Herramientas de los Territorios STEM+ y en el Primer Encuentro de la Red STEM Latinoamérica en Bogotá como un logro y un avance hacia la conquista de más Territorios STEM+, vio la luz en 2021 durante el gobierno de Iván Duque (2018-2022).

Visión STEM +: hablando al unísono.

-Entonces, la primera fase para la implementación de la educación STEM va a tener que ser una formación profesional de profesores en servicio y cambiar la forma en que las licenciaturas se dictan en las universidades. Lo otro, que también te quiero comentar, pues los cinco frentes de trabajo que tenemos como proyecto, que es. Perdón política pública, es incidir en la política pública para que se transforme la Academia, para que las universidades se transformen en tres elementos que son abrir grupos de investigación en educación STEM. Formar docentes en educación STEM. Y tercero, cambiar su propia pedagogía. Son tres retos gigantescos que tienen las universidades. Entonces, como le dije, política pública, academia, la participación de la empresa privada y las fundaciones en proyectos de educación. Y la transformación de las instituciones educativas privadas y estatales, que tomen la iniciativa de hacer sus transformaciones. Mucho de eso está pasando, pero en unos grados mínimos. El Gobierno nacional está hablando de implementación de educación STEM. Uno no sabe si es por las sugerencias de la OCDE o del Banco Mundial. No sabe uno, o si simplemente es porque está en el aire. Pero no se sabe muy bien dónde es y qué es, ni cómo se comentó. Y por eso nos tocaba tratar de ser referentes. El tema de las universidades es un tema gigantesco.” (transcripción entrevista a Z, p. 19)

Z, definitivamente quiere llevar su proyecto de educación STEM a la política pública. Quiere involucrar a las universidades para que sigan la ruta que recomendaba H, la de la investigación rigurosa. La entrevista a Z ocurrió justo antes de que la política *Visión STEM+* (MEN, 2021) viera la luz. Este documento es el primero que emerge con un enfoque claro sobre la educación STEM. Como dice Z, no se sabe si es agenciada por la OCDE, el Banco Mundial o por el *momentum* del que hemos venido hablando desde los esfuerzos e iniciativas de colectivos o instituciones educativas que se han lanzado a tomar el *riesgo* de divulgar o implementar esa *cosa que se está haciendo*.

De hecho, en el documento se reconocen “152 organizaciones y profesionales referentes, 13 departamentos que cuentan con actores apropiados⁵⁹ con enfoque STEM/STEAM/STEM+H, más de 270 iniciativas de estos actores en los territorios y más de 2 millones de estudiantes y más de 100 mil profesores” (ídem, p. 13) que fueron atendidos por los actores que el documento reconoce como *apropiados* a través de una encuesta realizada entre 2016-2018. Estos actores, de acuerdo al documento, conforman el *Ecosistema con Enfoque STEM/STEAM*.

En general, el documento sugiere principios y competencias que se alinean a los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS promovidos por la Unesco, y así mismo toma en cuenta las habilidades y valores que se deben desarrollar en la 4RI. Adicionalmente, se proponen ciertos lineamientos para la implementación de STEM en el país como propósitos y prioridades, recomendaciones y sugiere la construcción de un marco de referencia para que todos los actores STEM involucrados en el país, *hablen al unísono*.

Esta propuesta del marco de referencia para la educación STEM+ en Colombia, incluye una rúbrica de indicadores para evaluar el nivel de desarrollo en cuatro niveles. Este marco se compone de diez dimensiones, entre las cuales se destacan los procesos de enseñanza y aprendizaje centrados en el estudiante, el currículo basado en la integración de áreas y el fomento de competencias científicas y habilidades sociales. Además, se enfatiza el liderazgo colaborativo, la creación de una cultura de innovación y colaboración, la proyección hacia el mundo laboral, la construcción de relaciones y alianzas con diversos actores, y la disponibilidad de infraestructura y recursos tecnológicos adecuados.

En cuanto a la evaluación, se promueve la evaluación formativa y continua de los estudiantes, con la participación activa de los docentes y las familias. Se destaca la importancia de la formación docente en metodologías activas de aprendizaje, competencias del siglo XXI e integración de áreas, así como la creación de comunidades de aprendizaje entre docentes. Por último, se menciona la gestión del conocimiento, que implica la recopilación y análisis de

⁵⁸ Faltaría *descajanegrizar* lo que la política entiende por apropiado. ¿Ser parte del Territorio o Ecosistema STEM+ agenciado por la Fundación Siemens Stiftung?

información sobre las prácticas educativas, basada en una cultura de toma de decisiones basada en datos.

El cuarto capítulo de la política, se centra en la formulación de estrategias para la implementación de STEM en el país. Una de estas estrategias se enfoca en la identificación de relaciones y alianzas que fortalezcan dicha implementación. En este sentido, se mencionan importantes actores con experiencia en la implementación de STEM, como la Fundación Siemens, el British Council, la Fundación Compartir, la Red Colombiana de Mujeres Científicas y nuestros protagonistas de esta historia, el colectivo STEMCol. Ellos logran ser reconocidos como actores fundamentales para el impulso y desarrollo de STEM en el país. Eso quiere decir que la política válida su accionar y sus prácticas como confiables dada su *experticia*.

La política Visión STEM+ puede ser entendida como un proceso de movilidad de ideas y prácticas que busca establecer una nueva relación entre la educación, la ciencia, la tecnología y la sociedad, con el objetivo de crear nuevas oportunidades para el desarrollo social y tecnológico en Latinoamérica. El documento plantea la necesidad de una visión compartida que incluya la participación de diferentes actores, como los gobiernos, la academia, las empresas y la sociedad civil, en la construcción de políticas y estrategias que fomenten el desarrollo de la educación STEM. Así mismo, se destaca la importancia de la equidad y la inclusión como elementos clave para lograr una educación STEM más justa y accesible para todos los sectores de la población.

El enfoque STEM+ de la política ha sido ensamblado y validado a través de mesas de trabajo, logrando la participación y aprobación de la comunidad académica. Estas discusiones han acercado a los participantes a los desarrollos propuestos por el Ministerio de Educación Nacional en la Visión STEM+. El consenso alcanzado ha permitido establecer un proceso circular de formulación, propuesta, socialización y recopilación de recomendaciones. Así mismo, pretende pavimentar una ruta hacia una transformación profunda del sistema educativo a nivel nacional. Esto incluye la actualización del currículo para promover el aprendizaje colaborativo y la integración curricular, así como el apoyo constante de las autoridades educativas y directivos docentes. Además, las alianzas y relaciones con la empresa privada juegan un papel crucial en la integración de los actores en el enfoque STEM+.

Finalmente, la política Visión STEM+ *habla* por la red STEM que se configura y emerge en el país, validando las prácticas de los protagonistas de esta historia y ayudando a *sostener el vuelo STEM en el país*. Sin embargo, desde los mismos actores de esta historia, este *vuelo* puede trascender en el tiempo si se supera la inercia de la educación tradicional y el peso de las promesas que muchas instituciones educativas en el país ven con recelo. De esta forma, se configura el anhelo de nuestros protagonistas donde nos podremos *mover* hacia el *desarrollo* tecnológico, económico, transhumano y, por tanto, benéfico para la sociedad colombiana (ver Figura 42).

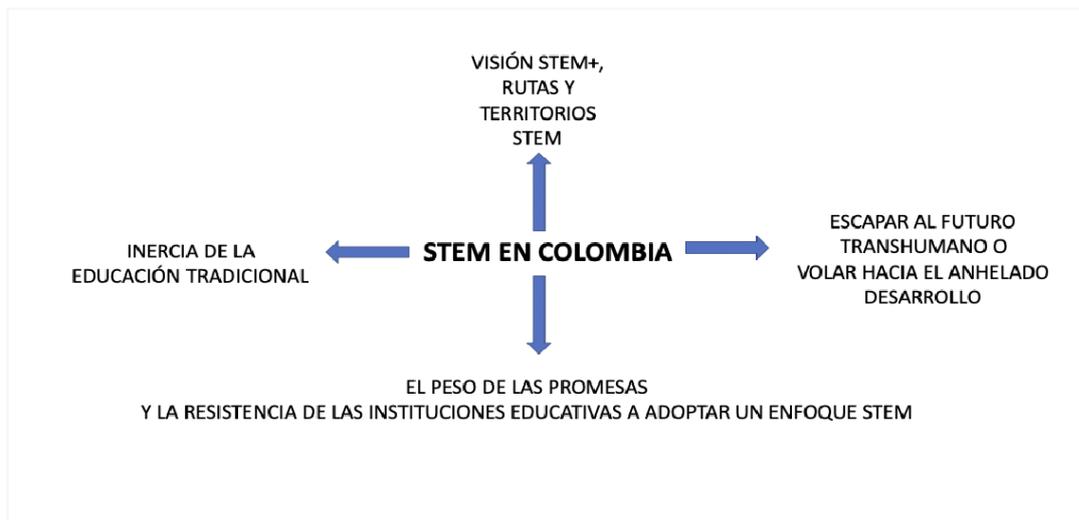


Figura 42 Diagrama de cuerpo libre del vuelo STEM en Colombia. Los mecanismos estabilizadores descritos pueden sostener este vuelo, a pesar del peso de las promesas.

En resumen, la figura 43 representa los múltiples mecanismos de estabilización más generales de la red STEM que en Colombia emergen. La importancia de identificarlos está en desentrañar otras posibilidades alejadas de las visiones del ciudadano competente que vimos en el capítulo 1. Así mismo, resulta una guía para entender que pasaría si un actor saliera de la red o se vinculara.

Conclusiones

Las múltiples crisis de la modernidad que devienen en una crisis de carácter humano, como se mencionó en el Capítulo 1 y que, a su vez, detona en crisis ambientales, sanitarias y educativas, movilizan a múltiples actores a repensar los fines de la educación. ¿Cómo lograr formar integralmente a humanos que puedan afrontar y aceptar la complejidad del nuevo régimen climático, los contextos de posverdad, la justicia social y ambiental en una sociedad ampliamente agenciada por la cultura tecnocientífica?

STEM se muestra en apariencia como la solución educativa para afrontar estas crisis. ¿Es realmente la solución? Como vimos a lo largo de este trabajo, STEM tiene alianzas con determinismos tecnológicos, instrumentalización del humano para la fuerza laboral, morales utilitarias, reduccionismos de las dimensiones humanas a lo cognitivo y práctico (aplicar leyes científicas como la de Newton para ensamblar drones, como vimos en el estudio de caso de los drones sociales), reducción del humano a la tecnología con enfoques transhumanistas, a través de instituciones con enfoque económico como el Banco Mundial, el Foro de Davos, la Universidad de la Singularidad y el Fondo Monetario Internacional, entre otros. Adicionalmente, las alianzas se amplían a políticas de ciencia y tecnología y de gestión de Transformaciones Digitales y la Inteligencia Artificial (como es el caso colombiano). En corto, el principal argumento del origen y sostén de STEM es que la economía es impulsada por la tecnología y por tanto la humanidad debe prepararse para los trabajos del futuro para que la economía siga floreciendo.

Algo que me llama mucho la atención de toda la investigación realizada es el *momentum* que alcanza STEM en el país a pesar de que este enfoque carece aún de evidencias contundentes que demuestren el valor de sus promesas, incluso en su país de origen, Estados Unidos. Utilizando solamente como evidencia el desempeño en la Prueba Pisa 2018 en Ciencias, Estados Unidos ocupa el decimoctavo lugar. ¿Por qué Colombia y Latinoamérica agenciada por la Red STEM Latam y la Fundación Siemens Stiftung acoge un enfoque de educación científica y tecnológica que no muestra los mejores resultados? ¿Por qué no acoger modelos exitosos como el de China, Singapur, Macao o Estonia donde STEM no aparece en su sistema educativo y ni siquiera en sus políticas? Aquí, mi postura se acerca bastante a lo que García-Carmona & Toma (2021) han llamado un enfoque de moda, poco innovador dado su

acercamiento pedagógico y didáctico con el modelo ya centenario de la Escuela Activa, y con baja rigurosidad investigativa en términos pedagógicos, al menos en los países a los que viaja el acrónimo persuadiendo a instituciones educativas, ciudadanos tecnófilos y a políticos y tomadores de decisiones afanados por seguir el debido camino al desarrollo de la nación. STEAM, en realidad si se traduce como *vapor*.

¿Qué hacer con todo este *momentum*? *Devorarlo*, digerirlo y asimilarlo (entendiendo la asimilación como un proceso transformativo) podría ser un camino adecuado dados los esfuerzos de los actores y sus buenas intenciones, a pesar de que puedan tener desorientaciones pedagógicas por sus filiaciones con visiones reducidas del humano y su relación con la tecnología. Considero que un enfoque sistémico del problema podría ayudar a potenciar correctamente a STEM/STEAM, pues si entendemos que la problemática de la educación es una relación lineal causa-efecto, las soluciones solo serán aparentes y efímeras.

El análisis socio-material de STEM en un contexto situado como el presentado en este trabajo, me permitió ver más de cerca como las promesas STEM se diluyen en circunstancias desordenadas en una suerte de bricolaje socio-material. Sin embargo, no todo puede ser tan negativo. Creo haber mostrado como el trabajo colaborativo, la solidaridad y la generación de espacios seguros de aprendizaje pueden emerger y llegar a movilizar a los y las estudiantes a optar por otras formas de proyectar su vida en un contexto que marcó a la humanidad como lo fue la pandemia que atravesamos recientemente. Sin embargo, las capas de realidad que se van formando por el programa de acción STEM y su vuelo por el país, pueden desviar las buenas intenciones y formar en nuestros jóvenes esas visiones reducidas de la compleja realidad y de la esencialidad e integralidad humana. Al parecer, bastante tiene que aprender STEM del movimiento CTS.

Por otro lado, ¿qué es este STEM que se muestra en este trabajo? Es una red, un entramado de humanos y no humanos y prácticas que lo sostienen. Es un programa de acción, una *revolución* educativa; una política; un enfoque educativo; estándares y recomendaciones de agencias externas para constituir la fuerza laboral del futuro; un acrónimo que enfatiza la importancia de la educación científica, tecnológica, ingenieril y matemática por sobre otras disciplinas para el progreso de la nación; es un eufemismo para la educación científica

tecnológica; es *espuma*; es una vestidura de *glamour*; un espacio seguro, un libro, una gráfica, motores, hélices; una solución para enfrentar las crisis; un robot; un dron; *coaches*, estudiantes; un ecosistema; un territorio; una ruta, los movimientos necesarios para llegar al progreso (despegar, volar, escapar, ascender) y llegar preparados para el futuro... en fin.

La ambigüedad de STEM, o mejor, su *fluidez*, me confundió bastante durante este camino. Navegar entre el desorden no es sencillo. Quise organizarlo mediante las metáforas del movimiento. Pero el movimiento es múltiple y complejo. Quizá, querido/a lector/a, salga usted más confundido/a sobre lo que este acrónimo significa. También es mi caso. El acrónimo se practica de muy diversas maneras. Al final, ese era el cometido de este trabajo, mostrar cómo STEM se hace más real entre el desorden de lo cotidiano.

¿Y qué es hacer STEM? La pregunta que se detonó mientras conversaba con un colega al escuchar las primeras veces el acrónimo en un pasillo de un colegio privado podría responderse de la siguiente manera: *hacer STEM* también es algo múltiple. Es negociar y reclutar actores del sector público y privado para encarnarlo en políticas y recomendaciones para ensamblar ciudadanos capaces de lidiar con los impactos de tecnologías disruptivas y emergentes como la Inteligencia Artificial; es invertir recursos en la preparación de docentes; es convencer a las Secretarías de Educación de pertenecer a los Territorios STEM+; es intentar *hablar al unísono* sobre lo que es STEM; es habitar un nicho en un ecosistema; es *divulgar rigurosamente* por Youtube, Webinars y cursos asincrónicos; es escribir libros para implementar STEM en Colombia y la región; es prescindir de estándares NGSS; es programar tarjetas de vuelo; diseñar y ensamblar drones; es *devorar* a STEM; es moverse por moverse; es lo que consideran nuestros protagonistas como necesario para despegar al futuro y escapar de lo tradicional. ¿Cómo se sostiene esta multiplicidad? Conquistando territorios y generando políticas que aclaren una visión.

Hacer STEM es aglutinar ciudadanos con esperanza y amor por la tecnología que se esfuerzan por divulgar lo que ellos/ellas interpretan por el acrónimo. Esta interpretación se alinea con la propuesta de Estados Unidos pero sin el entramado referencial de los estándares NGSS. Las prácticas educativas observadas en el curso del dron y que prescinden de estos estándares, terminan por ser interpretaciones donde los estudiantes son movilizados por promesas que no se cumplen del todo. Ver volar el dron.

Hacer STEM es un programa de acción que crea capas de realidad cada vez que se materializa en cursos de capacitación docente, colegios y universidades públicas y privadas, cursos y talleres de educación no formal que acogen al acrónimo y sus prácticas, siempre y cuando pasen por el *punto obligatorio de paso* de la red que se configura en los Territorios STEM, programas que son validados por esta red de actores.

Hacer STEM es organizar y negociar una definición y una adecuación de acuerdo al contexto de Colombia por parte del MEN, el Parque Explora y la OEI, teniendo en cuenta una revisión de los marcos de referencia y visiones de algunos estados de Estados Unidos, como California y Nueva York, y de países como Chile, México e Irlanda y así mismo de las políticas Conpes 3975, 3988, 4001, 3995 sobre la Transformación Digital, Tecnologías para Aprender, Acceso a las TIC en zonas rurales y Confianza y Seguridad Digital, respectivamente. La política Visión STEM + invita a que STEM se *siga haciendo* a través de la red de actores expertos para crear un marco de referencia que se ajuste a las necesidades del país y que cada vez involucre más actores a través de los Territorios STEM.

Por otro lado, STEM o STEAM carecen de una diferencia significativa en la práctica. La mayoría de informantes de este estudio de caso prefieren el acrónimo STEM, justificando que no les interesa hacer ver otros campos de conocimiento, refiriéndose en particular a las Artes, como tributarias y accesorias del aprendizaje/enseñanza del conocimiento científico y tecnológico. No se ve claramente que diferencia en las prácticas conlleva la A añadida, particularmente en las políticas o en otras prácticas educativas a nivel estatal. Finalmente, la política que más explícitamente trabaja el enfoque STEM, Visión STEM +, adopta los acrónimos STEM/STEAM indistintamente tras realizar una revisión rigurosa de las fuentes más consolidadas a nivel global.

Adicionalmente, entender qué hace que STEM se materialice en el país me permite concluir que la agencia no ocurre individualmente. Ocurre dentro de las fuerzas que son transmitidas y que son traducidas (desplazadas) dentro de las redes. El dron es vocero de STEM. La caja viajera, los motores, las hélices, los diagramas de cuerpo libre, las gráficas de visión lineal vs. exponencial, los y las estudiantes con promesas de *ascenso social*, los influenciadores, sus libros y mecanismos de divulgación, su nicho en el ecosistema, son voceros de STEM. ¿Cuál es la geografía de puntos obligatorios de paso para que STEM siga existiendo? Las políticas y los programas estatales mediados por la empresa privada (Siemens Stiftung). Para llegar al

progreso anhelado con humanos más que humanos, STEM es necesario, de acuerdo a los protagonistas de esta historia. STEM se ensambla como una *cosa* en apariencia indispensable para superar la crisis educativa. Debe sobrevivir a pesar de sus prácticas mundanas quizá malinterpretadas como nos contó **H**. Debe sobrevivir a pesar de prescindir de los estándares NGSS.

¿Qué se necesita para que todos *hablen al unísono*? *Desplazar* a los ministerios de educación para las políticas públicas, a pesar de los cambios de gobiernos; *desplazar* a las instituciones educativas para convencer de la efectividad de STEM; programas de formación docente; *divulgación rigurosa* por influenciadores STEM; estudiantes ensamblando drones, motores, hélices, cajas viajeras, gráficas, tarjetas de vuelo, tarjetas de programación micro:bit, inscripciones por doquier, en Youtube y otras redes sociales. ¿Todos los *desplazamientos* necesarios para estabilizar el vuelo STEM sucederán algún día? O como el dron, ¿será un cuerpo in-móvil más?

Plan de capítulos futuros

El panorama STEM en el país podría complementarse con los siguientes capítulos:

4. Devorando a STEM: Chicas STEAM y espacios seguros

Como segundo estudio de caso, realizar etnografía en este programa que parece estable y que es promovido por el museo de ciencia interactivo Maloka y el MinTIC. Aquí el STEM es *devorado* para ser un espacio seguro para chicas con el ánimo de cerrar brechas de género en las áreas STEM. ¿Qué emerge de este programa desde un análisis socio-material? ¿qué es replicable? ¿qué lo valida y lo sostiene? ¿cómo se *devora*? Gracias a la política Visión STEM+, las prácticas que surgen del grupo STEMCol son validadas y, por tanto, tienen el mismo grado de validación de cualquier programa reconocido por la política, incluido Chicas STEAM. ¿qué tan comparables son ambos? ¿en qué se distancian? En lo posible, hacer un seguimiento de estudiantes de este programa quienes estén ad portas de escoger su carrera profesional o ya la hayan escogido.

5. Desplazar: de políticas sobre Ciencia y tecnología a la política educativa.

En el capítulo 1 del presente trabajo, las políticas Conpes 4069 sobre Ciencia, Tecnología e Innovación y Conpes 3975 sobre la Transformación Digital e Inteligencia Artificial, incluyen el acrónimo STEM + A. Emerge inmediatamente la pregunta del cómo estas políticas *informan* a la política educativa del país. El capítulo se centraría en una *descajanegrización* con los actores relevantes para establecer las redes socio-materiales que permiten esta conexión y así dar cuenta de prácticas múltiples que siguen sosteniendo el *vuelo STEM* en el país. Sin embargo, el actual gobierno de Gustavo Petro 2022-2026, podría desviar este *desplazamiento*. Rastrear las emergencias con el cambio de gobierno, permitirían *hacer ver* con mayor detalle cómo se dan esas negociaciones para que STEM siga *volando* o definitivamente encuentre obstáculos que lo hagan *aterrizar*.

6. Ruta para la *conquista* de Territorios STEM.

En el capítulo 3 se halló que el mecanismo de estabilización más sólido son los Territorios STEM +, agenciados principalmente por la Fundación Siemens Stiftung. Allí se establece en la Figura 38, una serie de *pasos* que conforman la *Ruta para la Conformación de Territorios STEM+*. Resultaría interesante realizar un seguimiento a la forma en que se practican y negocian estos pasos, qué actores están implicados, qué tanto difieren de territorio en territorio, cómo las Secretarías de Educación facilitan la *conquista* del Territorio y finalmente cómo se sostiene el Territorio.

BIBLIOGRAFÍA:

- Adey, P., Bissell, D., Hannam, K., Merriman, P., Sheller, M. (2014). The Routledge Handbook of Mobilities. In T. & F. G. Routledge (Ed.), *Foundations of Mobile Media Studies: Essential Texts on the Formation of a Field* (First).
<https://doi.org/10.4324/9781315646664>
- Alvarez-Tobón, Y.-N., Arroyave-Giraldo, D.-I., & García-Carmona, A. (2021). Relaciones ciencia-tecnología-sociedad en la educación científica colombiana: una revisión del estado de la cuestión (2017-2021). *Revista Científica*, 42(3), 353–367.
<https://doi.org/10.14483/23448350.18231>
- Bauer, M. W. (2008). Survey research and the public understanding of science. *Handbook of Public Communication of Science and Technology*, 21.
<https://doi.org/10.4324/9780203928240-14>
- Berg, M., & Timmermans, S. (2000). Orders and Their Others: On the Constitution of Universalities in Medical Work. *Configurations*, 8(1), 31–61.
<https://doi.org/10.1353/CON.2000.0001>
- Bijker, W. E., Hughes, T. P., & Pinch, T. (1987). *The Social Construction of Technological Systems* (W. E. ; Bijker, T. P. Hughes, & T. Pinch, Eds.; 4th ed.). The MIT Press.
- Blikstein, P., & Blikstein, P. (2018). *Handbook of Technology Education*.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-44687-5_33
- Boenig-Liptsin, M., & Hurlbut, J. B. (2016). Technologies of Transcendence at Singularity University. In *Perfecting Human Futures* (pp. 239–267). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-11044-4_12
- Bruner, J. S. (1965). The growth of mind. *The American Psychologist*, 20(12), 1007–1017.
<https://doi.org/10.1037/h0023276>
- Bush, V. (2020). Science, the endless frontier 75th Anniversary edition. National Science Foundation. Recuperado de
https://www.nsf.gov/about/history/EndlessFrontier_w.pdf?linkId=81927236
- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. *Technology and Engineering Teacher*, September 2010, 30–36.
- Bybee, R. W. (2013). The case for STEM education: Challenges and opportunities. NSTA press.

-
- Callon, M. (1986). Some Elements of a Sociology of Translation: Domestication of the Scallops and the Fishermen of St Brieuc Bay. En J. Law (Ed.), *Power, Action and Belief: A New Sociology of Knowledge?* (pp. 196-233). Routledge.
- Callon, M. (1989). Society in the making: The study of technology as a tool for sociological analysis. En Bijker, W. E., Hughes, T. P., & Pinch, T. (Eds.), *The social construction of technological systems: New directions in the sociology and history of technology* (pp. 83-103). MIT Press.
- Carmona Granero, M. (2007). La educación y la crisis de la modernidad: Hacia una educación humanizadora. *Revista de Artes y Humanidades UNICA*, 8(19), 134–157.
- Cassiani, S., & Von Linsingen, I. (Eds.). (2019). *Resistir, (Re)existir e (Re)inventar a Educação Científica e Tecnológica* [e-book]. Florianópolis: NUP/CED/UFSC.
- Cassiani, S. & Von Linsingen, I. (2009). Formação inicial de professores de Ciências: perspectiva discursiva na educação CTS Initial education of Science teachers: discursive perspective in STS education. *Educar Em Revista*, 127–147.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-40602009000200008>
- Castro Salcedo, F. (2019). La hiperactividad de la escuela sobre la conducta de los niños. Universidad Nacional de Colombia. [Tesis de Maestría- Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional- Universidad Nacional de Colombia.
- Chesky, N. Z., & Wolfmeyer, M. R. (2015). Philosophy of STEM Education. In *Philosophy of STEM Education*. <https://doi.org/10.1057/9781137535467>
- Cole, P., & O’Riley, P. (2017). Performing Survivance: (Re)Storying STEM Education from an Indigenous Perspective. *Critical Education*, 8(15), 24–40.
<https://doi.org/10.1016/j.mcp.2010.08.006>
- Committee on STEM Education. (2018). Charting a Course for Success: America’s Strategy for Stem Education. *National Science and Technology Council, December*.
<http://www.whitehouse.gov/ostp>.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social & Departamento Nacional de Planeación. (2019). Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial. Recuperado de:
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3975.pdf>
- Consejo Nacional de Política Económica y Social & Departamento Nacional de Planeación. (2021). Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2022-2031.

Recuperado de:

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4069.pdf>

De Zubiría, J. (2014). *Los modelos pedagógicos: Hacia una pedagogía dialogante*. Bogotá: Magisterio Editorial.

Departamento Nacional de Planeación. (2018). *Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022:*

Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad. Recuperado de:

<https://2022.dnp.gov.co/DNPN/Paginas/Plan-Nacional-de-Desarrollo.aspx>

Departamento Nacional de Planeación & Departamento Administrativo de la Presidencia de

la República. (2021). *Plan de Seguimiento a la Implementación en Colombia de Principios y Estándares Internacionales en Inteligencia Artificial: Guía para el Cumplimiento de Recomendaciones del Consejo de Inteligencia Artificial de la OCDE*.

Recuperado de: <https://dapre.presidencia.gov.co/TD/plan-seguimiento->

[implementacion-colombia-estandares-internacionales-inteligencia-artificial-](https://dapre.presidencia.gov.co/TD/plan-seguimiento-)

[ocde.pdf?TSPD_101_R0=08394a21d4ab20003ce781987b45f801b436fefe21570395](https://dapre.presidencia.gov.co/TD/plan-seguimiento-)

[b2f0af80498840c752d7f9356e396f508f3d002e214500049b04](https://dapre.presidencia.gov.co/TD/plan-seguimiento-)

Departamento Nacional de Planeación. (2022). *Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026:*

Colombia Potencia Mundial de la Vida. Recuperado de:

<https://www.dnp.gov.co/plan-nacional-desarrollo/pnd-2022-2026>

Development Overview | Next Generation Science Standards. (n.d.-a). Retrieved July 19,

2020, from <https://www.nextgenscience.org/development-overview>

el Nagdi, M., Leammukda, F., & Roehrig, G. (2018). Developing identities of STEM teachers at emerging STEM schools. *International Journal of STEM Education*, 5(1).

<https://doi.org/10.1186/s40594-018-0136-1>

Escobar, A. (2007). *La invención del Tercer Mundo. Construcción y deconstrucción del desarrollo* (1ra edición). Gobierno Bolivariano de Venezuela.

Escobar Jiménez, K., Polo Lozano, A., Carreño Laguado, G., & Jiménez Sumalave, R. M.

(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, 39(2). <https://doi.org/10.15446/rcs.v39n2.58969>

Fenwick, T. (2010). (un) Doing Standards in Education with Actor-Network Theory. *Journal of Education Policy*, 25(2), 117–133.

-
- Fenwick, T., & Edwards, R. (2010). *Actor – Network Theory in Education* (Routledge, Ed.; First Edit). Taylor & Francis.
- Fenwick, T., & Edwards, R. (2011). Considering materiality in educational policy: Messy objects and multiple reals. *Educational Theory*, 61(6), 709–726.
<https://doi.org/10.1111/j.1741-5446.2011.00429.x>
- Fernández, I. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de Las Ciencias. Barcelona*, 20(3), 477–488.
- Franco Avellaneda, M., & Pérez Bustos, T. (2009). ¿De qué ciencia hablan nuestros materiales de divulgación? *Revista Colombiana de Educación*, 56, 80–103.
<https://doi.org/10.17227/01203916.7581>
- Franco Avellaneda, M., & Von Linsingen, I. (2011a). Una mirada a la educación científica desde los estudios sociales de la ciencia y la tecnología latinoamericanos: abriendo nuevas ventanas para la educación. *Alexandria: Revista de Educação Em Ciência e Tecnologia*, 4(2), 225–246.
- Franco Avellaneda, M., & Von Linsingen, I. (2011b). Popularizaciones de la ciencia y la tecnología en América Latina. Mirando la política científica en clave educativa. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 16(Popularización de la Ciencia), 1253–1272. <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=14019203011>
- Franco Avellaneda, M., & Corrales Caro, D. (2021). Diseños Globales e Historias y Desarrollo de una Propuesta Educativa en un Museo Interactivo de Ciencias y Tecnologías en el Sur. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Volumen(Número), 1-29.
- Freire, P. (2013). Pedagogy of the oppressed. In *The Applied Theatre Reader*.
<https://doi.org/10.4324/9780203891315-58>
- Gallego-Badillo, R., Pérez-Miranda, R., & Gallego-Torres, A. P. (2010). La institucionalización de la actividad científica en Colombia. Estudio de un caso fallido. *Educación y Educadores*, 13(3).
<https://educacionyeducadores.unisabana.edu.co/index.php/eye/article/view/1730>
- García-Carmona, A. (2020). STEAM, ¿una nueva distracción para la enseñanza de la ciencia? *Ápice. Revista de Educación Científica*, 4(2), 35–50. <https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.2.653>

-
- Garfinkel, H. (1967). *Studies in Ethnomethodology: Social Order Out of the Practices of Everyday Life*. Cambridge, MA: Polity Press.
- Gómez, Y. J. (2014). Análisis de resultados de la III Encuesta Nacional de Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología - Capítulo 1: Actitudes y valoraciones frente a la ciencia, la tecnología y la innovación. En S. Daza-Caicedo & M. Lozano-Borda (Eds.), *Percepciones de las ciencias y las tecnologías en Colombia: Resultados de la III Encuesta Nacional de Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología*. (227-237). Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.
- Gorur, R. (2011). ANT on the PISA Trail: Following the statistical pursuit of certainty. *Educational Philosophy and Theory*, 43(SUPPL. 1), 76–93.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-5812.2009.00612.x>
- Gorur, R. (2013). The invisible infrastructure of standards. *Critical Studies in Education*, 54(2), 132–142. <https://doi.org/10.1080/17508487.2012.736871>
- Gorur, R., Hamilton, M., Lundahl, C., & Sjödin, E. S. (2019). Politics by other means? STS and research in education. *Discourse*, 40(1), 1–15.
<https://doi.org/10.1080/01596306.2018.1549700>
- Haraway, D. (1991). A manifesto for cyborgs: Science, technology, and socialist feminism in the 1980s. *Feminist Social Thought: A Reader*, 149–181.
<https://doi.org/10.4324/9780203705841-39>
- Heras, L., & Olaberría, E. (2018). Public spending in education and student's performance in Colombia. In *OECD Economics Department Working Papers, No. 1460* (Vol. 7, Issue 1460). https://read.oecd-ilibrary.org/economics/public-spending-in-education-and-student-s-performance-in-colombia_282d9700-en#page6
- Hurlbut, B. J., & Samuelson, H. (2016). *Perfecting Human Futures: Transhuman visions and Technological Imaginations* (B. J. Hurlbut & H. Tirosh-Samuelson, Eds.; First). Springer VS Wiesbaden.
- Jaime Vivas, R. (2019). *El Centro de Tecnologías de la Información y la Comunicación de la Universidad Industrial de Santander: Relato de su trayectoria en clave de co-producción*. [Tesis de Maestría-Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional-Universidad Nacional de Colombia.

-
- Johri, A. (2011). The socio-materiality of learning practices and implications for the field of learning technology. *ALT-J: Research in Learning Technology*, 19(3), 207–217.
<https://doi.org/10.1080/21567069.2011.624169>
- Kagermann, H., & Wahlster, W. (2022). Ten Years of Industrie 4.0. *Sci*, 4(3), 26.
<https://doi.org/10.3390/sci4030026>
- Laet, M. de, & Mol, A. (2007). *The Zimbabwe Bush Pump : Mechanics of a Fluid Technology*. *The Zimbabwe Bush Pump : Mechanics of a Fluid Technology*. 30(2), 225–263.
- Latour, B. (1990). Technology is Society made durable. *The Sociological Review*, 38(1), 103–131.
- Latour, B. (1992a). Cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad. Barcelona. Editorial Labor, S.A.
- Latour, B. (1992b). Where are the Missing Masses? The Sociology of a Few Mundane Artifacts. In *Shaping Technology-Building Society: Studies in Sociotechnical Change*, Wiebe Bijker and John Law (editors), MIT Press, Cambridge Mass. pp. 225-259
- Latour, B. (1996). *Aramis or the love of technology* (C. Porter, Ed.). Harvard University Press.
- Latour, B. (2004). Why Has Critique Run out of Steam? From Matters of Fact to Matters of Concern. *Critical Inquiry*, 30(2), 225–248.
- Latour, B. (2005). *Reassembling the Social: An Introduction to Actor-Network-Theory* (Clarendon Lectures in Management Studies).
- Law, J. (2004). *After Method: Mess in Social Science Research*. Routledge.
- Law, J. (2008). On sociology and STS. *Sociological Review*, 56(4), 623–649.
- Martínez Boom, A. (2004). De la escuela expansiva a la escuela competitiva: dos modelos de modernización en América Latina. *Scientia Marina*, 69(1), 1–11.
- Martínez Medina, S. (2016). Hacer arterias carótidas en el Laboratorio de Anatomía. Práctica y materialidad en una asignatura de Medicina. *Revista Colombiana de Sociología*, 39(2), 31–47. <https://doi.org/10.15446/rcs.v39n2.58964>
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Información. (2020). Lineamientos para una Política Nacional de Apropiación Social del Conocimiento Ciencia, Tecnología e Innovación de los ciudadanos para los ciudadanos. In *Minciencias* (pp. 1–32).
https://minciencias.gov.co/sites/default/files/documento_de_lineamientos_para_la_politica_nacional_de_apropiacion_social_del_conocimiento_1.pdf

-
- Mol, A. (2002). *The Body Multiple: Ontology in Medical Practice. The Body Multiple*.
<https://doi.org/10.1215/9780822384151>
- Mol, A., & Law, J. (1994). Regions, Networks and Fluids: Anaemia and Social Topology. *Social Studies of Science*, 24(4), 641–671. <https://doi.org/10.1177/030631279402400402>
- Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. (2014). Percepciones de las ciencias y las tecnologías en Colombia: Resultados de la III Encuesta Nacional de Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología. Recuperado de [[http://repositorio.colciencias.gov.co/bitstream/handle/11146/291/220.%20IIINPP CyT_DEF.pdf?sequence=1%26isAllowed=y](http://repositorio.colciencias.gov.co/bitstream/handle/11146/291/220.%20IIINPP%20CyT_DEF.pdf?sequence=1%26isAllowed=y)]
- Organization for Economic Co-Operation and Development. (2016). PISA 2015 Results in Focus. Recuperado de <http://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-in-focus.pdf>
- Organization for Economic Co-Operation and Development. (2023). Policies for the digital transformation of school education: State of play and key policy. Retrieved from [https://one.oecd.org/document/EDU/EDPC/SR\(2023\)2/ANN1/en/pdf](https://one.oecd.org/document/EDU/EDPC/SR(2023)2/ANN1/en/pdf)
- Ordine, N. (2013). La utilidad de lo inútil. EL ACANTILADO.
- Ortiz-Revilla, J., Sanz-Camarero, R., & Greca, I. (2021). Una mirada crítica a los modelos teóricos sobre educación STEAM integrada. *Revista Iberoamericana de Educación*, 87(2), 13–33. <https://rieoei.org/RIE/article/view/4634/4256>
- Osorio, C. (2019). La educación CTS: un espacio para la cooperación Iberoamericana. *Revista CTS*, 14(42), 99–114.
- Paredes Suzarte, P. (2015). La prueba PISA: una mirada alternativa desde la Teoría del Actor-Red. *Summa Psicológica*, 12(1), 9–16. <https://doi.org/10.18774/448x.2015.12.234>
- Perales-Palacios, J., & Aguilera, D. (2020). Ciencia-Tecnología-Sociedad vs. STEM: ¿evolución, revolución o disyunción? *Ápice. Revista de Educación Científica*, 4(1), 1–15. https://revistas.udc.es/index.php/apice/article/view/arec.2020.4.1.5826/g5826_pdf
- Pérez Barco, M. J. (2019, febrero 19). La espera de un modelo educativo en consenso para despegar hacia el futuro. ABC. Recuperado de https://www.abc.es/sociedad/abci-espera-modelo-educativo-consenso-para-despegar-hacia-futuro-201902191924_noticia.html

- Pérez-Bustos, T. (2009). Tan Lejos... Tan Cerca. Articulaciones entre la Popularización de la Ciencia y la Tecnología y los Sistemas Educativos en Colombia. *Interciencia*, 34(11), 814–821.
- Pérez-Bustos, T., Franco Avellaneda, M., Lozano Borda, M., Falla, S., & Papagayo, D. (2012). Iniciativas de Apropiación Social de la Ciencia y la Tecnología en Colombia: tendencias y retos para una comprensión más amplia de estas dinámicas. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 19(1), 115–137. <https://doi.org/10.1590/s0104-59702012000100007>
- Pinilla Ospina, D. F. (2018). *Enseñar y aprender la atmósfera: estudio sobre las materialidades e interacciones en un espacio de formación de expertos*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional-Universidad Nacional de Colombia.
- Pischetola, M., de Miranda, L. V. T., & Albuquerque, P. (2021). The invisible made visible through technologies' agency: a sociomaterial inquiry on emergency remote teaching in higher education. *Learning, Media and Technology*, 46(4), 390–403. <https://doi.org/10.1080/17439884.2021.1936547>
- Prebisch, R. (1949). El desarrollo económico de la América Latina y algunos de sus principales problemas. Recuperado de [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40010/prebisch_desarrollo_problemas.pdf?sequence=4&isAllowed=y]
- Radinger, T., Echazarra, A., Guerrero, G., & Valenzuela, J. P. (2018). *OECD Reviews of School Resources: Colombia 2018*. <https://doi.org/10.1787/9789264303751-EN>
- Rodrigues, V. A. B., & Cassiani, S. (2020). Ensino de ciências em perspectiva emancipatória. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 6(4), 81–90. <https://doi.org/10.29327/211653.6.4-8>
- Rodrigues, V. A. B., Linsingen, I., & Cassiani, S. (2019). Formação cidadã na educação científica e tecnológica: olhares críticos e decoloniais para as abordagens CTS. *Educação e Fronteiras*, 9(25), 71–91. <https://doi.org/10.30612/eduf.v9i25.11012>
- Rueda, R. & Franco-Avellaneda, M. (2014). Análisis de resultados de la III Encuesta Nacional de Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología - Capítulo 5: Educación: Conocimientos, escenarios y ciudadanía. Reflexiones a partir de la III EPPCyT. En S. Daza-Caicedo & M. Lozano-Borda (Eds.), *Percepciones de las ciencias y las*

-
- tecnologías en Colombia: Resultados de la III Encuesta Nacional de Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología. (295-312). Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.
- Ruef, J. L., Johnson, S. R., Jacob, M. M., Jansen, J., & Beavert, V. (2020). Why STEM Needs Indigenous Traditional Ecological Knowledge : A Case Study of Ichishkíin Math. *International Journal of Gender, Science and Technology*, 11(3), 1–11.
- Saldarriaga, O., & Saenz, J. (2007). La construcción escolar de la infancia: pedagogía, raza y moral en Colombia siglos XVI-XX. In P. R. & M. E. Mannarelli (Ed.), *Historia de la Infancia en América Latina* (1ra edición). Universidad Externado de Colombia.
- Sauvé, L. (2014). Educación ambiental y ecociudadanía. Dimensiones claves de un proyecto político-pedagógico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 18(1), 107-125. DOI: 10.14483/23448350.5558
- Sørensen, E. (2007). STS goes to school: Spatial imaginaries of technology, knowledge and presence. *Outlines. Critical Practice Studies*, 9(2), 15–27.
<https://doi.org/10.7146/ocps.v9i2.2078>
- Star, S. L. (1990). Power, Technology and the Phenomenology of Conventions: On being Allergic to Onions. *The Sociological Review*, 38(1_suppl), 26–56.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-954x.1990.tb03347.x>
- STEM Success Center. (s.f.). Mentorías y coaching. Recuperado de <https://stemsuccesscenter.org/stemsuccesscenter/mentoriasycoaching/>
- Toma, R. B., & García-Carmona, A. (2021). “De STEM nos gusta todo menos STEM”. Análisis crítico de una tendencia educativa de moda. *Enseñanza de Las Ciencias*, 39(1), 65–80.
- Toro-Baquero, J. (2014). ¿Qué visiones de CTS tienen los docentes de 5to y 9no grado de Colombia? Y ¿Cuál es su relación con los estándares de ciencias del Ministerio de Educación Nacional? *Ciência & Educação (Bauru)*, 20(4), 853–869.
- Torres, G., & Guerrero, J. (2018). El currículo de ciencias naturales en Colombia durante la segunda mitad del siglo XX : permanencias , transformaciones y rupturas. *Actualidades Pedagógicas*, 2018, 63–87.
- UNESCO. (2013). Beyond 2015: role of science, technology and innovation in shaping the future we want for all. Recuperado de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000221910>

-
- Urry, J. (2012). Sociology beyond societies: Mobilities for the twenty-first century. In *Sociology beyond Societies: Mobilities for the Twenty-First Century*.
<https://doi.org/10.4324/9780203021613>
- Verran, H. (2007). Metaphysics and learning. *Learning Inquiry*, 1(1), 31–39.
- Von Linsingen, I. (2007). Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. *Ciência & Ensino*, 1(Especial), 19.
- Von Linsingen, I. & Cassiani, S. (2010) Educação CTS em perspectiva discursiva: contribuições dos estudos sociais da ciência e da tecnologia. *Redes*, 16(31), 163-182. Recuperado de: <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/404>
- Weinstein, M., Blades, D., & Gleason, S. C. (2016). Questioning Power: Deframing the STEM Discourse. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 16(2), 201–212. <https://doi.org/10.1080/14926156.2016.1166294>
- World Economic Forum. (2020). Schools of the future: Defining new models of education for the fourth industrial revolution. World Economic Forum Reports 2020, January, 1–33. www.weforum.org

ANEXO 1

ENCUESTA A ESTUDIANTES: CONSTRUCCIÓN DRON SOCIAL Y EDUCACIÓN STEM

CONSTRUCCIÓN DRON SOCIAL Y EDUCACIÓN STEM

Este encuesta esta focalizada en dar descripciones y explicaciones de su experiencia en el curso ROBÓTICA Y DRONES EN EDUCACIÓN STEM. Siéntase libre de expresar honestamente estas vivencias de acuerdo a la esencia de cada pregunta.

1. Email *
2. Seleccione al género con el que se siente representado

Mark only one oval.

Masculino Femenino Bigénero
No estoy seguro Otro

3. ¿Qué entiende por educación STEM?
4. ¿Considera que las disciplinas STEM por sí solas ayudan a desarrollar al país?
¿Qué otros aspectos serían necesarios?
5. ¿Explique qué relación tiene la educación STEM con aprender a ensamblar drones sociales
6. Describa ¿qué entiende por el uso de un dron con fines sociales?
7. ¿Cuál es el propósito social de su dron?
8. ¿Qué elementos del problema social que quiere solucionar con el dron se pueden ver en la materialidad del dron?
9. ¿Cómo describiría su relación con la construcción del dron, desde sus inicios hasta verlo materializado?
10. ¿Qué diferencias observó con el dron que imaginó y diseñó con el que finalmente construyó?
11. ¿Qué promesa (s) le hizo la educación STEM en este curso?
12. ¿Se vieron cumplidas sus expectativas con las promesas expuestas en la pregunta anterior?
13. ¿Considera que el curso de Robótica y drones pudo llevarse a cabo sin la necesidad de utilizar un enfoque STEM?

Mark only one oval.

No Sí
Tal vez

14. De los siguientes valores formativos, cuales considera se trabajaron en el curso de Robótica y drones en Educación STEM (puede marcar más de una opción)

Check all that apply.

Franqueza
Iniciativa
Responsabilidad
Trabajo en equipo
Tolerancia
Solidaridad
Consciencia ambiental
Sostenibilidad

15. ¿Qué tipo de futuro se imagina en Colombia con un énfasis en la educación STEM?
16. ¿Qué limitaciones encontró en el curso de Robótica y drones en Educación STEM?

-
17. ¿Qué mejoras le haría al curso de Robótica y drones en Educación STEM?
 18. ¿En algún momento llegó a pensar en abandonar el curso? ¿Por qué?
 19. ¿Qué significa "volar" en el sentido tecnocientífico?
 20. ¿Qué significa para usted "volar" en el sentido metafórico basado en su experiencia en el curso?
 21. Considera que en cuestión de innovación tecnológica:

Mark only one oval.

No se deberían hacer ciertos desarrollos tecnológicos por cuestiones éticas y por dignidad humana
El desarrollo tecnológico no debería detenerse siempre y cuando maximice el interés de todos y todas,
promover el bienestar y reducir el sufrimiento, a pesar de que existan sacrificios (por ejemplo, el reemplazo de
trabajos humanos por robots o Inteligencia Artificial, segregación social y racial por avances en desarrollos en
genética y biotecnología)

This content is neither created nor endorsed by Google. Forms

PROYECTO MAESTRÍA ESTUDIOS SOCIALES DE LA CIENCIA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS

DEPARTAMENTO DE SOCIOLOGÍA

¡A volar joven! Ensamblando el dron “social” y las promesas de la educación STEM en un estudio de caso en Colombia desde una perspectiva socio-material

Ivan Escobar Sarmiento

Introducción:

Sentado frente a mi computador durante la cuarentena provocada por la pandemia del COVID_19 en Bogotá, Colombia, activo un programa de tecnología de comunicaciones y aparece una ventana para *unirme a una reunión*. Digito 97130605778 y aparece en la pantalla: *conectando*, hago click en *unirse sin video*, vuelvo a dar click en *unirse con el audio del computador...* unos cuantos segundos de espera para encontrarme en el espacio virtual del curso gratuito de **Robótica y Drones en la Educación STEM** para estudiantes de colegios públicos y privados invitados a participar en lo que es una “nueva experiencia de educación”. ¿De dónde surge esta práctica social? Durante varios meses he indagado sobre la educación STEM como un sistema que es en apariencia grande, estabilizado y revolucionario, pero que a su vez encuentra multiplicidad de interpretaciones, prácticas, discursos y materialidades que se configuran a medida que viaja en el vehículo discursivo de la globalización y, si se quiere, el de la modernización.

STEM es el acrónimo en inglés para Science, Technology, Engineering, Math. Su origen data de finales de la década de 1990 en la NSF (National Science Foundation)^[1] y ha sido utilizado como un rótulo genérico para cualquier evento, política, programa o práctica que involucre una o varias disciplinas enmarcadas en STEM (Byhee, 2010). Los motivos por los que se vuelca el mundo educativo en Estados Unidos hacia este tipo de enfoque, se enmarcan en el desarrollo, bienestar e innovación del país, discurso que se refleja en el documento del gobierno *Charting a course for success: America’s strategy for STEM education*.

“Ahora más que nunca la capacidad de innovación – y su prosperidad y seguridad—depende de un ecosistema educativo STEM efectivo e inclusivo. El éxito individual en la economía del siglo XXI depende cada vez más de un alfabetismo en STEM; simplemente, para funcionar como un consumidor y ciudadano informado en un mundo de tecnología sofisticada en aumento se requiere de la habilidad de usar dispositivos digitales y habilidades STEM tal como el razonamiento basado en evidencias” (Committee on STEM Education, 2018b).

La simultaneidad de la retórica que se puede encontrar casi que en cualquier documento referente a STEM, en cuanto a los elementos de *“fuerza laboral, el desarrollo de la nación y educación para todos y todas para alfabetizar en las disciplinas STEM”* no es nuevo. Se puede rastrear su semilla precisamente en la creación de la NSF cuando el ingeniero Vannevar Bush en la década de 1940 recomendaba al Presidente Eisenhower preparar a las siguientes generaciones de científicos e ingenieros para cumplir con la promesa de resolver los problemas del mundo (Chesky & Wolfmeyer, 2015b). Adicionalmente, ante el lanzamiento del Sputnik en 1957 por parte de los rusos, Estados Unidos aceleraría la asignación de recursos a la educación científica, incrementando la infraestructura relacionada a las disciplinas STEM^[2]. La competencia global por la innovación tecnológica durante estas décadas, dividiría al mundo en dos ideologías “occidental-capitalista” y “oriental-comunista” (Franco Avellaneda & Linsingen, 2011b) o mejor conocida como la Guerra Fría, lo que llevaría a concentrar el enfoque de la educación científica a la seguridad nacional. Por tanto, la semilla STEM germina por preocupaciones militares (Chesky & Wolfmeyer, 2015b). Posteriormente, en la década de 1960, el florecimiento de museos de ciencia, centros interactivos y programas de televisión ligados a la divulgación de las ciencias, serían instrumentos clave para alentar a los y las estudiantes a vincular su “talento” a las carreras STEM, pero también para popularizar la ciencia y así ir cerrando la brecha entre legos y expertos y concomitante, aportar al desarrollo nacional. Una vez apocada la Guerra Fría en la década de 1980 y ante la emergencia de potencias tecnológicas como Japón y Alemania Occidental, aún resuena en el discurso de la educación científica una constante vinculación a la fuerza laboral para sostener la vitalidad económica de las naciones.

Paralelamente, la educación STEM encuentra un aliado en el Movimiento “Maker” que busca desarrollar la producción de artefactos, el empoderamiento de los estudiantes y ciudadanos en general y la democratización de la innovación a través de la desmitificación o “descajanegrización” de dispositivos. De acuerdo a Blikstein (Blikstein & Blikstein, 2018), este movimiento encuentra sus fundamentos en la Escuela Activa de hace más de 100 años con John Dewey y la pedagogía experiencial, las teorías constructivistas y las constructoristas de Seymour Papert quien siempre abogó por un aprendizaje fundamentado en la interacción con artefactos, incluyendo los digitales. A pesar que sus “aulas” siempre han sido parte de la educación no formal dentro del contexto del surgimiento de museos de ciencia y centros interactivos en las décadas de 1960 y 1970, también se han creado espacios como los Makerspaces, los Hackerspaces, FabLabs y Ferias de Ciencias promovidas por el gobierno de Estados Unidos donde se forma la comunidad de práctica quienes construyen su identidad de “Fabricantes”. La educación STEM ha impulsado su incorporación a la educación formal K-12. Es por eso que se puede hablar de aulas “STEM Rich Making” donde la ingeniería y el diseño son las piedras angulares de esta pedagogía para “transformar el mundo y solucionar sus problemas”.

Adicionalmente, la inercia que traen los fundamentos de este énfasis en la educación científica es sometida a un nuevo impulso producido por estándares y marcos conceptuales que han robustecido aún más la relevancia y por tanto, la globalización de la educación STEM. Los *Next Generation Science Standards* (NGSS) son los estándares que viajan con la educación STEM. Estos fueron desarrollados en dos fases por las siguientes organizaciones: *National Research Council* (NCR), *National Science Teacher Association* (NSTA), *American Association for the Advancement of Science* (AAAS) y *Achieve*. En la primera fase desarrollaron el marco y la estructura conceptual en el *Framework for K-12 Science Education* y en la segunda fase los NGSS (*Development Overview | Next Generation Science Standards*, n.d.-a). Además de los expertos en sus respectivos campos, también intervinieron en la construcción de estos estándares agentes de la industria y los negocios interesados en la divulgación y enseñanza de las ciencias. Claramente, toda esta tecnología textual funciona como un vehículo para que la educación STEM pueda viajar y difundirse por el globo.

El nuevo ciudadano que este entramado educativo pretende formar debe tener habilidades del siglo XXI para responder adecuadamente a los retos de la “4ta Revolución Industrial”. Esta nueva configuración del “desarrollo humano” contempla ser competente en tres diferentes categorías de alfabetismo: 1) Habilidades de aprendizaje e innovación, 2) Habilidades de Información, Medios y Tecnología y 3) Habilidades para las profesiones y la vida. Según el Foro Económico Mundial (FEM) o el Foro de Davos ^[3], una élite de corporaciones que se autoproclama como una voz que representa a la “ciudadanía global” para proponer soluciones a los problemas del mundo, la educación de las “primera y segunda revoluciones industriales” promovía un talento uniforme para realizar tareas repetitivas para la producción masiva de productos (WEF, 2020b). Ante la producción automatizada y la creación de valor intangible durante las “tercera y cuarta revoluciones industriales” se hace necesario un nuevo tipo de educación que dé cuenta de los “trabajos del futuro” que aún no existen y que según FEM, tendrán una alta carga de habilidades digitales y socio-emocionales, a este documento FEM lo ha llamado “Las Escuelas del Futuro”. El ciudadano competente que se visualiza aquí es la semilla al desarrollo y crecimiento económico de las naciones, un cuerpo para servir a la moral utilitaria de “resolver los problemas del mundo” para el bienestar de todos y todas y lograr un desarrollo sostenible global. El respaldo que tiene la educación STEM en Estados Unidos se refleja en políticas públicas que promueven este tipo de alfabetismo para superar el déficit de científicos e ingenieros, y así incrementar la fuerza laboral.

En el caso colombiano, a pesar de que se han incrementado los números de graduados en carreras STEM de 2001 a 2018, menos de 3 de cada 10 (“Columna Andrés Mendoza Código y programación, el idioma del futuro,” n.d.) se han graduado de programas de ciencia y tecnología y este dato ha servido al gobierno colombiano para privilegiar políticas que inculquen la innovación y la inclusión (*Ciencia Tecnología e Innovación*, n.d.), sobre todo para generar programas enfocados en la población femenina que ha sido sub-representada en las carreras STEM (*Nace Fondo Para Promover La Vinculación de Mujeres y Niñas En Ciencias, Tecnologías, Ingenierías, Artes o Matemáticas | Minciencias*, n.d.). Una de las carreras STEM con mayor representación en Colombia ha sido la Ingeniería, sin embargo, en los últimos años el gobierno reporta un aparente decrecimiento de graduados en estas profesiones. Ahora bien, ¿es éste entramado de estándares, visiones de futuro, valores-morales y las

materialidades concomitantes, la educación STEM que estoy observando, discutiendo y “ensamblando” a través de la pantalla de mi computador?

Descripción del problema:

“Traduciendo” STEM

¿Cómo surge el estudio de caso? El curso de **Robótica y drones en Educación STEM** que patrocina la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de los Andes y el Colegio Nueva Granada, es una iniciativa de un candidato a Magister de Ingeniería Electrónica de la misma Universidad. Su interés nace de un curso que él realizó en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia *Acciones innovadoras en el aula: Educación STEM para docentes en la 4ta Revolución Industrial*. Este curso lo viene desarrollando el grupo *STEM Education Colombia* quienes han divulgado la educación STEM en Colombia por poco más de 5 años. Este grupo de interés en particular, llama mi atención por dos razones fundamentales:

1) Dicen tener el “primer libro en español sobre educación STEM en Latinoamérica”^[4] y 2) su autor Jairo Botero tiene conexión directa con Cary Sneider uno de los expertos contribuyentes del desarrollo de los NGSS. Adicionalmente, es un grupo que cada vez más realiza actividades de divulgación como charlas y webinars y la más reciente, un formato “descomplicado” que se llama Café STEM que se convierte en una vitrina para exponer los aliados y a su vez el marketing necesario para vender su libro, otras materialidades como kits de programación y robótica y sobre todo, adquirir reconocimiento en la comunidad educativa, no solo nacional sino latinoamericana. Actualmente, ante la falta de políticas públicas consolidadas que busquen explícitamente esta “revolución educativa”, el caso colombiano y en general de Latinoamérica, es particular precisamente por el entusiasmo que surge de varios grupos de interés que ven en la educación STEM la solución a los problemas de la nación para salir del “subdesarrollo”. Aquí, los esfuerzos van de “abajo hacia arriba” ya que los gobiernos han retardado la creación de reformas educativas que sean coherentes a las demandas de organizaciones como el FEM, pero sobre todo, de la OCDE quienes ejercen una presión constante en los sistemas educativos de las naciones afiliadas a través de las pruebas

estandarizadas PISA. Son estas organizaciones las que tienen un alto nivel de agencia sobre qué aprender, cómo aprenderlo y con qué aprenderlo.

Jairo Botero y el grupo de cuatro entusiastas quienes lo acompañan, son en su mayoría Ingenieros que encuentran en la educación STEM una oportunidad para “difundir” lo ya construido en Estados Unidos en términos de estándares, visiones, valores y morales. En sus charlas y webinars, se percibe siempre un afán por actuar “ya mismo” antes de que la tecnología siga creciendo “exponencialmente” y se vuelva inalcanzable. Dicen que lo importante no es traer tecnología al aula, sino crearla en el aula, ante los constantes comentarios de la dificultad de llevar materiales costosos como robots, arduinos y software de codificación y programación a zonas rurales del país. Adicionalmente, como tienen la “bendición” de Cary Sneider, tienen la confianza de aclarar definiciones sobre lo qué significa y no significa la educación STEM.

Básicamente, es un grupo que está en proceso de “evangelizar” (término que han usado ellos mismos en sus charlas) a todo aquel quién esté interesado en implementar este enfoque educativo. Por el momento, sus herramientas más poderosas son: 1) el libro, 2) los webinars, 3) el curso de capacitación docente *Acciones innovadoras en el aula: Educación STEM para docentes en la 4ta Revolución Industrial* 4) los aliados que van ganando por el camino (Facultades de Ingeniería de las dos universidades más prestigiosas del país, Universidad [5] Nacional de Colombia y Universidad de los Andes, colegios pertenecientes al grupo TE B , expertos en educación científica, otros grupos de interés a nivel nacional y latinoamericano, y 5) el curso de Robótica y Drones en Educación STEM de la Universidad de los Andes, el cual es un caso concreto de práctica de educación STEM que surge de este grupo de interés y que se adecúa muy bien a las posibilidades de mis tiempos de investigación.

El curso comenzó el 10 de Junio de 2020 y a la fecha aún no ha culminado. Originalmente se planeó para marzo, pero las medidas de cuarentena impidieron que se llevara a cabo en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de los Andes. Hasta el momento resulta complicado establecer la fecha de finalización del curso dada la coyuntura actual por la pandemia de COVID-19. El curso es liderado por dos profesores titulares y tres

profesores/coachers auxiliares quienes apoyan esporádicamente el desarrollo. En total hay 22 estudiantes inscritos, 16 chicos y 6 chicas^[6]. El desarrollo del curso fue posible porque los dos profesores titulares se encargaron de armar un “laboratorio móvil” con los materiales necesarios para ensamblar un dron: diferentes tipos de motores (pero limitados), hélices, cables, baterías, balanzas digitales (“grameras”), arduinos, tarjetas de vuelo, entre otros. Estos materiales, como bien reconocieron los profesores, son importados siendo la mayoría provenientes de China, por tanto, los productores en China de estos dispositivos, los medios de transporte, el combustible, los distribuidores, etc, también hicieron posible el desarrollo de este curso. Desafortunadamente, los materiales no son suficientes para que cada uno de los estudiantes tenga acceso a ellos. Para esto se envió la caja a un líder por cada colegio invitado, conformando aproximadamente grupos de 3 a 4 estudiantes, con la condición de que se iban rotando los materiales a medida que se avanzaba en el proceso y todos y todas puedan manipular y ensamblar el dron en sus diferentes fases. Los estudiantes fueron invitados mediante sus profesores de ciencias quienes están cursando la Maestría de la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales en la Universidad Nacional de Colombia y quienes son compañeros de uno de los profesores titulares del curso. Pertenecen a colegios públicos y privados distribuidos en la mayoría de localidades de Bogotá y algunos municipios aledaños.

Ahora bien, ¿por qué ensamblar drones en un aula para estimular las habilidades del siglo XXI en este tipo de población estudiantil? Como se mencionó en la introducción del presente proyecto, el movimiento “Maker” o “Hazlo por ti mismo”^[7] tiene intersecciones con la educación STEM y la idea es democratizar y desmitificar tecnologías que antes estaban “cajanegrizadas”. Lo interesante es que originalmente los drones, como comúnmente se llaman a estos dispositivos, fueron diseñados con fines militares de seguridad y vigilancia. Para los profesores y estudiantes resulta una herramienta que es “divertida y chévere” para captar y estimular el talento que se puede encontrar en poblaciones con pocas probabilidades de acceder a una carrera STEM. Paralelamente a “desarrollar habilidades para el siglo XXI”, los estudiantes tienen a su cargo diseñar y ensamblar un dron que solucione un problema local de su comunidad: El dron social.

Entonces, ensamblar y “ensamblar” son dos figuras relevantes para este proyecto, una literal y la otra metafórica. Inspirado por *Reensamblando lo Social* de Bruno Latour (Latour, 2005) y *Aramis o el amor a la tecnología* también de Latour (Latour, 1996), donde lo social y lo tecnológico no se consideran preexistentes al objeto de estudio, sino que por el contrario, se configuran o “reensamblan” en las múltiples asociaciones de los diferentes actores humanos y no humanos, pretendo, por un lado, observar cómo se ensambla el dron social con distintos elementos y materiales que me permiten trazar asociaciones e interacciones que cuestionan “las fuerzas sociales” que vienen con STEM como una estructura “social” organizada y estable. Por el contrario, es una práctica “social” que se configura localmente por la emergencia de las agencias de los diferentes actores. El vuelo, por ejemplo, es un elemento que no se considera “social” para ciertas disciplinas y, sin embargo, es una agencia metafórica que emerge en este proyecto porque tanto en los discursos que comienzan a ensamblarse como en la materialidad misma del dron, se pueden rastrear asociaciones que extienden su significado y valor. Volar en el sentido tecnocientífico se ensambla con los motores, hélices y tarjetas de vuelo que permiten la fuerza de sustentación, pero “volar” también implica el “despegue” hacia el camino del progreso y desarrollo de las naciones y las promesas de los discursos que se configuran alrededor de STEM como un modelo educativo que “solucionará problemas del mundo local y global”. Sin embargo, es relevante considerar que las diferentes materialidades, interacciones y discursos no son estáticos sino agencias que fluyen y generan multiplicidad (Mol, 2002; Laet & Mol, 2007). El dron, por ejemplo, en sí mismo es múltiple y diferente porque en su proceso de ensamblaje comienza con el bosquejo en una pieza de papel, pasando por el proceso de estandarización que probablemente difiera de su primera versión y, así mismo, STEM es múltiple por sus distintas representaciones discursivas y prácticas que ocurren internamente en el grupo *STEM Education Colombia*, pero también en otros grupos de interés aquí en Colombia. La “traducción” de STEM por tanto, se puede “encarnar” en este curso situado de robótica y drones.

Rastrear estas asociaciones para ensamblar lo “social” del dron y del discurso STEM, me llevan a establecer las siguientes preguntas:

Pregunta Problema

¿Cómo se está “ensamblando” el discurso de la educación STEM, teniendo en cuenta al grupo de interés *STEM Education Colombia*, configurado en las materialidades, interacciones y traducciones del ensamblado de los drones “sociales”?

Preguntas accesorias:

- ¿Cómo se “ensambla” lo “social” de este dron?
- ¿Cómo se traduce la educación STEM en este caso a través de sus divulgadores?
- ¿Qué valores, conceptos, materialidades se movilizan al contexto situado para seguir hablando de STEM y de drones teniendo en cuenta sus orígenes?
- ¿Cómo fluyen las materialidades e interacciones de las redes que enactan a STEM y a este dron?
- ¿Existe una forma “Colombiana” de hacer STEM?

Objetivo general:

Analizar las interacciones y materialidades del contexto situado del curso *Robótica y drones en Educación STEM* y describir cómo fluyen y se traducen para enactar el discurso del grupo de interés *STEM Education Colombia*.

Objetivos específicos:

1. Identificar, describir y “ensamblar” lo “social” de este dron que se quiere producir en este curso.
2. Describir los elementos que se incorporan al discurso de los divulgadores *STEM Education Colombia* para construir las promesas de la educación STEM en este caso.
3. Contrastar el discurso de *STEM Education Colombia* con otros discursos STEM en nuestro país.

Estado del Arte

- **Educación científica en Latinoamérica:** El trabajo de Irlan Von Linsingen, Manuel Franco Avellaneda y Tania Pérez (Franco Avellaneda, 2016; Franco Avellaneda & Linsingen, 2011; Franco Avellaneda & Pérez Bustos, 2009); ((Franco Avellaneda & Pérez Bustos, 2009); (Franco Avellaneda, 2016b), son referencias importantes ya que caracterizan el estado del arte de la Educación Científica en Latinoamérica desde los Estudios Sociales de la Ciencia. Aquí me interesa narrar como los discursos hegemónicos del desarrollo y el progreso han permeado la educación científica en Latinoamérica generando aceptaciones y resistencias que prometen un diálogo entre las ciencias sociales y las ciencias naturales, pero también un diálogo con ese “otro” invisibilizado. Adicionalmente, los trabajos de Tania Pérez (Pérez-Bustos, 2009b) sobre las intersecciones entre la educación científica y la promoción de la Ciencia y Tecnología son un aporte necesario al contexto donde la educación STEM encuentra resonancias muy profundas. También es fundamental contar con una referencia que caracterice las percepciones de la Ciencia y Tecnología en la población en general y en los jóvenes colombianos. El Observatorio de Ciencia y Tecnología cuenta con una serie de publicaciones como el libro de las *Percepciones de las ciencias y las tecnologías en Colombia*(Daza-Caicedo et al., 2014b) y el libro *Entre datos y relatos* (Guerrero Castro & Daza-Caicedo, 2011b) los cuales caracterizan las múltiples percepciones que existen a las múltiples versiones que se configuran de Ciencia y Tecnología. Estos datos no son menores ya que me permiten contrastar a la población de estudiantes del curso de drones ante un encuentro, en apariencia novedoso para ellos, con la ciencia y la tecnología.
- **Estándares y políticas para la educación STEM en Colombia:** En este aparte me interesa establecer el estado del arte de las políticas públicas relacionadas a la educación STEM en Colombia, pero también lo que implica construir estándares como dispositivos de gobernanza que ensamblan nuevas prácticas docentes y que representan discursivamente una visión de ciudadanía. Los trabajos de Mulcahy (Mulcahy, 2011), Gorur (Gorur, 2013b; Gorur et al., 2019b) y Timmermans (Timmermans &

Epstein, 2010) me pueden dar luces en este aspecto. Adicionalmente, el trabajo de grado de la Maestría de Sonía Vallejo (Vallejo Rodríguez, 2014) sobre el ensamblado de las competencias científicas en la política pública colombiana, son aporte valiosos a la forma en que se “descajanegrizan” estas políticas.

- **Interacciones y materialidades en el “aula”:** Pocos han sido los trabajos de los Estudios Sociales de la Ciencia en Colombia en el campo educativo. Se puede decir que el análisis socio-material en el aula es relativamente reciente. Los trabajos de Sørensen (Sørensen, 2007, 2009) sobre los espacios que emergen en el aula por la interacción con un software educativo o el trabajo de Fenwick (Fenwick & Edwards, 2010b); (Fenwick & Edwards, 2014b); (Fenwick & Edwards, 2013b) sobre la Teoría Actor-Red en la educación son referentes importantes que enmarcan la potencialidad del trabajo de Latour, Callon y Law en el ámbito educativo. A nivel local el trabajo de Martínez (Martínez Medina & Medina, 2016) en el aula de medicina sobre la construcción del cuerpo en un aula de anatomía y el de Escobar (Escobar Jiménez et al., 2016b) sobre la construcción del conocimiento científico en los laboratorios de la Universidad del Atlántico, son aproximaciones socio-materiales muy importantes que me pueden dar luces en el análisis y en la metodología etnográfica. Adicionalmente, se han reportado ejercicios muy interesantes de diálogo entre el movimiento “hazlo por ti mismo” y los estudios sociales de la ciencia (Kenny et al., 2019), donde se podría considerar como una modernización epistémica en la enseñanza de las ciencias ya que la tecnología democratizada en este caso, una linterna térmica, permite ver distintas relaciones de poder en diferentes zonas de la ciudad y del campus en cuanto a la distribución de la energía. Una “educación científica modo-2”.

Justificación

“Este, entonces, es el leitmotif del giro ontológico. Es rechazar sentirse impresionado por sistemas grandes en apariencia, y la aparente unidad ontológica del mundo enactada por los

sistemas grandes. Por el contrario, es hacer el problema más pequeño, o mejor, hacerlo más específico. Lidiar con las materialidades de prácticas específicas. Descubrir diferencias. Y luego, intervenir en formas que pueden hacer la diferencia a esas diferencias” (Law, 2008b).

El estudio de caso del curso de Robótica y drones es una oportunidad para apreciar cómo un modelo educativo globalizado con promesas de configurar ciudadanos competentes para solucionar los problemas locales y globales mediante razonamiento tecnocientífico y con prácticas de la Ingeniería y el diseño, interviene en un contexto situado de nuestro país. La llegada a Latinoamérica de discursos y prácticas desarrollistas hegemónicos ha probado tener aceptaciones y resistencias de las cuales emerge el mismo campo de conocimiento de Estudios Sociales de la Ciencia desde mitad del siglo XX. Ante este escenario, la educación STEM revive de cierta forma modelos y estrategias de educación científica que históricamente ya se han planteado. Lo novedoso, sin embargo, es el entramado de estándares y materialidades que se promocionan como drones, robots y software de acceso libre que promete democratizar tecnologías, gamificar el aprendizaje y desarrollar creatividad, innovación y pensamiento crítico. A esto se la ha llamado “educación 4.0 o educación para la 4ta Revolución Industrial”.

Este proyecto quiere mostrar que, a pesar de que muchos divulgadores y promotores de la educación STEM la ven como una manera de integrar las humanidades con las ciencias naturales, en muchos casos el ejercicio termina sesgado hacia determinismos tecnológicos que es importante analizar y sacar a la luz. Para esto es muy importante realizar el análisis socio-material, para hacer del objeto problema algo más específico de lo que la globalización y la modernización educativa nos ha “hecho ver”. Adicionalmente, mi observación participante durante las discusiones con el grupo *STEM Education Colombia* sobre las limitaciones y críticas para realizar una educación STEM que busque ese diálogo entre la tecnociencia (leáse ingeniería y diseño también), las ciencias sociales y los conocimientos tradicionales, ojalá resulte con poder de agencia para precisamente “hacer la diferencia a esas diferencias”. Al final de cuentas, se quiere mostrar qué tipo de ciencia se quiere popularizar con la educación STEM en el contexto situado.

Consideraciones teóricas, definición de conceptos

Los constructos teóricos del campo de los Estudios Sociales de la Ciencia que me permiten analizar este estudio de caso se enmarcan en el giro ontológico. En primera instancia, la Teoría de Actor-Red desarrollada por Bruno Latour y Michel Callon, permite realizar un análisis socio-material contemplando la agencia de la heterogeneidad de los actores humanos y no humanos. La definición de actor es “cualquier cosa que pueda modificar el estado de las cosas haciendo una diferencia es un actor” (Latour, 2005). Adicionalmente, el concepto de traducción lo tomo de Latour (1988) para significar “desplazamiento, deriva, invención, mediación, la creación de un vínculo que no existía antes y que de alguna forma modifica dos elementos o agentes”. Finalmente, la ontología múltiple de Anne Marie Mol (2002, 2007) que se puede definir como las distintas formas en que un objeto de estudio se *practica* y no solamente en las múltiples formas en que se *conoce*. Cada tipo de práctica enacta/hace una versión distinta del objeto.

En todos los casos, el diálogo entre lo socio-técnico se configura en sus múltiples asociaciones, evitando determinismos hacia un lado (tecnológico) o hacia el otro (social). La noción de “vuelo” que define el proyecto, finalmente, termina siendo una agencia que se traduce entre materialidades, representaciones discursivas y prácticas que configuran lo “social” del dron y de la educación STEM.

Descripción de la metodología

La metodología se enmarca en la *Etnografía virtual*, ya que mi objeto de estudio se encuentra a través de canales de comunicación de la Internet dada la educación a distancia a la que nos llevó las medidas de cuarentena ante la pandemia por el COVID-19. El programa de tecnología de comunicaciones es Zoom, el cual me ha permitido realizar una observación participante en la medida de lo posible y reconociendo las limitaciones que esto trae como por ejemplo la dificultad de ver los cuerpos y lenguaje gestual que pueden ser relevantes y la interacción más directa con las materialidades. Este espacio me ha servido para realizar conversaciones a manera de entrevistas no estructuradas con algunos estudiantes. Adicionalmente, a través de una página que permite construir comunidades de discusión, Slack, el grupo *STEM Education Colombia* me invitó a participar y observar las discusiones que de cierta forma, configuran el

discurso situado. Este espacio lo he utilizado para realizar entrevistas no estructuradas a los miembros y que me permiten indagar sus posiciones, propósitos y tensiones que emergen a medida que realizo mis preguntas. También debo recurrir a encuestas donde recojo las percepciones de los estudiantes sobre la ciencia, la tecnología y la educación científica de la cual están haciendo parte. Las entrevistas semi-estructuradas se realizarán a los miembros del grupo *STEM Education Colombia*, así como a otros actores quienes tengan relevancia en la configuración de los discursos y las prácticas de este grupo.

Por otro lado, también contemplo realizar un análisis documental de los textos y videos que se produzcan en cuanto a políticas públicas, divulgación y documentación de otros grupos de interés que me sirvan de contraste y me permitan establecer si existe una forma “colombiana” de hacer educación STEM.

Plan de capítulos:

Estado del arte: Educación científica en Latinoamérica: aproximaciones desde los Estudios Sociales de la Ciencia

1. Contexto de la educación científica en Latinoamérica y los estudios sociales de la ciencia
2. Estándares y políticas para la educación STEM en Colombia
3. Interacciones y materialidades en el “aula”

Capítulo empírico:

1. Ensamblando el dron “social”
2. Las promesas reveladas (Latour, 1991)

[1] La NSF es una agencia federal independiente de Estados Unidos creada 1950, después de la Segunda Guerra Mundial que busca promover el progreso de la ciencia, avanzar la salud, la prosperidad y el bienestar nacional; para asegurar la defensa nacional.

[2] Cabe aclarar que el uso del acrónimo es anacrónico aquí, ya que como ya se referenció, éste se propuso a finales de la década de 1990.

[3] El Foro Económico Mundial es una organización sin ánimo de lucro, fundada en 1971 por Klaus Schwab que reúne anualmente a líderes empresariales y políticos para “promover una ciudadanía global” y promover un nuevo modelo de gobernanza.

[4] El libro publicado en 2018, *Introducción a una nueva forma de enseñar y aprender. Educación STEM*, es básicamente una recopilación y traducción de la relevancia de las prácticas de ingeniería en la educación K-12 y la promoción de los NGSS como un modelo a seguir. Para el autor, los NGSS representan la piedra angular de la educación STEM. Sin estos estándares, prácticamente STEM sería un mero slogan.

[5] El grupo TEB o Tecnología Educativa Bogotá, cuenta con los más prestigiosos colegios de Bogotá como el Colegio Nueva Granada, el Gimnasio Moderno, el Gimnasio Campestre, el Gimnasio Vermont, Rochester, Santa Francisca Romana, The English School, entre otros.

[6] En este sentido resulta interesante que en la retórica de inclusión proveniente de documentos oficiales de Estados Unidos, e incluso en la retórica local, no se considere a la comunidad LGBTI, sino que se enfoque en la población femenina subrepresentada en las carreras STEM, en minorías “raciales” o en poblaciones de bajo ingreso económico.

[7] “Do It Yourself (DIY) en su lenguaje original.