



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA
FACULTAD DE CIENCIAS
DIRECCIÓN GENERAL DE DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FILOSÓFICAS
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
COMUNICACIÓN DE LA CIENCIA

**EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE CON PRODUCTOS DE DIVULGACIÓN (YOUTUBE) EN
COMPARACIÓN CON ENFOQUES PARADIGMÁTICOS**

TESINA

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAESTRO EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

PRESENTA:

IVÁN DE JESÚS ARELLANO PALMA

TUTOR

DR. AQUILES NEGRETE YANKELEVICH, CEIICH-UNAM

Comité revisor

Dra. Natalia Verónica Soto Coloballes, PUEC-UNAM

Mtra. Ana María Sánchez Mora, DGDC-UNAM

Dra. Patricia Aguilera Jiménez, DGDC-UNAM

Fis. Sergio de Regules Funez, DGDC, UNAM

Ciudad Universitaria, Ciudad de México, octubre 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

A mis viejos, Remedios y Susano, por supuesto.

A mis hermanos y sus familias. Al Bichat (Iván) y la Mochis (Karla).

A la familia, claro está. No diré nombres pues, inconscientemente, puedo dejar a alguien afuera. En especial a mis primos.

A la *Pandilla* que siempre está alentando. Abrazo de gol a todos ellos. Tanto a los viejos como a los nuevos. En especial a Heber y Rey David por su bella amistad.

A Nayeli (frutillas), a Ana Lucía (la minga), Mariana, Lizeth, Sandra, Lupe, Gaby Wey, Javier, Víctor, J. Noé, a los amigos de la UAM, bachillerato y secundario.

**A los *Ciencioramas*, sin sus enseñanzas y amistad no estuviese aquí. A Paulina Queletzu por haberme invitado al proyecto hace más de cinco años.
Gracias por todo.**

A Alicia García Bergua, Lupita Zamarrón y Luci Cruz-Wilson por sus enseñanzas en la divulgación.

Al Dr. Aquiles Negrete Yankelevich, por sus enseñanzas y su calidez humana. A los lectores de la presente tesis.

A los profesores del posgrado.

A mis alumnos de química y biología en COVIZ. A Sam.

A los y las pedagogos del SUAyED. A Fer.

A los divulgadores de México y AL.

Índice

Resumen.....	5
Prólogo, ¿qué pretendo?.....	6
Problema.....	8
Justificación.....	9

Capítulo I. La divulgación científica y su relación con la educación

La paradoja de Sagan y ciertos aspectos de la educación en ciencias mexicana.....	13
La importancia de una educación científica.....	17

Capítulo II. La evaluación en los productos de comunicación de la ciencia.

¿Una tarea pendiente?

¿La divulgación tiene que ser evaluada?.....	23
Las diferentes formas de evaluar la divulgación de la ciencia. Una pequeña taxonomía.....	26
El caso <i>YouTube</i> y la divulgación científica.....	30
El método RIRC.....	34
Objetivo general y preguntas de investigación.....	37

Capítulo III. Análisis de caso

Participantes.....	38
El estímulo y los principios activos del vídeo.....	38
Cuestionario.....	41
¿Cómo se califica el cuestionario?.....	41
El estímulo paradigmático.....	42
Validar el cuestionario.....	42
Estudio piloto (aplicación y validez del cuestionario).....	43
Estudio de caso (aplicación del cuestionario).....	43
Resultados del estudio de caso.....	45
Análisis estadístico.....	46
Limitaciones y trabajo futuro.....	48
Reflexiones finales.....	49
Bibliografía.....	52
Anexos (Cuestionarios y gráficas).....	59

Resumen

Ya que se invierte un gran esfuerzo económico e intelectual en hacer productos de comunicación-divulgación¹ pública científica, debería hacerse un mayor esfuerzo en evaluarla.² Si bien, el objetivo de la comunicación científica nunca es estático y depende del contexto, aquí nos enfocaremos en el aprendizaje del receptor. Es decir, ¿cuánto aprende el público de ellos? La anterior, es una pregunta central. En esta tesina se sostendrá que no es suficiente generar productos de divulgación de la ciencia (ya sean escritos, eventos, exposiciones) también es necesario evaluar cuánto obtiene el público en términos de información, actitudes y/o habilidades científicas y, posiblemente, aprendizaje (uno de los tantos objetivos de la comunicación científica).

El propósito de esta investigación es analizar la eficacia en aprendizaje de un producto de divulgación científica en *YouTube* en comparación con un enfoque paradigmático. Para evaluar el aprendizaje se utilizó la metodología RIRC que permite cuantificar la información aprendida de manera confiable en medios de comunicación científica. Los resultados, si bien no son definitivos más bien exploratorios, sugieren que el público aprende información científica de *YouTube* y que podría existir una diferencia significativa (medida por *chi* cuadrada) entre el aprendizaje entre un enfoque paradigmático (tradicional) y divulgativo. Estos resultados preliminares podrían sugerir que se pueden usar los diferentes medios culturales como herramientas complementarias para la comunicación y educación en ciencia (Negrete, 2008 y Vega y Bañales, 2014). Por último, vale la pena

¹ No son lo mismo, según varios especialistas. El primero abarca al segundo, pero aquí se toman como “sinónimos”. En el artículo de Luisa Massarani (2018) en la JCOM AL se da a notar que existen 9 formas de llamar o definir la divulgación científica. Por razones de comodidad, las dejaremos como sinónimos, en caso que la diferenciación se tenga que hacer, se hará notar.

² Y no solo esfuerzo, también dinero. Para poner un ejemplo, el M. en C. Edgar Vargas (manager de *Cienciorama* portal divulgativo por internet que pertenece a la DGDC), por comunicación personal, mencionó que en el año 2018 se le otorgó un presupuesto de más de 1 millón de pesos a la Noche de las Estrellas en CU (según J. Franco, investigador Titular del IA-UNAM). ¿No deberían existir evaluaciones que permitan conocer mejor lo que el público obtiene de tal evento?

aclarar que no es una evaluación sobre la calidad del producto o los tópicos que se comunican, sino en cómo los públicos aprenden información científica.

Prólogo, ¿qué pretendo?

La comunicación pública científica es un baluarte imprescindible para formar ciudadanos críticos y activos sobre asuntos científicos (Díaz Constanzo y Golombek, 2020). Además, es importante que los ciudadanos participen en la toma de decisiones científicas que los afectan, para así aspirar a una sociedad más democrática³. Si bien la educación formal es nuestro primer acercamiento a los hechos e ideas científicas, ésta no parece ser suficiente. Por ende, se ha buscado ampliar el horizonte y mirar hacia nuevas alternativas que ayuden a comunicar y enseñar ciencia. Sin duda, grandes pasos se han dado en esta dirección y se ha logrado “transmitir correctamente la idea (científica) que tratan” (Sánchez Mora, 2014). Pero, ¿este esfuerzo divulgativo ha funcionado? ¿El público⁴ ha logrado sacar algo de provecho, en cuanto a utilidad y/o aprendizaje, de esta actividad?

La presente investigación tiene como objetivo tratar de dar respuesta a estas preguntas. Para ello se comparó, a través de análisis estadísticos y la metodología RIRC (método que permite cuantificar la información aprendida con narrativa científica), la eficacia de la divulgación de medios masivos como *YouTube*, hoy muy populares y con gran aceptación por parte del público (Valenti, 1999 y Brossard, 2013), en comparación con productos paradigmáticos (tradicionales) de

³“Pero ¿quién debe estar enterado y dar opinión de la actividad científica? Como otros asuntos de importancia actual, este es de responsabilidad general, más cuando ya no cabe duda alguna de que la ciencia es un asunto demasiado importante para estar en manos de unos cuantos”. Luis Estrada en *Acerca de la divulgación de la ciencia*.

⁴ Sobre los públicos en la ciencia hay mucha tela de donde cortar. Para comenzar, no existe un solo público de la ciencia, como demuestra Agustí Nieto-Galan en su libro *Los públicos de la ciencia (2011)*. Es decir, el público está constituido por todas las personas de la sociedad que, según Burns (2003) *et al.*, es un grupo heterogéneo que cuenta con diferentes necesidades, intereses, actitudes y niveles de conocimiento. En el presente trabajo se tomará como público al sector representado en las aulas (profesores y alumnos) y al público participativo e interesado en ciencias (la ciencia democrática en términos de Nieto-Galan). Estos grupos representan una parte esencial de la sociedad.

enseñanza en ciencia, por ejemplo los libros de texto o clases. Se utilizaron estos dos medios (*YouTube*/vídeos narrativos y formas de enseñanza paradigmática) ya que ambos persiguen metas similares: aumentar el nivel de conocimiento científico aunque para lograrlo recrean y representan la ciencia de manera disímil (Negrete, 2020), entre otras características de *YouTube* que han hecho de este formato un medio adecuado para la divulgación científica (véase capítulo 2). La intención es comprobar la eficacia de estos medios a la hora del aprendizaje científico por parte del público, para ver si, posteriormente, es posible “voltear” a ver estas formas alternativas cuando se enseña ciencia en un salón de clases.

Lo anterior queda plasmado en cuatro capítulos. El primer apartado es referente a la educación científica y su relación con la divulgación. Se esbozará brevemente la deficiencia en la educación científica que existe en México y algunos motivos que explican este rezago. Posteriormente, se plasmará la importancia de la educación científica en las sociedades actuales para la formación de un pensamiento crítico en los ciudadanos. Argumentaré el papel que tiene la divulgación científica para lograr esa formación. Para dicha descripción me apoyo en las ideas de educación de Rousseau (1762) y Célestin Freinet (1943) y en las ideas de divulgación científica de Bucchi (2009), Ana María Sánchez Mora (1998 y 2010), Aquiles Negrete (2008), entre otros.

El segundo capítulo trata sobre la evaluación de los productos de divulgación científica. Presento una puntual taxonomía de las diferentes formas de evaluar la divulgación (que dependen del contexto) y los disímiles objetivos que persigue ésta. Prosigo este capítulo con la importancia y aceptación de la divulgación científica en *YouTube*. Dicha descripción es un panorama de la divulgación en este medio y algunos de sus autores (llamados *Edutubers*). Termino este apartado con la descripción del método RIRC que fue ideado para evaluar de manera cuantitativa la eficacia de los productos de divulgación científica escrita. Y que ha sido modificado por diversos autores para su utilización en diversos productos y contextos (Ríos Cabellos y Negrete 2014; Negrete, 2014; Negrete y Mancilla, 2020; Velasquillo y Negrete, 2020).

Al inicio de este tercer capítulo presento el estímulo y las razones de esta elección. Se detallará la realización del cuestionario que se encuentra en los anexos de la presente tesina. Posteriormente, presenté las dos pruebas realizadas en esta tesina: la prueba piloto y el estudio de caso y cómo se hizo la evaluación por medio del método RIRC. Se mostrará los resultados del grupo piloto y estudio de caso. Por último, se analizan y describen los datos así como los gráficos, así como el análisis estadístico. Para terminar, escribiré sobre las limitaciones del presente trabajo.

Finalmente, reflexionaré en algunas líneas, a manera de conclusiones, sobre los resultados encontrados en la presente tesina. Se reflexionará sobre posibles trabajos que sigan acercando y mejorando la evaluación en comunicación y educación en ciencias, para una mejor comprensión, aprendizaje y disfrute de esta actividad humana.

Problema

Existen distintas alternativas para paliar el poco éxito de la educación formal a la hora de instruir al ciudadano en ciencia (Negrete, 2008). Además, se pone mucho esfuerzo en hacer estas opciones (teatro, ficción, narrativa, vídeos, cómics, etc.) para la comunicación y la educación científica, pero ¿han funcionado? ¿Tenemos bases objetivas para afirmar que estas formas alternas de comunicación científica han mejorado la actitud y la educación científica del público? ¿El público ha aprendido de todas estas opciones? Aunque las preguntas se pueden formular para los distintos medios de comunicación científica (en especial la narrativa), aquí me enfocaré en el medio masivo *YouTube* en comparación con textos paradigmáticos.⁵

⁵ El concepto paradigma se ha vuelto común en el mundo académico de la filosofía e historia de la ciencia, desde que Kuhn la propuso en su libro *Las estructuras de las revoluciones científicas* en 1962. Para Kuhn significaba un modo de investigación científica que aparece dominado por una suerte de estructura general. Esta estructura nunca es puesta en duda por los científicos y es transmitida a la siguiente generación. El concepto de paradigma fue criticado y en las posteriores ediciones del libro, Kuhn la modificó por *matriz*

Justificación

John Kenneth Galbraith, uno de los más grandes economistas del siglo XX, afirmaba: “Antiguamente, lo que distinguía al rico del pobre era la cantidad de dinero que tenían en el bolsillo; hoy los diferencia el tipo de ideas que tienen en la cabeza” (Galbraith, 1958, p.59). En opinión de algunos pensadores, como Marcelino Cereijido, lo que establece esa disparidad notable es una ciencia moderna que ha partido a la humanidad en un “Primer Mundo que investiga, crea, produce, vende, decide, define, dicta, impone, censura, invade, y en un Tercero que viaja, se comunica, viste, cura y mata con vehículos, ropas, medicamentos y armas que han inventado los del primero.” (Cereijido y Reinking 2005, p.11). Y cuando lo hace, prosigue Cereijido, “se embarca en deudas impagables, hambre, miseria e ignorancia” (p.11). “¡Que inventen ellos!” Se sabe que dijo el escritor español Miguel de Unamuno para referirse al desprecio hacia la ciencia y tecnología en España del siglo XIX y XX y que bien podría decir cualquier mandatario de nuestro país.

La falta de una cultura científica⁶ es quizá aún más alarmante que lo anterior. Fernando Pacheco (2020) dice que “la cultura científica sería la comprensión pública de la ciencia, entenderla en contexto”. Si esta es insuficiente incapacita al

disciplinaria. En este caso el libro de texto, según el mismo Kuhn en el libro citado, ha funcionado como un exponente de las teorías aceptadas, vehículos de definición de los problemas y métodos legítimos de un campo de investigación con la que aprenden las siguientes generaciones de científicos (1962). En este sentido kuhniano, se entiende paradigmático en la presente tesina: como enfoques de enseñanza científica ampliamente aceptadas y que definen, en gran parte, las teorías o problemas científicos que el alumno aprende y cómo los aprende.

⁶ La definición de Silvio Vaccarezza (2009) de la Universidad Nacional de Quilmes (UNQ)-Argentina es más completa ya que incluye más factores que entran en el análisis del concepto. Esta es “entendida como el intercambio continuo de significaciones heterogéneas, inconstantes, contradictorias y volátiles producidas, sea de manera activa o mantenidas en forma latente por diversos individuos y grupos sociales envueltos en redes más o menos permanentes o transitorias de interacción, con diferentes intereses, valores, expectativas, imágenes respecto a diversos objetos científicos y tecnológicos que entran a jugar papeles significativos en espacios sociales puntuales e históricamente situados”. En *YouTube* se encuentra el siguiente vídeo de donde tomé la primera definición: https://www.youtube.com/watch?v=JSStsaXJg2Q&feature=share&fbclid=IwAR3gJiGaC_hWUkhEgHAX1X6TeJkSI4wy8ynMQ4A5R1PGal15Uung3Qy4WuM. También es recomendable el libro: Hazen. M. Robert. y Trefil James. Alfabetismo Científico. En la Popularización de la Ciencia y la Tecnología, reflexiones básicas. Eduardo Martínez y Jorge Flores, compiladores, UNESCO, Red de Popularización de la Ciencia y la Tecnología en América Latina y el Caribe, Fondo de Cultura Económica, México, 1997.

ciudadano y al político para percatarse de la falta de conocimiento científico. Como sostiene Marcelino Cereijido (1997) no hay en México y en Latinoamérica una cultura científica que nos permita salir del atolladero en el que nos encontramos. Lo anterior Cereijido siempre lo sintetiza con una frase, que sea cual sea el mandatario o color de partido en turno, rara vez cambia: *Ahora tenemos problemas graves y urgentes, pero prometemos que, en cuanto los resolvamos, apoyaremos a los investigadores* (Cereijido y Reinking, 2005, p, 12).⁷ Por eso, comentaré brevemente las implicaciones de la frase de Cereijido y Reinking. En primer lugar, ese “hasta que resolvamos nuestros problemas” se resume con un símil “ahora tengo que resolver estas integrales triples, pero en cuanto las termine estudiaré matemáticas”. Se opta por la ignorancia y esto nos demuestra que no se resolverá ningún problema. Y volvemos al círculo vicioso y no salimos del embrollo. Segundo, esa “promesa de ayudar a los investigadores” implica que se apoya para quitarse de encima a los investigadores, pues no se sabe para qué sirve la ciencia y simplemente “se le apoya” ya que algo bueno puede dar. Como si uno se extirpara la vesícula biliar, dice Cereijido, con el único propósito de apoyar a su médico. El aparato científico-tecnológico-industrial del Primer Mundo no habla de apoyar la ciencia sino apoyarse *en* la ciencia (Cereijido, 2005).

Si al parecer la escuela tradicional⁸, con lo que conlleva, por ejemplo libros de texto, ha sido insuficiente en alcanzar cierto conocimiento científico mínimo⁹ y/o

⁷ Aunque considero que la ciencia no es la panacea para resolver todo problema, muchos de estas dificultades requieren que se recurra a la ciencia o por lo menos la capacidad de dudar y de buscar respuestas, de reconocer errores y renovarse, cualidades del método de la ciencia (Sánchez Mora, 2004). El ejemplo más significativo de lo anterior es el daño a la capa de ozono por los clorofluorocarbonos que dejaron de ser producidos por la empresa Dupont, debido al Protocolo de Montreal (Chamizo, 2019).

⁸ La escuela tradicional, la define el pedagogo Porfirio Moran Oviedo (2004), como aquella educación donde se entiende el aprendizaje como retener y memorizar información. Para lograr este objetivo, las actividades son la observación pasiva de los alumnos, acompañado de libros de texto que fomentan el enciclopedismo en vez de la reflexión.

⁹ ¿Cuál es este conocimiento científico mínimo? En la Conferencia Mundial sobre Educación Para Todos del año 1990 celebrada en Jomtien, Tailandia se definió este conocimiento mínimo como los saberes científicos teóricos y prácticos, destrezas, valores y actitudes que, en cada caso y en cada circunstancia y momento concreto, permiten que las personas puedan encarar sus necesidades básicas tales como la supervivencia, el desarrollo pleno de las propias capacidades intelectuales, el logro de una vida y un trabajo dignos (Tuirán y Quintanilla, 2012).

“De no modificarse esta situación constituirá un obstáculo importante para impulsar el desarrollo de una economía competitiva en el mundo globalizado del siglo XXI” (Instituto Nacional para la Evaluación, 2010).

capacidad de dudar y razonar que son cualidades del método de la ciencia (Sánchez Mora, 2004) que todo ciudadano que vive en un país democrático requiere, se deben buscar distintas opciones. Estas alternativas existen y, si bien aún no están al alcance de todos, pueden ser aprovechadas para mejorar el nivel educativo de todo ciudadano interesado. Pero ¿estas maneras alternas de comunicación están funcionando o estamos cayendo en los mismos problemas que ya no solo abarca a la educación formal tradicional sino también a la comunicación y divulgación científica?¹⁰

Intentar contestar estas preguntas no es una cuestión banal. Para los especialistas preocupados en la educación y comunicación científica, la evaluación en ambos rubros tiene varias ventajas: 1) realizarla de antemano posibilita revisar el material antes de presentarlo; 2) puede proporcionar información de los resultados obtenidos y verificar si estos fueron “exitosos” (depende de las metas trazadas, por ejemplo en el aprendizaje de conocimiento científico, véase el capítulo II de la presente tesina); 3) puede ofrecer retroalimentación por parte de los receptores para su mejoramiento; 4) ayuda a conocer mejor al público; y 5) provee evidencia cuantitativa y cualitativa del éxito (o no) de la intervención que haya sido realizada (aquí entra la idea de lo que no se mide no se puede mejorar). (Negrete, 2012 y COPUS, 1996). He aquí la relevancia del presente trabajo. En esta tesina quiero proponer la sexta ventaja: la comunicación de la ciencia como una manera complementaria de educar en ciencias (después de sugerir que el alumnado aprende información científica a través de estos medios (en particular *YouTube*)).

Vale la pena mencionar que el objetivo de la comunicación científica nunca es uno y tampoco estático (Díaz Constanzo y Golombek, 2020). En el capítulo 2 de la presente tesina, se muestran los diferentes objetivos de esta disciplina que van

Lo anterior fue dicho por el instituto al percatarse de las calificaciones de los estudiantes mexicano en la prueba PISA concentraban entre 40 y 50% del alumnado en los niveles más bajos (Tuirán y Quintanilla, 2009).

¹⁰ La matemática y divulgadora española Clara Grima dice: “«Cada vez hay más gente que divulga ciencia, pero aún notamos que hablamos para nosotros mismos y quienes nos siguen, aunque creo que esta sensación se va rompiendo poco a poco, que la burbuja, si no llega a romperse, sí tiene algunas vías de escape.» Citado de Naukas, 2021.

desde saber que la ciencia existe hasta evaluar el aprendizaje del conocimiento científico y/o hacer de la ciencia parte de la identidad de los ciudadanos (cultura compatible con la ciencia). Este trabajo solo abarca un pequeño reducto de los diferentes objetivos de la divulgación científica: la divulgación como complemento de la educación formal. Los diferentes objetivos y metodologías de la comunicación científica usados para alcanzar las distintas metas propuestas por este campo dependen de quién sea el público, cuál es el tema, el modelo de comunicación a usar (véase el capítulo 1 de la presente tesina) llegando incluso a combinarse las diferentes metodologías y/o modelos en la práctica. Para conocer otros enfoques sobre la vocación de la divulgación dirijo al lector al libro “Handbook on public communication of science” de Bucchi y Trench y al capítulo dos de la presente tesina.

Capítulo I. La divulgación científica y su relación con la educación

La paradoja de Sagan y ciertos aspectos de la educación en ciencias en México

“Hemos organizado una civilización global en la que los elementos más cruciales dependen profundamente de la ciencia y la tecnología. También hemos dispuesto las cosas para que casi nadie entienda la ciencia y la tecnología. Eso es una receta para el desastre. Tarde o temprano, esta mezcla combustible de ignorancia y poder nos explotará en la cara.” Estas fueron las palabras del famoso divulgador y astrónomo Carl Sagan en su libro *La ciencia y sus demonios* (1995, p.78). Estas palabras gozan de actualidad, cincuenta años después de ser plasmadas (Sagan la menciono primero a inicios de los años setenta).

En México se dedican muchas horas a la semana (desde la educación básica hasta la preuniversitaria) a las clases relacionadas con ciencias: biología, física, química, matemáticas, reduciendo el tiempo a las clases de artes, sociales y humanidades.¹¹ Incluso en nuestro país, aunque no es una situación aislada (Montero, 2021), en el año 2008 se publicaron en el Diario Oficial de la Federación los Acuerdos 442 y 444, de la Secretaría de Educación Pública, en los que se dieron a conocer las bases de lo que llamaron Reforma Integral de la Educación Media Superior (RIEMS). Varias suposiciones sorprendieron y se criticaron de esta Reforma, pero para nuestros intereses destacaremos lo siguiente: preparar a los estudiantes al mercado de trabajo (educación por competencias). Es decir, se dejaron de lado las condiciones históricas, sociales, culturales del país para enfocarlo al objetivo ya citado: llevar a los estudiantes a las competencias de un mercado “globalizado”. Como afirma el filósofo mexicano Gabriel Vargas Lozano (2014), una reforma implica, explícita o implícitamente, un cierto tipo de persona que se quiere formar, en este caso la reforma pretende imponer una educación con énfasis tecnológico. En palabras de Vargas Lozano se quiere formar un

¹¹ En la página de la SEP, por ejemplo, en el cuarto semestre de bachillerato se ofertan por semana cinco horas de matemáticas, cinco de física y cuatro de biología en comparación con tres horas de literatura, tres de estructura socioeconómica de México y dos de lengua adicional al español. Véase https://www.dgb.sep.gob.mx/bachillerato_general.php (consultado en marzo 2021).

“intelectual” en el *know how*. ¿Qué se eliminó en el cuerpo de materias básicas? Desaparecieron el área de humanidades, la historia y la literatura. No hubo un documento que argumentara tal decisión, pero se puede suponer que es por la visión de la educación por competencias y en la terrible confusión entre educar y adiestrar.¹² Se quiere hacer lo segundo. En pocas palabras, en México se decidió eliminar a las humanidades debido a su “inutilidad” práctica-instrumental.

Pero, ¿este nuevo enfoque ha funcionado? ¿Tenemos más jóvenes interesados en la ciencia y tecnología? ¿Ha sido directamente proporcional ese aumento en el número de horas en la educación científica y el aprendizaje-interés por la ciencia? La respuesta parece ser negativa. Basta asomarse a la prueba internacional PISA (2015) que expone la carencia de conocimientos científicos básicos en 48% de los estudiantes mexicanos. En promedio México obtuvo 416 puntos en la prueba, 77 unidades por debajo de la media de los países evaluados. Por lo tanto, la enseñanza en nivel básico de leyes científicas no ha aumentado el conocimiento científico de los jóvenes aunado a que no garantiza que los estudiantes cambien sus creencias y representaciones sociales desde las cuales interpretan esos saberes. Manuel Ruvalcaba Cervantes (2017) sintetiza el problema diciendo que “estudiar astronomía no implica dejar de consultar diariamente el horóscopo”.¹³ Parece plausible que las representaciones alternativas al conocimiento científico, prosigue Ruvalcaba, están “tan enraizadas en nuestra cultura que las propuestas didácticas no influyen más allá del aula”. Por ende, sostengo que caemos en una paradoja. Se pone un interés en la tecno-ciencia, pero como escribió Sagan “casi nadie entiende la ciencia y la tecnología”.¹⁴ Es la paradoja de Sagan.

¹² En palabras de del pensador argentino Aníbal Ponce (2005) “la educación tradicional pone en marcha preponderantemente la formación del hombre que el sistema social requiere. En ella cuenta el intelecto del educando mientras deja de lado el desarrollo afectivo y en la domesticación y freno del desarrollo social suelen ser sinónimos de disciplina.”

¹³ En el mismo hilo, Marcelino Cereijido dice que el mismo problema le sucede a los investigadores, es decir, la mayoría de éstos no logra ahuyentar los espectros del fanatismo y prejuicios de la vida cotidiana a pesar de su formación científica. No hay *una cultura compatible con la ciencia*, dice Cereijido y esto conlleva confundir ciencia con investigación.

¹⁴ Una buena metáfora para explicar la falta de entendimiento de ciencia y tecnología por parte del ciudadano común es *la caja negra*. En el ámbito de la inteligencia artificial se define como la incompreensión

Es decir, no se descubre el hilo negro al afirmar que existe (y seguirá existiendo) una actitud negativa hacia la ciencia por parte de los ciudadanos mexicanos. Lo anterior se ve de manera nítida en la última *Encuesta sobre Percepción Pública de la Ciencia y Tecnología* (ENPECYT) realizada por el INEGI a petición del CONACyT (2017). Ahí se menciona, por ejemplo, que un 37.46% de la muestra está de acuerdo con la afirmación: “algunas personas poseen poderes psíquicos”; un 32.57% cree en números de la suerte; 41.25% atribuye los objetos voladores no identificados a civilizaciones extraterrestres; 44.56% cree que los primeros seres humanos convivieron con dinosaurios. La empresa *Parametría* (2017) también hizo su propia encuesta que llega a parecidas conclusiones que la ENPECYT. Por ejemplo, 41% de los encuestados piensa que la humanidad ha sido perjudicada por el conocimiento científico o que el 69% de la gente piensa que dependemos mucho de la ciencia (y no de la fe) y que al ser esta peligrosa no debería ser así. Existe una tendencia de desconfianza y actitud negativa hacia la ciencia. Resultados similares se mostraron en la misma encuesta ENPECYT en 2007 por lo que en diez años poco se ha modificado en la percepción pública de la ciencia. Por otro lado, los encuestados se inclinan de manera clara y consistente (en ambas encuestas) en apoyar la ciencia y depositar en ella sus esperanzas de crecimiento económico y descubrimiento de la cura de algunas enfermedades. Pero, ¿por qué pedir más presupuesto para algo que nos da miedo, algo en lo que no confiamos? ¿En qué momento se genera esa desconfianza y desinterés hacia la ciencia? La respuesta no es sencilla, porque tampoco es un problema local (afecta a los Estados Unidos y a buena parte de la Unión Europea). Esto lo muestra el reporte *Wellcome Global Monitor. How does the world feel about science and health?*

Parte de los hallazgos de este reporte, publicado por Gallup (2018), es que:

del cómo funcionan las máquinas ya que solo se obtiene de éstas un resultado pragmático sin comprender su manejo, lo que puede conducir a accidentes.

“En todo el mundo, aproximadamente siete de cada diez personas sienten que la ciencia los beneficia, pero solo cuatro de cada diez piensan que beneficia a la mayoría de las personas en su país.

Alrededor de un tercio de las personas en el norte y sur de África, Sudamérica, América Central y México se sienten excluidos de los beneficios de la ciencia (Leff, 2010).

América del Sur tiene la proporción más alta de personas que creen que la ciencia no les beneficia personalmente, ni tampoco a la sociedad en general.

Entre las personas con alguna afiliación religiosa, en un desacuerdo entre la ciencia y su religión, el 55% estaría de acuerdo con sus enseñanzas religiosas; 29% estaría de acuerdo con la ciencia y 13% dice que depende del tema (Ramírez, 2019).

El 57% de la gente no piensa que sepa mucho (o incluso nada) de ciencia.”

Aunque como niños nos sentimos (la mayoría) muy cercanos a la naturaleza y a los fenómenos naturales, esta actitud se va desvaneciendo, cuando los niños entran a la primaria y el interés comienza a declinar (entre los 5 a 11 años, Eric Mazur, 2020). Desgraciadamente, muchos sistemas educativos no se ocupan de la reflexión, crítica y apreciación de la ciencia. Como señala Bodmer (1987), “el punto de partida más importante para mejorar la comprensión de la ciencia en sociedad es, sin duda, una educación científica adecuada en la escuela”. Lo anterior está muy lejos de ser real. Varios son los motivos. Por ejemplo, los maestros en las escuelas tienden a presentar a la ciencia como un conjunto de datos estériles y áridos, que se tienen que memorizar. Así se termina memorizando sin contexto (en palabras de Mara Dierssen (2019) “intoxicando”) la fotosíntesis, la tabla periódica o las fórmulas matemáticas para olvidarlas al poco tiempo (Blades, 2001 y Salinas Hernández y Serrano, 2019). Por otra parte, las prácticas de laboratorio y los libros de texto poco ayudan, pues si bien fueron diseñados para emular a la investigación científica y resumir lo que se sabe de una ciencia, respectivamente, distan de tener parecido con las prácticas reales de

la misma ciencia. En síntesis, la información se presenta sin un contexto, alejado de la realidad de los estudiantes (y población en general). Posiblemente sea un reflejo de la forma de enseñar la historia de la ciencia ortodoxa, es decir, occidental y universal. Esta manera de enseñar la ciencia se enfoca en la historia de las ideas (el exponente más relevante de este tipo de historiografía es el filósofo de la ciencia Alexandre Koyré) dejando de lado la parte cultural y humanística de la ciencia (Pimentel, 2010).¹⁵ Parece ser que al olvidarnos del aspecto social de la ciencia y concentrarnos únicamente en el aspecto cognitivo, los esfuerzos tanto en educación formal como no formal se pueden volver irrelevantes y quizá sin utilidad social (elefantes blancos).

La importancia de una educación científica

El beneficio será a largo plazo, cuando la semilla del teatro, la cultura y de lo mejor que tiene la civilización, germine en cada individuo...

Paulo Landa

Diferentes definiciones han dado los pedagogos, educadores o filósofos para delimitar y exponer qué se entiende por educación. Desde mi parecer, este fenómeno se puede entender desde diferentes niveles de análisis. Es decir, entender a la educación desde una perspectiva totalmente utilitaria (aprender ciertos conocimientos, técnicas o habilidades) hasta el desarrollo social y/o psicológico de los individuos. Por ejemplo, para el pedagogo francés Célestine Freinet la integridad educativa tiene dos vertientes alfabetizadoras: las letras y/o los números y segundo, las emociones, las habilidades sociales, la toma de decisiones y/o el manejo de relaciones interpersonales. Es decir, educar al ser humano es contribuir a que éste se desarrolle, con todas sus potencias y dimensiones, como persona a partir del entendimiento de ciertos conocimientos. El objetivo, prosigue el pedagogo, es la comprensión de su entorno que tiene como

¹⁵ Los estudios sobre la historia cultural han ido creciendo poco a poco, véase los libros, ya clásicos, de Mario Biagioli *Galileo Courtier. The practice of science in the culture of Absolutism* (1994) y *El Leviatán y la bomba de vacío* de Shapin y Schaffer (1985).

finalidad, según el pedagogo brasileño Paulo Freire, la transformación social. Por otra parte, Jean-Jacques Rousseau, en su texto *Emilio o de la Educación* (1762) consideraba a la educación como el enseñar a vivir. Educar, desde la lectura de Rousseau, significa recoger nuestro equipamiento humano y hacer con él una co-experiencia satisfactoria, a partir de experimentar la vida. Los mismos objetivos, entre otros particulares, conlleva la educación científica. Negrete (2020) afirma que la comunicación científica y la educación en ciencia son dos disciplinas emparentadas. Es decir, que ambas “tienen como objetivos generales elevar el nivel de conocimiento científico, y los problemas de comunicar, representar y recrear la ciencia de una manera comprensible, memorable y amena, también son similares. *Sensu lato* ambos persiguen el ideal del individuo armado con cierto conocimiento crítico sobre la ciencia” (Negrete, 2020, p.10). Obviamente existen diferencias entre ambas disciplinas en su manera de recrear, representar y educar en ciencias. “¿Hasta qué punto existen diferencias claras entre los procesos de enseñanza y divulgación, entre un libro de texto y un libro de ciencia popular?” se pregunta el historiador de la ciencia Agustí Nieto-Galan (2011). Posiblemente, prosigue Nieto, sea el replanteo por parte del público (en el contexto educativo) en activos y pasivos. En esta tesina abonaremos en esta discusión sobre los públicos activos y amateurs en el apartado *El caso YouTube*.

Pero ¿por qué es importante incrementar el interés y aprendizaje del estudiante y ciudadano por la ciencia? Esta pregunta es difícil de contestar, viendo la situación de muchos países latinoamericanos, donde los doctores recién graduados en ciencia tienen mucha dificultad para encontrar un trabajo (Villatoro, 2011). Por otra parte, ¿para qué le sirve al ciudadano promedio saber física cuántica, bioquímica teórica, ecuaciones diferenciales o biología molecular? En el texto *The unnatural nature of science* de Wolpert (1992) se cita una plática de los famosos personajes de la literatura Sherlock Holmes y Watson sobre la utilidad de saber si la tierra gira alrededor del sol o de la luna. No se trata de citar y divulgar sólo hechos científicos sino historia, filosofía, sociología de la ciencia. También, de comunicar las controversias científicas y compartir el conocimiento, no impartirlo. Como lo anterior no se realiza, Cereijido (2009) la ha llamado el “fracaso de la divulgación”

que significa, según el doctor en fisiología molecular, divulgación de la ciencia sin historia, sociología y filosofía. Todo esto con el objetivo de contextualizar el conocimiento científico y dejar de pensarlo como una verdad inmutable. En este mismo tenor los estudios culturales de la ciencia demuestran que la ciencia es cultura y si ésta es siempre cambiante, entonces la ciencia y el conocimiento científico también son mudables (Pimentel, 2010). Si bien la pertinencia de la pregunta sobre la utilidad del aprendizaje de conocimiento científico es válida, pienso que está mal enfocada. Es decir igualmente podríamos preguntarnos lo siguiente: ¿para qué le sirve a la gente saber arte grecorromano, la literatura del boom latinoamericano o poesía?

A continuación daré tres argumentos para intentar dar una respuesta a la pregunta elaborada sobre porque aumentar el interés del alumno y ciudadano en ciencia. Primero argumentaré, *grosso modo*, que la necesidad de que las personas estén informadas en asuntos relacionados con la ciencia tiene que ver con participar de manera responsable en una sociedad democrática (Sagan, 1995 y Bonfil, 2018). Es decir, que los ciudadanos puedan decidir y emitir un juicio acerca de las diferentes cuestiones científicas que pueden repercutir en nuestra cotidianidad (Woolnough, 1994). Esta primera razón está en sintonía con la manera global de entender la educación desde las definiciones dadas por Rousseau y Freinet. En segundo lugar, en la actual época de información masiva e instantánea, en gran parte gracias al internet y redes sociales, existen fenómenos paralelos, posiblemente no deseados, que están cobrando cada vez mayor fuerza: la epidemia de desinformación (en la actualidad ejemplificado con la pandemia por COVID-19), la llamada “posverdad” y/o los *fake news*, además de que se propagan más rápido que la información verificada (Vosoughi, 2018)¹⁶. Estos productos han provocado una verdadera explosión de embusteros o charlatanes que se aprovechan de la ignorancia, credulidad y vulnerabilidad de los

¹⁶ No quisiera dejar de mencionar a Isabelle Stengers (2019) que menciona que en el caso de las *fake news* en internet “se paga muy caro la ausencia de cultura en cuanto a los “hechos”, a su exigente fabricación, al proceso colectivo laborioso a través del cual se construyen en común los “hechos confiables” y las teorías que ellos autorizan”. Otras posibles razones de esta desconfianza en la ciencia y la epidemia de desinformación se explicaron en la página 15 y 16 de la presente tesina.

ciudadanos. Las consecuencias que este tipo de fenómenos provocan son diversas; desde dar crédito a creencias sin sentido, socavando así el pensamiento científico y crítico para sustituirlo por un pensamiento mágico e irracional, hasta poner en riesgo la salud (antivacunas o negacionistas de la COVID-19) de los individuos o negar la existencia del cambio climático con sus graves consecuencias para nuestro planeta. En tercer lugar, para formar en el ciudadano una “cultura científica” (Silvio Vacarezza, 2009 y Vargas Frías, 2019) que permita apreciar, disfrutar, criticar y aprovecharse del conocimiento científico, que al final de cuentas es una actividad más que enriquece al humano.

Debido a esta actitud negativa hacia la ciencia y su importancia en generar un interés en esta actividad¹⁷, sugiero que se deben buscar formas alternativas de acercar al público a la ciencia. Pero ¿qué alternativas en comunicación pública de la ciencia tenemos para generar, en palabras de Cereijido, una *cultura compatible con la ciencia*?¹⁸ ¿Todos los modelos de comunicación científica o formas de divulgar la ciencia pueden aportar a mejorar la educación en ciencias? ¿A qué públicos meta van dirigidos?¹⁹

¹⁷ Otras razones posibles del alejamiento paulatino de los individuos hacia la ciencia, que vale la pena mencionar, es hacia la predominancia de la ciencia universal y occidental que excluye al otro y a otros saberes e intereses (Leff 2010 y Feyerabend 1975) y a la rebeldía de los jóvenes hacia la autoridad por parte de los jóvenes a toda autoridad (Bonfil, 2019). En el libro de la filósofa Isabelle Stengers, *Otra ciencia es posible* (2019), se muestra como un grupo de estudiantes en Francia se muestran sorprendidos de la “manera tan desenvuelta con que algunos científicos se permitían barrer con un revés en la mano, como “no científico” o “ideológico” lo que es importante para los otros” (p.15).

¹⁸ Por otra parte, abonando a la complejidad de generar una cultura compatible con la ciencia se sabe que no todo fanatismo o creencia tienen la misma estructura cognitiva y/o de contenido.

¹⁹ Dentro de la comunicación pública de la ciencia el modelo de déficit concibe al público como carente de ciertos conocimientos científicos que debería poseer, es decir hay que rellenar esos huecos; mientras el modelo de participación ciudadana “se toman en cuenta las dimensiones sociales de la producción científica, factores tecnocientíficos, activistas, organizaciones no gubernamentales y otros actores sociales. En este modelo el público no es visto como una audiencia pasiva, sino como un integrante fundamental en la generación y propagación del conocimiento científico” Bucchi (2008). En síntesis y parafraseando a Bucchi (2008) incrementar el interés en la ciencia, sus resultados y procesos nos llevará de pasar del modelo de déficit al de diálogo y por último a un modelo de participación ciudadana. Sin embargo, el mismo Bucchi y Brian Trench (2021), desdiciéndose un poco, mencionan que no se puede ver la historia de la comunicación de la ciencia como un “progreso” del modelo de déficit al de “participación ciudadana” como si éste fuera el epítome de la perfección, sino que, en la práctica, conviven muchos aspectos que relacionamos con modelos distintos. Todo depende de cuál sea el objetivo, quién sea el público o cuál es el tema (Kruher y colaboradores, 2021). Reducir la comunicación de la ciencia a una tendencia o modelo de esta disciplina “no reflejan adecuadamente la variedad y diversidad cultural de la comunicación científica a nivel internacional”.

Las alternativas de comunicación científica pueden ser un excelente complemento a las clases y libros de texto. Pocas de éstas han probado su efectividad de manera cuantitativa, por ejemplo los cómics²⁰ (Plata Rosas, 2021, Negrete, 2014; Negrete y Mancilla, 2020). En consecuencia, educadores, pedagogos, comunicólogos, filósofos o científicos han buscado otros medios donde la ciencia y la tecnología puedan enseñarse y representarse, por ejemplo, cine, radio, internet, museos de ciencia, *YouTube* (Welbourne y Grant, 2016), instalaciones de arte, cómics, narrativas, etcétera que hagan partícipe al público de manera activa. ¿Pero sabemos si la mayoría de estas formas alternativas de acercar al público han funcionado? o simplemente se están haciendo productos que, inevitablemente, se quedarán en la academia, cayendo en un círculo vicioso en donde solo unos cuantos tienen acceso al conocimiento científico. Más aún, ¿tenemos metodologías que nos permitan saberlo?

Aunque en México y en varias partes de América Latina hay “escuelas”²¹ que permiten saber que existe una tradición en la comunicación y divulgación de la ciencia, poco esfuerzo se pone en evaluarlas (Negrete, 2008). Diferentes asociaciones, colecciones, comunicadores profesionales y legos, institutos, etcétera han dejado en claro que existe material y personal de calidad a la hora de comunicar la ciencia. Quizá los ejemplos por antonomasia (en escritura) sean la colección “*La ciencia para todos*” con más de 250 títulos, la revista *¿Cómo ves?* con 22 años ininterrumpidos (que además tiene una sesión de apoyo al aula llamada *Guía del maestro*) y la *Colección Ciencia que ladra...* (Argentina) con 100

Quizá el ejemplo más notorio de esta mezcla de modelos sea en la forma de comunicar conocimiento científico sobre la actual pandemia por Covid-19.

²⁰ En dos trabajos de Negrete sobre cómics y fotocómics (2008 y 2020) se muestra que, a largo plazo, la información científica aprendida (por una población que leyó cómics vs otra población que leyó libros de texto) es mejor retenida por los que leyeron cómics.. Por otra parte Luis Javier Plata (2021) en un meta-análisis sobre los cómics muestran que estos son buenos motivadores de lectura para gente no acostumbrada a leer y por ende mejorará los hábitos de lectura. Por otra parte, también existen trabajos desde el enfoque de la didáctica crítica que amplían los métodos y herramientas utilizadas en la enseñanza, véase Porfirio Morán (2000).

²¹ Las escuelas que podría citar comenzaron con Luis Estrada en México y Diego Golombek en la Argentina. Por experiencia directa observé que en la Argentina muchos de los libros de la colección *Ciencia que ladra...* (por ejemplo *La física en la vida cotidiana* de Alberto Rojo) se utilizan para reforzar lo visto desde el primario hasta el bachillerato.

títulos aproximadamente. Estos productos escritos han demostrado que puede comunicarse la ciencia de manera innovadora que garantiza, por un lado, una información confiable y fidedigna y, por el otro, un disfrute y la comprensión de los temas científicos.²² Pero poco se ha hecho para evaluar el impacto en cuanto aprendizaje de las diferentes actividades divulgativas (ya sean productos escritos o medios digitales). Se mencionarán algunos motivos de esta situación y se aportará con esta tesina hacia esa dirección.

²² Por otra parte, los diferentes museos, cursos, posgrados como el de la UNAM y el del ITESO forman gente especializada en este campo

Capítulo II

¿La divulgación tiene que ser evaluada?

No es una cuestión baladí intentar medir la efectividad de los productos de comunicación científica. Este rubro al no caer en la llamada educación formal²³, es difícil de medir. No se pueden hacer las típicas evaluaciones pues por definición se asume que el lector no está obligado a leer o enterarse de los conocimientos científicos (Sánchez Mora 2010). Es decir, es un lector por decisión propia. Éste lee y se entera por placer, nadie lo está obligando. ¿Cómo medir eso? Carmen Sánchez Mora (2020) llegó a afirmar (comunicación personal en la clase de comunicación de la ciencia del posgrado en filosofía de la ciencia UNAM) que le preguntáramos cualquier cosa a excepción de cómo medir-detectar y definir la educación no formal (Sánchez Mora, Carmen, 2020).²⁴

Por otra parte, no todos los especialistas del campo concuerdan en que los productos de divulgación deberían ser evaluados. Ana María Sánchez Mora (2010) afirma que la divulgación tiene como objetivos que el lector obtenga rasgos culturales, sociopolíticos y estéticos-apreciativos. En ningún lado se vislumbra como objetivo enseñar pues no es un sustituto de la educación formal. Similares puntos de vista sobre la divulgación han sido defendidos por algunos divulgadores como Martín Bonfil Olivera (2018)²⁵ (aunque también afirman que a veces, debido a nuestro mal sistema educativo, no queda otro remedio). La misma opinión la tiene el divulgador mexicano Sergio de Régules (2021). Es decir, no podemos evaluar el éxito en la comunicación científica (posiblemente ni es deseable y,

²³ En pedagogía se reconocen tres tipos de educación: formal, no formal e informal (Bosco, 2020). Se define, según la doctora en pedagogía Martha Diana Bosco, la educación no formal como toda aquella actividad fuera del sistema educativo, es decir, que no tienen una estructura educativa reglada.

²⁴ En la educación por competencias, menciona Raimundo Vosso Brígido (2002), existe un componente técnico y otro político que permea la educación nacional. En este primero se aboga por un contexto educativo competitivo, estandarizado y que cuantifique sus resultados. El *dictum* es medir todo para saber que se puede mejorar. Aunque con la “cuarta transformación”, en teoría, este modelo ya ha sido superado en la realidad se sigue usando el modelo por competencias (Bosco, 2021).

²⁵ “Contra esto, quienes nos hemos dedicado a labores culturales como la divulgación científica hemos siempre confiado en que propagar el conocimiento, poner la cultura científica –los argumentos, los datos, las explicaciones– al alcance del público general era una manera de contribuir a mejorar nuestra civilización y ayudar al progreso general de nuestras sociedades” (Bonfil, 2018).

quizá, resulta imposible lograr un método que nos permita hacerlo). Aunque parece ser que Ana Sánchez Mora (2014) ha suavizado su punto de vista pues comprende que “cómo un lector particular recibe la idea científica transformada y envuelta en un manto literario ha sido objeto de concienzudos estudios” es de suma importancia. La misma autora llama a estos estudios la segunda escuela²⁶ que, según ella, entre sus objetivos está saber “cuánta de la materia científica convertida en arte es capaz de permanecer en la memoria del público, para probar si efectivamente la recreación literaria tiene efectos duraderos en él” (2014). La revista más importante en América Latina pone nulo énfasis en la relación entre divulgación y educación científica: “La revista cubre una amplia gama de temas relacionados con la comunicación científica y el compromiso público con las “STEM” (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas), incluyendo también a la ciencia ciudadana, la comunicación ambiental y la comunicación en salud, relacionadas con la popularización de la investigación científica” (JCOM AL, 2018).

Por otro lado, existen argumentos, contrarios a los colegas citados, de que la comunicación de la ciencia se apoya y retroalimenta a la experiencia en educación científica. Ambas disciplinas persiguen (entre otros objetivos como los citados por Ana Sánchez Mora 2004) el objetivo de educar al individuo, como ya se mencionó, equipándolo con cierto conocimiento científico (Negrete, 2008, 2020). Los expertos en educación científica están preocupados por la actitud negativa de los estudiantes hacia la ciencia, manifestada en la percepción de que ésta es amenazante, ajena, distante y que excluye otros saberes (ENPECYT, 2017 y Leff, 2010). Hemos visto que la explicación puede radicar en que el sistema educativo se ha olvidado de la exploración, reflexión y la comprensión del conocimiento científico. Si bien los libros de texto²⁷ han tenido una posición privilegiada sobre

²⁶ La primera escuela es, según Ana Sánchez Mora, la que estudia cómo transmitir *correctamente* la idea científica que trata, es decir, cómo recreó el divulgador el artículo o tema científico tratado. Lo de correcto o verídico es muy similar al primer axioma presentado por Javier Cruz (2012) que afirma que el periodismo científico debe ser veraz o no lo es.

²⁷ Los libros de texto y los demás materiales utilizados para el desarrollo de los procesos de aprendizaje y enseñanza usados en los diversos ámbitos del sistema educativo proporcionan no solamente conocimientos, técnicas e informaciones (el concepto de paradigma kuhniano sobre el libro de texto), sino que juegan un papel muy importante en la formación integral de cada sujeto. Ellos transmiten también ideologías y

otros medios de comunicación científica, no parece que hayan cumplido con el objetivo de que el estudiante obtenga y aprenda conocimiento científico. Debido a esto algunos especialistas como Newton (2002) y Sutton (1992) ofrecen ideas de una forma diferente de enseñar la ciencia que se enfoque en la naturaleza del conocimiento científico y cómo se llegó a éste, es decir, pasando del *qué* al *cómo* (historia de las ideas y cultura material científicas). Bodmer (1987) opina que “la educación científica debería incluir una discusión acerca del papel social que juega la ciencia y sus implicaciones en la vida cotidiana”. Solo así, sugieren Nunan y Homer (1981) se “podría ofrecer una visión realista de la ciencia y eliminar la brecha entre lo que la enseñanza de la ciencia predica sobre esta actividad y lo que hacen los científicos en realidad” (p.13). ¿Cómo lograr ese balance entre hechos, ideas, cultura material y lo que “hacen los científicos”? En México, Ana María Sánchez Mora (1998) dedujo en su tesis de maestría que la mejor forma de comunicar la ciencia es con un componente literario. En sus palabras, “la buena divulgación, la que tiene “éxito”, tiene más nexos con la literatura que con la ciencia” (p.73). Véase, en sintonía con lo anterior, también (Joubert, Davis y Metcalfe, 2019).

En síntesis, si vamos a educar al público meta en ciencia, tenemos que abrir el panorama y tomar en cuenta todos los medios culturales en tanto expresiones humanísticas de la ciencia, por ejemplo la ciencia ficción, el fotocómic, el teatro científico, la narrativa, el arte, la ciencia en ficción, etcétera.

Antes de terminar este apartado, no quisiera dar la falsa impresión de que todo el sistema educativo actual y los libros de texto son totalmente inútiles. No es así. Son necesarios pero no suficientes (Negrete, 2008 y Porfirio Moran, 2020). Simplemente quiero hacer notar que existen maneras diferentes de complementar la enseñanza en materia científica, como el caso de la narrativa (escrita o en

criterios políticos implícitos o explícitos en una determinada sociedad. (Mora, 2010). No todos los especialistas están de acuerdo en que haya logrado su objetivo. Aquí una crítica: “A pesar de todo, en muchos países estos libros no tratan aún de manera clara y justa conceptos cruciales para la cohesión social, la estabilidad política y el futuro del planeta, como la igualdad de género, los derechos humanos, la protección del medio ambiente o la diversidad cultural.” Disponible en <http://blogconlicencia.com/importancia-necesidad-de-los-libros-de-texto/>. Consultada en enero 2021.

vídeo) encontrada en la divulgación científica. Varios especialistas como Sutton (1992) mencionan que pueden existir dos lecturas que coexistan pacíficamente (para ayudar a la comprensión del conocimiento científico) “uno que promueva la exploración de ideas científicas (la narrativa) y otra que se pueda usar para formar una guía rápida y confiable de su estructura (libros de texto)”. En los asuntos educativos, menciona el especialista en educación Manuel Gil Antón, la diversidad es la regla (2020).

Pero, aquí surge de nuevo la inquietud de Ana María y Carmen Sánchez Mora ¿cómo medir el éxito de los productos divulgativos? ¿es posible? ¿estamos fomentando una cultura científica o perpetuando de otra manera más sutil el modelo de déficit? ¿El mensaje está llegando o solo se queda en la academia?

Las diferentes formas de evaluar la comunicación de la ciencia. Una pequeña taxonomía

Como ya hemos dicho (véase página 11), evaluar los productos de comunicación ofrece ventajas, desde conocer al público (sus intereses, su participación) hasta obtener retroalimentación para mejorar el producto. Estas razones nos hacen pensar que el esfuerzo dedicado a este tema merece la pena. Sobre todo si en verdad queremos lograr un acto de comunicación entre actores enmarcados en una práctica social con contextos culturales específicos. ¿Qué se ha hecho? Para intentar responder lo anterior, primero deberíamos establecer qué se quiere medir. De ahí debe partir el análisis.

Para evaluar un producto de divulgación se necesita establecer los parámetros, las herramientas o instrumentos para la evaluación y el proceso para seleccionar la muestra. Al mismo tiempo, esos parámetros deben estar en concordancia con los objetivos que se pretendan en cada texto, colección, libro, revista con corte divulgativo.

En el transcurso del semestre 2020-2 de la materia de Comunicación de la Ciencia la doctora Carmen Sánchez Mora ofreció una plática sobre su trabajo. Ella nos presentó un cuadro sobre las metodologías que se deberían usar a la hora de evaluar los aprendizajes en el campo de la comunicación pública de la ciencia: aprendizaje informal lúdico y aprendizaje informal significativo. Con cierto tipo de modificaciones (pues Carmen Sánchez Mora se especializa en museos de ciencia) el mismo tipo de cuadro podría ilustrar las diversas metodologías y objetivos que se podrían utilizar a la hora de evaluar el campo de la divulgación de manera lo más general posible (cuadro 1).



Cuadro 1. Objetivos y metodologías para evaluar la comunicación pública de la ciencia. Dependiendo del objetivo es la metodología a utilizar. Cuadro basado (modificado) del mostrado por la Dra. Carmen Sánchez Mora (2020).

A continuación, se mostrará, *grosso modo*, el estado del arte de las investigaciones realizadas, en los cuatro cuadrantes, en el ámbito de la evaluación de la comunicación pública de la ciencia.

En el primer caso, que tiene como objetivo mostrar que la ciencia existe y acercar al público a ésta, parece ser que la evaluación está cubierta (Cienciorama, 2020 y 2021, *¿Cómo ves?*, 2021). Las revistas normalmente tienen una base de datos que registran sus ventas; lo mismo con los libros, revistas, descargas de sus artículos. En tiempos recientes *Facebook* y *YouTube* (por ejemplo) registran el alcance y las vistas, respectivamente, de ambos (Fontes, Daniel, 2021, Kippes, 2021). En otros ámbitos sucede lo mismo, en museos se cuenta la asistencia al igual que en eventos u obras de teatro científicas como *Copenhague* de Michael Frayn que tuvo un éxito enorme en Inglaterra o en nuestro país *El radio de Marie Curie* de Mario Spinelli y Claudia Lobo presentada en el teatro Universum de la UNAM. Este es el primer escalón en la evaluación de la comunicación de la ciencia pero no basta. Por ejemplo, en la colección *La Ciencia para todos* se tiene la estadística de que el primer libro de la colección (*Un universo en expansión* de Felipe Rodríguez) ha vendido más de un millón de copias (Alegría, 2011). Otro ejemplo de la DGDC-UNAM es la noticia más vista de *Cienciorama* que ha alcanzado casi las 300 mil vistas (figura 2).

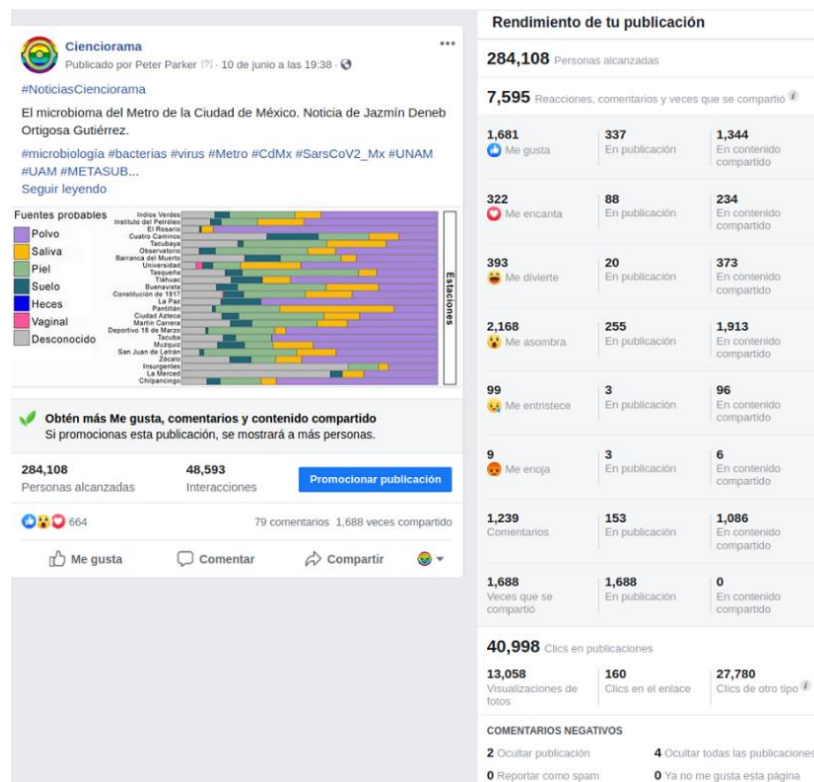


Figura 2. Medición de vistas (que no implica lectura) de la página oficial de Facebook en *Cienciorama-DGDC-UNAM*. Otorgada por el manager M. en C. Edgar Vargas Frías. *Cienciorama* tiene entre sus objetivos **acercar e informar** sobre el conocimiento científico reciente.

En el segundo punto, los estudios cualitativos encontrados debían tener palabras clave, como recepción positiva, atraer y/o entretener. Esto va de la mano con el primer cuadrante pues al acercar al público a la ciencia le podemos preguntar sobre sus reacciones u observar sus acciones ante ésta. Es decir, ¿son positivas o negativas las reseñas a la narrativa presentada? *En Facebook* podemos ver las reacciones (gusto, enojo, asombro) del público. Para este tipo de trabajos, véase Eugenia López y Svarc (2019). Algunos trabajos tienen varios objetivos que hacen difícil clasificarlos, ya que aportan distintas metodologías. Entre estos trabajos se encuentran Riedlinger y colaboradores (2019) que tuvo como meta “inspirar al público, promover el entendimiento de la ciencia y enganchar-estimular al público en temas científicos”.

Pero ¿podemos considerar exitoso un producto de divulgación que atraiga y acerque al público? La respuesta es un sí, pero matizado. Es decir, es una condición necesaria pero insuficiente. Es el primer paso que el público sepa que la ciencia existe y pueda ser disfrutable, pero también es fundamental que informe y pueda ser retenida y comprendida (después usada y contextualizada) en la memoria de largo plazo como parte del proceso de aprendizaje. ¿Se ha logrado?

El tercer cuadrante va más dirigido a los grandes públicos pues su objetivo es informar. Posiblemente la narrativa (en cualquier formato) tenga que ser dejada de lado (al menos parcialmente) en este rubro y apostar a una mediación entre ésta y el sistema factual (más de hechos crudos como el periodismo o paradigmático como el texto escolar). Mena-Young (2019); Castilhos y Almeida (2018).

En el último punto, evaluar el aprendizaje desde las narrativas es, sin duda, un tema pantanoso. ¿A qué se debe que existan pocos reportes que estudien la evaluación de los productos de comunicación? Sin duda, veo tres dificultades que han detenido un poco la investigación en este sentido: 1) La dificultad intrínseca

del problema ya que no es fácil implementar metodologías para hacerlo; 2) no se considera como objetivo primordial la evaluación de los productos de CPC (Arellano-Hernández, 2020) y; 3) se requiere de grupos multidisciplinarios para afrontar el reto (Negrete, 2020). Es decir, la evaluación del aprendizaje de textos paradigmáticos no presenta los mismos retos que evaluar desde las narrativas-historias que, como mencionan Joubert, Davis y Metcalfe (2019), debe ser el alma de todo material divulgativo-comunicativo. Entonces, ¿cómo evaluar el aprendizaje informal? ¿Aprende algo el lector?

El caso *YouTube* en la divulgación científica

« ¿Sólo el astrónomo y el botánico [aprenden] [...] de las estrellas o las flores? ¿Sólo el médico es capaz de aliviar el dolor? ¿Sólo los sacerdotes nos consuelan ante el lecho de muerte? [...] Piensa en todo esto y no hables con desprecio de la gente común».

Spencer Timothy Hall (1845)

La comunicación y divulgación de la ciencia por mucho tiempo fueron dominados por comunicadores profesionales ligados, directa o indirectamente, a los medios de comunicación dominantes (radio, revistas, libros, etcétera) (Valenti, 1999). Esto ha ido cambiando con el surgimiento de plataformas como blogs, la Web 2.0 o las redes sociales que dan oportunidad a los legos de compartir su conocimiento (Brossard, 2013). Es decir, en la era de la Web 2.0, los consumidores de contenido ya no solo son entes pasivos, también son activos (*prosumidores*). Debido a esto, organizaciones con/sin fines de lucro, científicos, amateurs se unen a los comunicadores profesionales para divulgar todo tipo de saberes e intereses incluyendo los científicos. Siguiendo a la filósofa Donna Haraway (2011) esta plataforma, en ocasiones, podría formar agentes de resistencia contra las pretensiones de los conocimientos científicos que descansan en una sola autoridad, estos *Youtubers* participarían en la producción de “conocimientos situados” ya que según Haraway hay muchos lugares desde los cuáles mirar la realidad y es necesario tomar postura desde la cual la miramos, por eso nuestro conocimiento siempre será parcial y situado (término de la filósofa). Es decir, ya no es asunto único de los especialistas.

Entre las plataformas con más éxito comunicativo, según la agencia de consultoría para la producción y distribución de contenido audiovisual en medios digitales, TechSmith, encontramos a *YouTube*, seguida de *Vimeo* y *Screencast*. Todas ellas acumulan un 91% del contenido global. *YouTube* fue fundado por empleados de *PayPal* en 2005 y desde entonces ha crecido de manera exponencial, y desde entonces se posiciona en el top de los sitios más visitados de internet (Burgess and Green, 2009 y Cedillo y Martínez, 2020). Aunque la plataforma fue ideada para hacer “contenido autogenerado” en la actualidad el sitio también alberga contenidos hechos por profesionales y legos. Varias son las ventajas que permitieron colocar a *YouTube* en el pináculo del gusto de los diferentes públicos. En primer lugar, tenemos la diversidad de *Youtubers* e instituciones que divulgan ciencia en la plataforma; en segundo la cantidad de vídeos; en tercer lugar (ya mencionado) el uso tanto activo como pasivo del público-espectador y cuarto lugar que presenta este formato contra otros formatos audiovisuales. Vale la pena mencionar que no todo es color de rosa con *YouTube* ya que algunos *Youtubers* se han quejado del algoritmo de la plataforma que los trata como productos y no exhibe sus vídeos. Véase “La oscura psicología detrás del éxito de *YouTube*” por Chris Stokel-Walker. Dicho esto explicaré, con mayor detenimiento, cada uno de los puntos citados.

YouTube, menciona el doctor en física Javier Santaolalla en su vídeo *¿Qué está pasando con YouTube?* (2021), implicó un antes y después en la comunicación pública de la ciencia. *YouTube* ha democratizado la información científica a diferencia de la televisión y el radio, finaliza el *Youtuber* español. Desde hace diez años, con el inicio de *C de ciencia* (España) y *El robot de Platón* (Perú-Nueva Zelanda), la ciencia tuvo su aparición en *YouTube* en lengua española (por lo menos los casos más conocidos). A partir de entonces se ha incrementado notablemente la aparición de canales de divulgación científica en nuestro idioma (algunos con mayor o menor éxito). ¿Quién hace la comunicación científica en esta plataforma? ¿Cuál es su alcance?

La divulgación científica en *YouTube* la hacen institutos de investigación, universidades, colegios nacionales hasta amateurs y estudiantes interesados en temas científicos. En el primer caso mencionamos al Instituto de Física (IFT) de España o El Colegio Nacional de México. En el segundo caso podría mencionar a *Wikiseba* (Chile-México) o *Curiosamente* (México) que merece la atención ya que sus creadores (Tonatiuh Moreno y Ruy Fernando) sin ser científicos han logrado posicionarse como el canal de divulgación más exitoso (en cuanto a número de suscriptores con más de 2 millones y a sus más de 3 millones de visualizaciones) de México. Recientemente (marzo 2021) este canal fue elegido por la ONU para apoyar, con algunos de sus vídeos, a la educación básica mexicana. La mayoría de los canales se especializan en un campo científico. Por ejemplo, *Wikiseba* trata temas actuales de biología o *Reacciona explota* (España) en química. Sin embargo, existen canales que divulgan conocimiento científico de diversas especialidades, por ejemplo *Curiosamente* que trata temas tan disímiles como el *pH* de las sustancias químicas hasta algunas tesis feministas (lo mismo con *El Robot de Platón*).

Para medir el alcance de los vídeos en la plataforma se usan dos criterios: los suscriptores y las vistas de los vídeos. Las vistas dependen del algoritmo de *Youtube*, calidad y duración de vídeos y un poco de suerte (Cedillo y Martínez, 2020). Parece paradójico que, por ejemplo, el IFT al depender de una institución (y tener, supongo, aunque sea una magro presupuesto) tiene un menor alcance y suscriptores que, por ejemplo, *El robot de Platón* o *Curiosamente*. Véase la figura 3.



Figura 3. Diferentes canales de divulgación científica en *YouTube*. Los datos son de julio del año pasado por lo que, con ligeros cambios, permanecen vigentes.

Tomado de Cedillo y Martínez, 2020.

Como se puede notar, la cantidad de suscriptores del canal de Tonatiuh y Ruy es casi el triple que los seguidores del IFT y, además, cuenta con casi seis veces más reproducciones de sus vídeos. Debido al mayor éxito, en general, de los canales hechos por amateurs, algunas instituciones como la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) han optado por un esquema de subcontratación para que otros produzcan sus vídeos. Si bien los números aparecidos en la imagen parecen sorprendentes, no lo son tanto cuando se compara con un canal de videojuegos ya que por cada vídeo subido en esos canales se alcanza un mínimo de cien mil visualizaciones en menos de un mes (Cedillo y Martínez, 2020 y Fontes, 2021). Algo difícil de conseguir en vídeos de divulgación científica.

En segundo lugar, la cantidad de vídeos que existen en *YouTube* es abrumadora. Cada minuto se suben, aproximadamente, 400 horas de vídeo en la plataforma (Floridi, 2014). En la actualidad, según el libro *The Fourth Revolution* de Luciano Floridi, en el año de 1986 toda la información y datos que la humanidad había creado alcanzaban la cantidad de 2,600 *petabytes* o 2,6 *exabytes*. Veintiún años después ya se habían producido 295 *exabytes*, es decir, 110 veces más información; en 2011 alcanzamos los *zetabytes* con la cantidad de 1,6 o 1,600 *exabytes*. Ya en 2015 llegamos a los 8 *zetabytes* y por ejemplo *YouTube* actualmente cuenta con más de un *exabyte* de información por sí solo. Toda esta información comienza a ser estudiada minuciosamente. Pero los estudios realizados sobre esta plataforma son en cuanto a la calidad de los vídeos para obtener más público (Finkler y Bienvenido León, 2014; Welbourne y Grant, 2016, Terenzinha y Bienvenido León, 2017 y Erviti y Bienvenido León, 2014), trabajos sobre género (Vidal, 2018), trabajos sobre comentarios, relacionados al sexismo en ciencia, divulgación científica, del público en la plataforma (en relación al género) (González, 2020) y sobre *YouTube* y la pseudociencia (Fontes, 2021). La

mayoría de los trabajos citados son en idioma inglés y ninguno versa sobre la evaluación de los productos de divulgación científica.

Por mucho tiempo, la televisión fue el medio masivo por excelencia del formato vídeo. Sin embargo, a inicios del presente siglo ha perdido protagonismo debido a restricciones económicas, geográficas (los canales suelen estar asociados a cadenas locales o nacionales) y temporales (los programas tienen un horario predeterminado) (Martínez y Cedillo 2020). Esto marca una diferencia con los nuevos formatos digitales como *YouTube*. Los vídeos de esta plataforma, en su mayoría, son accesibles desde cualquier parte del mundo y pueden consumirse bajo demanda (cuando el espectador quiere y puede) lo cual ofrece ventajas económicas importantes. Estas son tan considerables que incluso los medios tradicionales (y los patrocinadores) buscan posicionar su contenido en internet.

Entre los trabajos citados que analizan el contenido de esta plataforma brilla por su ausencia los trabajos cuantitativos que midan la eficacia en el aprendizaje de los vídeos de divulgación científica. Con el método RIRC esta tesis aporta a llenar este vacío.

El método RIRC

Desde el punto de vista de las neurociencias la memoria parece una manera plausible de medir cuantitativamente el aprendizaje y por extensión el éxito en la comunicación científica. Estudiar qué tan memorables son las distintas maneras de presentar la información es fundamental para la comunicación de la ciencia pues permite evaluar los materiales que el público en general no sólo debe entender sino recordar a largo plazo (Negrete, 2008). Se sabe que existen distintos tipos de memoria que además implican distintos niveles de comprensión y aprendizaje. Hay distintas razones por las cuales la narrativa ayuda a retener información a largo plazo. Por ejemplo las estructuras mnemónicas, la contextualización, la narración está organizada semánticamente y quizá el más importante que los esquemas estructurales de una narración ya son conocidos por

el lector sin una instrucción previa.²⁸ En las tareas de la memoria se puede dar procesos de reconocimiento, recuerdo, recuento, reproducción y quizá la más importante desde el punto de vista educativo: la contextualización (Bosco, 2021). ¿Cuál sería la metodología adecuada para analizar qué tan eficaz es la narrativa en la memoria de los lectores?

Para evaluar la eficacia de los productos de comunicación científica (vídeos de YouTube) usaremos la herramienta RIRC (por sus siglas en inglés: retell, identify, remember y contextualise). Esta metodología me permitió operacionalizar (proceso que consiste en definir variables en factores medibles) de manera confiable los diferentes conceptos que quería medir en el aprendizaje, es decir, RIRC me permitió “la identificación de operaciones de pueden informar acerca de la presencia y la intensidad de aquellos hechos que permitirán la deducción de la presencia del fenómeno conceptualmente caracterizado” (Cea D’ Áncona, 2008). Este método “consiste en la aplicación de cuestionarios para medir la cantidad de conocimiento recordado y aprendido por un grupo de individuos a quienes se les ha presentado información científica en forma de narración (grupo narrativo), en comparación con otro grupo control al que se le presentan textos con información científica factual o paradigmática (listas de hechos científicos sin narrativa). (Negrete, 2008, p. 126).

Aunque este método fue pensado para medir la eficacia de narrativas científicas, éste ha sido flexible para ser aplicado en otros contextos. Por ejemplo, esta herramienta se ha utilizado en instalaciones de arte (Ríos Cabellos y Negrete (2014), en el cómic (Negrete, 2014 y Negrete y Mancilla, 2020), proyectos de salud en América Latina (Negrete, Cox, Silberman y colaboradores, 2018), en fotocómic (Velasquillo y Negrete, 2020) y en cuentos (Negrete, 2003). Debido a la

²⁸ El trabajo clásico del ruso Vladimir Propp (1968) nos menciona que la narrativa en cuento de hadas sigue cuatro esquemas estructurales que hace que todo lector pueda seguir un cuento sin demasiado esfuerzo: 1) las funciones de los personajes son estables en cada cuento; 2) son limitadas; 3) su secuencia de acciones es normalmente la misma en todos ellos; y 4) la estructura narrativa de cuentos es casi siempre de un solo tipo. Después Harre (1999) menciona que los esquemas de Propp pueden ser utilizadas en otro tipo de narrativas. Por otra parte, la narrativa ayuda a conseguir el “ars memorativa” con ayuda de la mnemotecnica que son un conjunto de técnicas de memorización que muchas narrativas siguen (Negrete, 2008).

robustez del método RIRC no parece descabellado utilizarlo para la evaluación de vídeos de *YouTube*.

En la tabla 1 se muestra un ejemplo de las tareas de memoria implícita y explícita que utiliza el método RIRC. Tomada de Negrete (2013).

Tareas de memoria explícita y procedural	Descripción	Ejemplo
Reconocimiento (identificar)	Seleccionar o identificar un objeto como algo aprendido previamente.	Selección múltiple
Recordar (rememorar)	Recordar un hecho, una palabra o un objeto de la memoria.	Llenar el espacio en blanco
Recuerdo libre (recontar)	Repetir los objetos de una lista en cualquier orden en que puedan ser recontados.	Recontar una lista de hechos o una historia
Tareas que involucran conocimiento procedural (contextualizar)	Recordar habilidades aprendidas y comportamientos automáticos.	Habilidades de “saber cómo”

Tabla 1. Tareas de memoria que mide la metodología RIRC. Los tipos de memoria utilizados van de menor a mayor, es decir, desde el reconocimiento o recordatorio de lo aprendido hasta la contextualización de ese conocimiento en otros escenarios.

Como se puede notar, el método RIRC evalúa dos tipos de memoria: la explícita y la implícita. Se sabe que con la memoria se puede evaluar el aprendizaje (Sternberg, 2003 y Lieberman, D. 2013). La neurobióloga española Mara Dierssen afirma que el aprendizaje está estrechamente ligado a la memoria, puesto que

“esta no puede existir sin aquel” (2019). La suma de ambos procesos (aprendizaje y memoria) da lugar a la función cerebral que va permitir registrar, consolidar, almacenar y recuperar información previamente acumulada. Estas tareas de memoria me permitieron evaluar la capacidad de los individuos para retener y aprender información. Además el método va de menos a más, es decir, se registran los diferentes niveles de comprensión que los individuos adquieren. En el siguiente capítulo se mostrará un caso concreto de la aplicación del método para evaluar la capacidad de aprendizaje de una muestra de alumnos a través de un vídeo de *YouTube* narrativo en comparación con el formato paradigmático.

Objetivo general

Evaluar la eficacia de un vídeo de *YouTube* en cuanto al aprendizaje/comprensión de conocimiento científico (químico), en comparación con formas paradigmáticas de enseñanza.

Preguntas de investigación

¿Qué tan eficaz, en aprendizaje, son los vídeos de *YouTube* cuando son comparados con textos fácticos? Es decir, ¿en cuál de estas dos formas de representación de conocimiento, la información obtenida es mejor comprendida y más duradera en la memoria a corto y a largo plazo?

Capítulo III. Análisis de caso

Participantes

Con excepción del estudio piloto, todos los participantes eran alumnos del último año de educación media superior (edad entre 17 y 18 años). En total fueron 64 alumnos en total (divididos en tres grupos), aunque solo 21 de estos recibieron el estímulo (grupo experimental), como se detallará más adelante. Los otros 43 alumnos fungieron como los grupos de comparación del grupo experimental. Un segundo grupo fue conformado por 24 alumnos (año 2020) y el tercer grupo constaba de 19 alumnos (años 2019). Por otra parte, contrario fueron 13 los estudiantes evaluados en el estudio piloto que son estudiantes de primer semestre de Nutrición Humana Aplicada de la Universidad Abierta y a Distancia de México (UnADM), Los alumnos oscilaban entre 34 a 36 años de edad. Todos los grupos son ideales ya que los grupos en su gran mayoría no cuenta con una educación científica especializada (lo que *a priori* asegura un conocimiento homogéneo y básico en química).

El estímulo y los principios activos del vídeo

Según los planes de estudio de la Secretaría de Educación Pública (SEP), a partir de su Dirección General del Bachillerato (DGB), los alumnos al concluir la educación media superior deben tener conocimientos básicos en las ciencias naturales: biología, química y física²⁹. Un plan de estudios similar lo tiene la UNAM.³⁰ En el caso de la química, el alumnado debe contar con conocimientos sólidos sobre enlace químico, enlace y nomenclatura química, acidez y basicidad, química orgánica, termoquímica, bioquímica, entre otros temas. En el bloque VIII del primer semestre de bachillerato los alumnos deben tener conocimientos sobre las reacciones químicas. De manera más específica, las habilidades que se

²⁹ Véase el siguiente link que muestra los planes de estudio para el bachillerato general, válido desde 2017: <https://www.dgb.sep.gob.mx/informacion-academica/programas-de-estudio.php>

³⁰ Véase el siguiente link para el plan de estudios de bachillerato de la UNAM, válido desde 1996: <http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/index.html>

esperan del alumno son “identificar los diferentes tipos de reacciones químicas”, “establecer los diferentes productos de las reacciones químicas”, entre otras.

El primer estímulo tiene como “principios activos” (es decir, los conceptos clave en este caso de química que el alumno debe aprender) el tema de las reacciones químicas (tipos de reacciones, ejemplos, etcétera). El vídeo hecho por el químico Aythami Soto para su canal “Reacciona Explota” se titula *La reacción...¿imposible? La mezcla oscilante de Belousov-Zhabotinsky*. El vídeo dura poco más de 10 minutos.

Se escogió ese estímulo debido a que cumple con las tres características (modelo de trípode) que todo producto de “buena divulgación científica” debe tener, según el divulgador Martín Bonfil (2018). Estas propiedades son que sea Interesante (amenidad), Riguroso (fidelidad) y Accesible (claridad). También se ha elegido debido a que cumple con la característica principal que se desea: es un vídeo narrativo y divulgativo, donde el autor expone de manera amena el proceso del descubrimiento científico, un poco de historia de la química, mientras enseña conceptos básicos (y no tan básicos) de esta ciencia. Es decir, no es un vídeo con formato de clase (formato paradigmático que indica que no todos los vídeos en YouTube sobre ciencia son narrativos), como los vídeos del canal de *Breaking Vlad* o *Los amigos de la química* (ambos españoles).

De este vídeo se obtuvieron los “principios activos” que mostramos en la tabla 1. Además con estos principios se elaboró el cuestionario que se aplicó y se puede observar en los anexos. Vale aclarar que de la totalidad del vídeo solamente se tomó en cuenta los principios activos relacionados con los temas que menciona el plan de estudios ya citado. El vídeo, por razones de propiedad intelectual, no fue modificado.

Tema químico tratado en el vídeo	Cómo se enseñaba el concepto en el vídeo narrativo
Reacciones químicas irreversibles	“Se pensaba que todas las reacciones químicas sucedían y ya. Se pasaba de

	reactivos a productos”.
Semejanzas entre química y alquimia	“En aquella época la química no se había separado del todo de la alquimia”.
Reacciones oscilantes	Las reacciones oscilantes llamaron la atención “debido a dos reacciones muy extrañas: el nervio de hierro y el corazón de mercurio”. Con el corazón de mercurio, la reacción se repetía continuamente y solo se detenía cuando uno de ellos (reactivo) se agotaba por completo.”
Reacción reversible. Ejemplo	“Un claro ejemplo es la reacción de luminol. Se mezclan dos líquidos con los reactivos. La reacción sucede. Brilla y se apaga.”
Ejemplo reacciones oscilantes orgánicas: Ciclo de Krebs	“Es una serie de procesos químicos que suceden en nuestras mitocondrias. Es un ciclo enorme y complejo. Donde el ácido cítrico se consume para dar moléculas de energía. El ácido cítrico se recicla al final del proceso para usarse nuevamente”.
Reacciones heterogéneas	“Reacciones donde se ve con claridad todos los sistemas que forman parte de ella.”
Reacciones homogéneas	“No se distingue en ella más que un líquido que cambiaba continuamente de color. Implicaba que todas las moléculas ahí dentro estaban desordenadas”. Ahí dentro ordenaba el

	caos.”
--	--------

Equilibrio termodinámico	“Si no hay un equilibrio termodinámico la reacción iría de A a B, pero no de B a A por la diferencia de energía. No existiría un ciclo.”

Tabla 2. Tabla que muestra los conceptos clave (principios activos) dentro del vídeo que el alumno debe recordar para responder el cuestionario. Los principios activos elegidos concuerdan con los temas de los planes de estudio arriba citados. Esta información fue transferida al cuestionario encontrado en los anexos.

Cuestionario

Los cuestionarios incluyeron siete preguntas divididas en opción múltiple (identificar) y preguntas abiertas (recordar). También se incluyó una sección para que el participante recordara la lista de hechos (recuento libre), así como una sección donde se le presentó una situación hipotética para explorar cómo el alumno utiliza el conocimiento científico en otros contextos (contextualizar).

¿Cómo se califica el cuestionario?

La contextualización fue calificada por la habilidad de los alumnos al mencionar conceptos científicos, así como el uso de estos para la resolución de un problema planteado en el cuestionario. Esas preguntas hipotéticas fueron construidas con información del estímulo. En recontar el grupo fue evaluado de acuerdo con el número de conceptos que un individuo fue capaz de reproducir a partir de la tabla de ocho conceptos ya mencionada. Por último, las tareas de identificar se calificó de acuerdo a la dicotomía correcto e incorrecto (preguntas de opción múltiple); y la

tarea recordar se evaluó de acuerdo a cuántos conceptos el alumno recordó del estímulo.

Las calificaciones de las respuestas correctas para cada una de las tareas realizadas fueron sumadas. Por lo tanto, se obtuvieron cuatro calificaciones (RIRC) de cada participante. Las calificaciones medidas en identificar oscilaron entre 0 y 3 respuestas correctas; en recontar lo mejor posible la historia y los hechos científicos reproducidos (entre 0 y 4 respuestas correctas); en recordar, entre 0 y 12 respuestas correctas y, en contextualizar, entre 0 y 6 respuestas correctas. Los cuestionarios fueron analizados en tres niveles: cada cuestionario de manera independiente, comparación contra un ideal y, por último, contra los resultados de grupos de estudiantes (mismo nivel educativo) de los años 2019 (clases presenciales) y 2020 (clases virtuales sin el estímulo y la metodología RIRC).

El cuestionario se encuentra en el anexo 3, al final de la presente tesina.

Validar el cuestionario

Elaborar un cuestionario o proceso de medición requiere la comprobación de dos características fundamentales: la fiabilidad y la validez (García de Yébenes y colaboradores, 2009). Fiabilidad, según los mismos autores, significa “ser fiable y preciso, es decir, con mediciones libres de error”, mientras que validez significa “ser adecuado para el problema que se pretende medir” (García de Yébenes y colaboradores, 2009). Para conseguir la fiabilidad y validez se realizó un estudio piloto que tuvo como objetivo que el alumnado entendiera sin ambigüedad las preguntas solicitadas. Los resultados sugieren que sí lo fue (a excepción de una pregunta confusa que fue modificada), cómo pueden verse en los anexos. Por otra parte, la metodología RIRC es adecuada para medir los distintos niveles de aprendizaje que van desde la identificación hasta la contextualización del conocimiento científico (Negrete, 2008).

El estímulo paradigmático

El estímulo paradigmático consiste en elaborar una lista de todos los hechos científicos mencionados en el vídeo. Sin embargo, esto no se llevó a cabo debido a la falta de grupo control. Los conceptos químicos fueron transmitidos a los grupos 2020 y 2019 por medio del libro de texto *Química* de la editorial Trillas de María Elena Sánchez Vergara y por dos sesiones de dos horas (utilizando pizarrón). Es decir, estos formatos presentan una manera paradigmática de presentar hechos científicos, el extremo opuesto de la narrativa del vídeo de *YouTube*.

Estudio piloto (aplicación y validez del cuestionario)

El estudio piloto, realizado para encontrar errores en el proceso (en cualquier paso) de la metodología (además de validar el cuestionario), se llevó a cabo con 13 alumnos (9 mujeres y 4 hombres con un rango de edad de 34 a 36 años) del primer semestre de la licenciatura en Nutrición Aplicada de la Universidad Abierta y a Distancia de México (UnADM), en octubre del 2020. En la sesión se pretendía dividir a los grupos de manera aleatoria en dos grupos simétricos. No fue posible debido a la “n” tan pequeña. Al grupo se le proporcionó el vídeo para que, a continuación, respondieran los cuestionarios. Se les solicitó no leer, ni mirar el estímulo o comunicarse entre ellos (o visitar internet) mientras respondían el cuestionario. Por las condiciones actuales de la pandemia no se puede asegurar que la sugerencia fuese acatada. El grupo entero completó el total de la prueba en una media de 40 minutos. Los resultados, la metodología y los errores encontrados son descritos en el anexo 2 que se encuentra al final de esta tesis.

Estudio de caso (aplicación del cuestionario)

El estudio de caso fue realizado en febrero del 2021 a 21 estudiantes pre-universitarios que cursan el último año de bachillerato (12 mujeres y 9 hombres de 17 a 18 años de edad) de la Zona Metropolitana del Valle de México (Ciudad

Nezahualcóyotl). Es un grupo ideal ya que el grupo en su totalidad no cuenta con una educación científica especializada (lo que *a priori* asegura un conocimiento homogéneo y básico en química), aunque es una “n” baja.³¹ En la sesión todo el grupo de alumnos participó como grupo experimental (debido a las órdenes de la dirección escolar a que todo el alumnado fuese tratado de forma homogénea). Se les pidió a los alumnos escuchar de manera atenta el estímulo, y después responder el cuestionario. Se les solicitó no volver a ver-escuchar el estímulo, una vez comenzado a responder las preguntas. El grupo entero completó el total de la prueba en menos de 45 minutos.

En la siguiente sesión (un mes después) se evaluó la cantidad de información retenida (del estímulo) por los alumnos y se comparó con los resultados de los alumnos de los ciclos anteriores 2020 y con el grupo del 2019.

El grupo evaluado en 2020 estuvo conformado por 24 alumnos (14 mujeres y 10 hombres) con edades de 17-18 años en ciudad Nezahualcóyotl, Estado de México. Este grupo recibió clase de manera paradigmática, es decir, con pizarrón electrónico, lecturas y ejercicios de libro de texto. Es decir, los conceptos químicos (principios activos) fueron aprendidos (por ambos grupos) por diferentes medios que recrean y representan la ciencia de manera disímil. El grupo del año 2019, también de Ciudad Nezahualcóyotl, conformado por 19 alumnos (10 hombres y 9 mujeres) de 17 a 18 años que recibieron clase de manera paradigmática pero estas lecciones fueron presenciales. Vale la pena aclarar que el contenido (conocimiento químico) ofrecido a los alumnos fue el mismo de acuerdo al programa de la SEP y UNAM ya citados. De estos grupos se evaluó la información retenida a mediano plazo (un mes después) por los alumnos como calificación final, igual que con el grupo experimental (ese tiempo es adecuado, Brown, Mc Daniel, 2014).

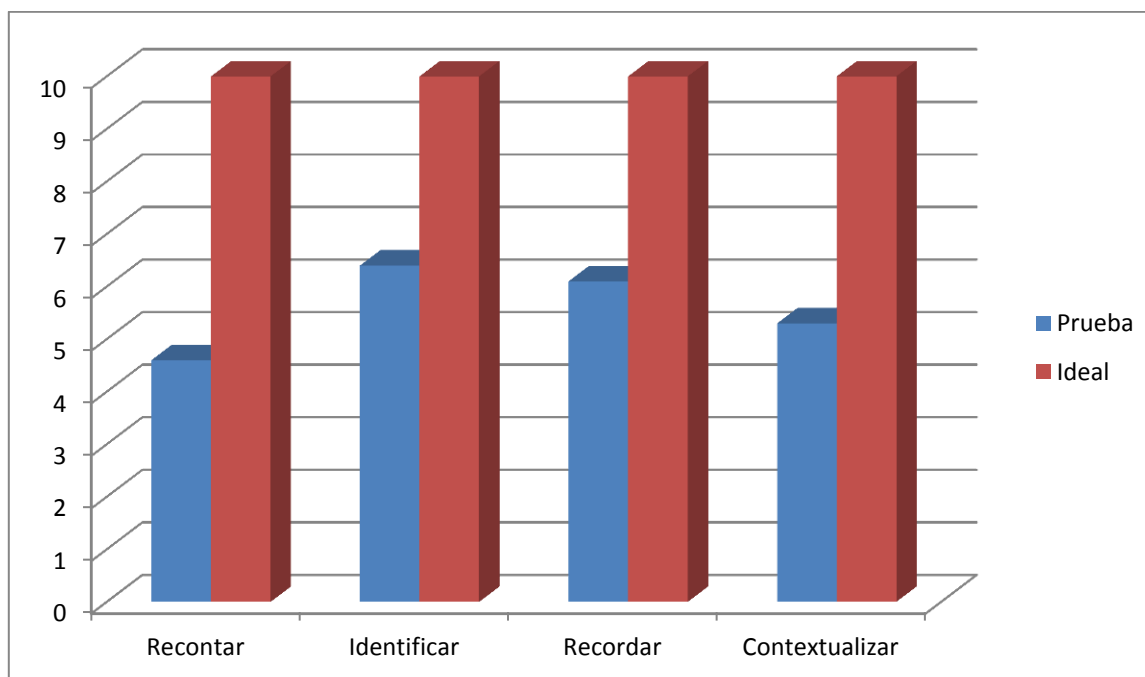
³¹ Lo que significa que nuestra muestra de alumnos no represente de manera confiable al conjunto total de la población. Por eso, la inferencia estadística de esos datos no tendrá una confianza de 100%.

Resultados del estudio de caso

A continuación se muestran las calificaciones obtenidas en el experimento por parte del grupo experimental:

	Prueba	Ideal
Recuento	4.6	10
Identificar	6.4	10
Recordar	6.1	10
Contextualizar	5.3	10

Tabla 2. Calificaciones obtenidas por el grupo experimental en comparación con un resultado “ideal” (este parámetro es utilizado cuando no se cuenta con un grupo control).



Gráfica 1. Se muestran las calificaciones obtenidas por las pruebas RIRC comparadas contra un ideal. El eje de las y representa el puntaje de calificaciones de las variables RIRC (que se encuentran en el eje de las x).

La narrativa en vídeo utilizada en el presente trabajo tenía como finalidad que los alumnos aprendieran y recordaran el tema de las reacciones químicas (todas sus aristas), así como historia de la reacción de Belousov-Zhabotinsky y las polémicas científicas.³² En este sentido, se muestra que a excepción de recuento, los demás rubros tienen un porcentaje mayor al 50% siendo un buen primer resultado para un primer ensayo de acuerdo a trabajos anteriores (Negrete, 2014 y 2020).

Por otra parte, en el rubro recuento los alumnos deben hacer uso de habilidades de competencia de escritura, redacción, organización, interpretación de la información y la integración de principios activos. Además los alumnos no cuentan con una referencia que les oriente sobre lo recordado pues es recuento libre. Esta tarea no es nada sencilla. Posiblemente esto explica el resultado ligeramente menor a 50% de calificación por parte del alumnado.

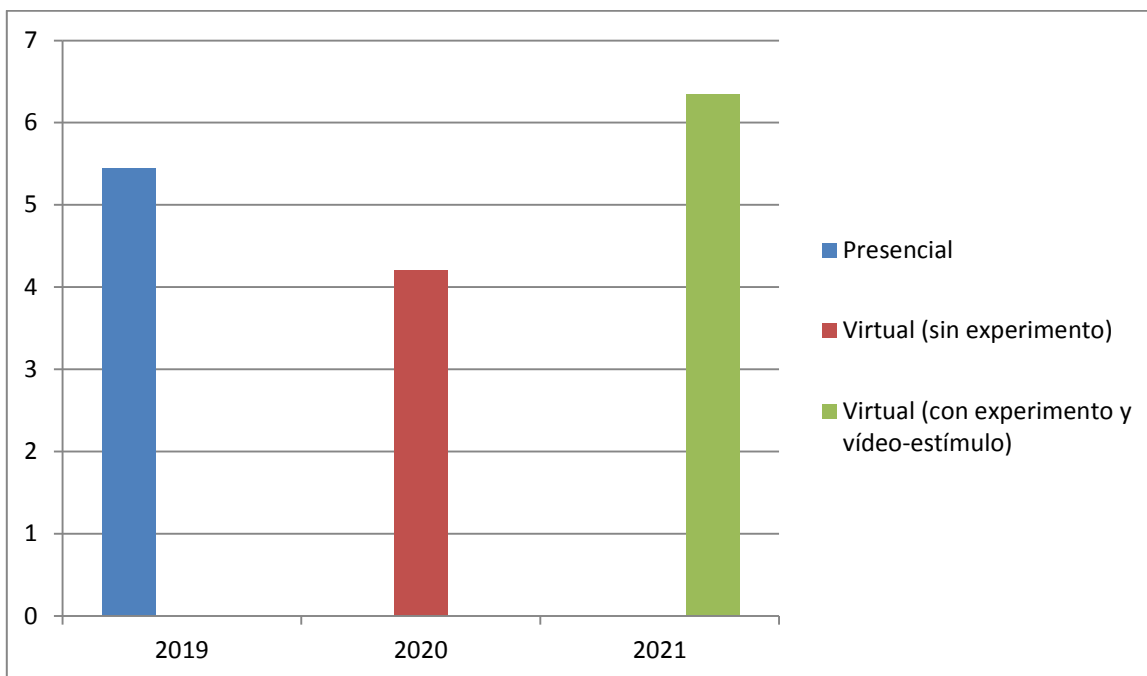
Por último, cinco semanas después de la sesión RIRC, se evaluó de nuevo a los alumnos. Los resultados sugieren que, a lo largo del tiempo, la información presentada en vídeo-narrativo (sin contar con recuento ya que en los grupos anteriores no tienen el estímulo) tendió a ser más homogénea y con diferencia de dos puntos en comparación con el grupo del 2020.

Análisis estadístico

Se aplicó el test estadístico *chi cuadrado de homogeneidad* o test de independencia para saber si los grupos evaluados eran significativamente distintos o no, es decir, si son independientes o no. Al aplicar la prueba estadística (por medio del programa SPSS) se obtuvo un valor de 7.414 que indica una *p* de

³² Vale la pena mencionar algunas reacciones por parte del alumnado al vídeo presentado. Principalmente los alumnos se mostraron sorprendidos por la historia de la no aceptación de la reacción de Belousov-Zhabotinsky por parte de la comunidad química. “El video está muy interesante ya que habla que al principio esta reacción no era válida, pero él (Zhabotinsky) demostró que era una reacción oscilante con el color y las ondas que ésta presentaba...” comentó una alumna. Es decir, este vídeo muestra las tensiones epistémicas dentro del laboratorio y en el gremio científico, caso contrario a un libro de texto. También resalto que los alumnos fueron avisados sobre el experimento y estuvieron de acuerdo en que se reproduzcan los resultados para los fines educativos de la presente tesina.

0.02454. Como el nivel de significancia (alfa) escogido es de 5% se interpreta que ambos grupos son diferentes en el aprendizaje (con un error de 2.454%). Parece ser que existe una asociación en la mejora del aprendizaje y el uso del vídeo y narrativo en comparación con el grupo del 2020. Vale la pena mencionar que no es posible asegurar con total certeza sí el vídeo fue causante de tal diferencia, como veremos más adelante.



Gráfica 2. Esta imagen muestra el puntaje obtenido por el alumnado en diferentes ciclos escolares. Se observa que existe una diferencia de poco más de dos puntos en promedio entre el grupo experimental (6.35) contra el grupo comparativo del 2020 (4.2). En el caso del grupo presencial del año 2019 la diferencia se redujo a menos de un punto (5.45) que la prueba *chi de homogeneidad* indicó que no había diferencia significativa entre ambos grupos.³³ En el eje de las abscisas vemos los tres grupos estudiados en esta tesina (experimental 2021) y grupos de

³³ Este resultado es, hasta cierto punto, alentador. Parece ser que existe un acuerdo entre los docentes que las clases presenciales educan mejor al alumnado que las clases virtuales. Pocos alumnos gustan (4%) de las clases en *Zoom*, según un estudio piloto de la UNAM (2021). Los resultados muestran que en puntaje hay una diferencia de casi un punto entre el grupo del 2019 y 2021 que si bien no indica una diferencia estadística significativa por lo menos muestran que el incorporar el vídeo narrativo en una clase virtual *podría* “empatar” el aprendizaje de una clase presencial.

comparación (2019 y 2020). En el eje de las ordenadas las calificaciones finales obtenidas por los alumnos de los distintos grupos.

Limitaciones y trabajo futuro

Este estudio no cuenta con un grupo control por razones de tiempo y pandemia. Conseguir grupos en esta situación de la pandemia por Covid-19 es complicado. Si bien se hizo una comparación con resultados de grupos de años anteriores, estos no se pueden considerar como un grupo control que permita realizar algún tipo de método estadística que me indique significancia estadística entre grupo experimental o control, como *t student*. Algunos metodólogos llaman a este tipo de estudios cuasi-experimental (Cea D'Ancona (1998)). Es decir, en el apartado anterior hay una diferencia de puntaje final de calificación de 2.15 (que la prueba de chi de homogeneidad nos indicó que esa diferencia es significativa entre ambos grupos) en los valores finales entre el grupo experimental RIRC y el grupo comparativo del 2020 pero no puedo asegurar si esa diferencia se debe al azar o a la implementación de la metodología.³⁴ Si puedo asegurar que fueron los mismos temas y en una población con características similares (jóvenes en último año de bachillerato). La diferencia existe y ambos grupos son distintos (chi cuadrada de homogeneidad) y eso da pauta a examinar la procedencia de esa variación. Me limito a decir que este no es un trabajo concluyente si bien es un trabajo exploratorio que sugiere que podría existir una diferencia (en aprendizaje) entre ambas presentaciones de recreación de conceptos científicos que vale la pena continuar. Examinar el origen de esa variación es el siguiente paso de esta tesis.

³⁴ No se debe a una deficiencia del método RIRC. La incertidumbre se debe a la no existencia del grupo control.

Reflexiones finales

Los libros de texto han tenido el monopolio respecto a otros medios de propagación del conocimiento científico (Gough, 1993). Pero, según las encuestas y los estudios de los interesados en la educación científica, es notorio que no han logrado su objetivo (ENPENECYT 2007 y 2017). La educación mexicana sufre un estancamiento en pruebas internacionales en las áreas de ciencia naturales, matemáticas y español. Lo mismo le sucede a América Latina, exceptuando quizá al Uruguay (Tuirán y Quintanilla, 2012). Debido a esto los educadores, filósofos o sociedad en general han comenzado a ser partícipes en el intento por lograr un cambio en la educación escolarizada. Es un hecho, afirma el pedagogo mexicano Díaz Barriga, “que los cursos tradicionales, teóricos, academicistas, centrados en la transmisión de cúmulos de conocimientos acabados, ya no resultan apropiados para las necesidades y expectativas de formación de niños, jóvenes y adultos” (Díaz Barriga, 2006). Por eso, se deben buscar formas alternas de comunicar y enseñar los conocimientos, en este caso científicos. Los medios culturales como internet, *YouTube*, narrativa (cómic, teatro, ciencia ficción) tienen la ventaja de que ya son aceptados por el público y pueden ser usados para enseñar conocimiento científico. Si queremos educar a la población en ciencia (debido a que, como se argumentó, es deseable), tenemos que abrir nuestras posibilidades educativas a esos medios alternativos. Como se mencionó a lo largo de la presente tesina el desencanto por el conocimiento científico se da en la educación básica formal. Las experiencias del alumnado denotan las sesiones de clases como áridas, sin interés y alejadas de su cotidianidad (Salinas Hernández y Serrano, 2019). Optar por otros procesos de enseñanza que inviten a la reflexión de los procesos de construcción/descubrimiento de procesos y conceptos³⁵ científicos en vez del enciclopedismo (el *cómo* en lugar del *qué*) podría fomentar mayor interés en aumentar la matrícula en licenciaturas científicas y en acercar al público al conocimiento científico y en el caso particular de la química mejorar su

³⁵ El vídeo mostraba tensiones entre la comunidad científica química de la época. Los procesos de construcción de conocimiento científico fueron valorados por los alumnos. Véase la cita 30.

imagen pública y la relación/actitud por parte del alumnado hacia su aprendizaje (Hoffman, Roald, 1997 y Mora Penagos y Parga Lozano, 2009).

Por otra parte, si bien parece ser que el esfuerzo en acercar al público a temas científicos ha sido evaluado y/o medido, la evaluación cuantitativa y cualitativa en encauzar, potenciar, informar y medir el aprendizaje por estos medios ha sido poco estudiada (Negrete, 2008). Aquí sugiero que aunque aún falta trabajo por hacer (sobre todo en los últimos rubros) existen formas de paliar este hueco en los trabajos sobre divulgación científica.

Por último, este estudio exploratorio sugiere que temas científicos asociados a las ciencias naturales (química) pueden ser aprendidos por los estudiantes a través de narrativas digitales (*YouTube*). El método RIRC ofrece evidencia cuantitativa de la efectividad (en el aprendizaje) de los materiales narrativos de la comunicación científica (Ríos Cabellos y Negrete 2014; Negrete, 2014; Negrete y Mancilla, 2020; Velasquillo y Negrete, 2020). Este trabajo sugiere que el método RIRC puede evaluar aprendizaje en medios alternativos que no son narrativa escrita (vídeos). Lo anterior adquiere relevancia en el contexto actual del país, donde se busca implementar nuevas reformas educativas (Díaz-Barriga, 2006 y Negrete, 2020). De manera general, las narrativas que involucren temas científicos, en cualquier formato deberían ser consideradas como una opción valiosa en las estrategias didácticas de los docentes (véase el trabajo del uso de narrativas en el salón de clases para el mejoramiento de la comprensión de lectura usando la revista *¿Cómo ves?* de Vega López y colaboradores, 2014). Por eso, propongo que la narrativa en la divulgación científica constituye un medio complementario para aprender de una manera memorable, precisa y disfrutable en un “salón de clases” que, además, motive al alumnado. En particular, debido a la popularidad de los *Edutubers* y a los hallazgos introductorios/exploratorios aquí presentados se sugiere que presentar información científica a través de este formato, que puede ser considerado dentro del repertorio de los profesores de ciencia.

Sin embargo, queda trabajo por hacer, por ejemplo diversificar el público meta, contar con una “n” más representativa o hacer el experimento por períodos más

largos. Para el interesado en el campo saber que hay mucho por hacer es, sin duda, estimulante.

Referencias

Alegría, Margarita (coord.) (2011) “¿Cómo leer la ciencia para todos?”, FCE, México

Blades, D (2001). “The simulacra of science education”, en J.A. Weaver y Morris (cords.), *Postmodern science education*, NY, Peter Laugh Publishing.

Bodmer W., (1987). “Science and public affairs. The public understanding of science”, Londres, Longman

Bucchi y Trench (2008), “Handbook on public communication of science”, Routledge International Handbooks, USA

Bucchi y Trench (2021), “Rethinking science communication as the social conversation around science”, JCOM

Burns, T, O’Connor y P. Stocklmayer (2003). “Science communication: a contemporary definition”, en *Public Understanding of Science*, 12

Castilho Almeida y Almeida Carla (2018). “A expertise leiga vale para todos? O lugar das mulheres afetadas no debate sobre zika-microcefalia-aborto na imprensa brasileira”, *JCOM AL*

Cea D’Ancona (1998). “Metodología cuantitativa: estrategias y técnicas de investigación social” Síntesis sociológica, Argentina

Cedillo, Christopher y Martínez Daniel (2020). “¿Así que quieres ser Youtuber/divulgador de ciencia?” *Cienciorama*, UNAM

Cereijido, Marcelino (1997). “Por qué no tenemos ciencia”, Umbrales de México, Siglo XXI, México

Cereijido, Marcelino y Reinking Laura (2005). “La ignorancia debida”, Libros del Zorzal, Buenos Aires

Chamizo, José (2019). “Las sustancias químicas, antes y después de la construcción de la tabla periódica”, *Educación Química*, Volumen 30 | Número 4 | Páginas 98-107 | octubre 2019, DOI: 10.22201/fq.18708404e.2019.4.70469

¿Cómo ves? (2021), ¿Quiénes somos?, UNAM, México

Constant, Natasha, Roberts, Liz, (2017) “Narratives as a mode of research evaluation in citizen science: understanding broader science communication impacts”, *JCOM*, Vol. 16

COPUS (1996), “So did it work? Evaluating public understanding of science” events, en: <http://www.copus.org.uk/>

Díaz Costanzo, G. and Golombek, D. A. (2020). ‘The quest for scientific culture’. *JCOM* 19 (01), R01. <https://doi.org/10.22323/2.19010601>.

Dierssen, Mara (2019). “¿Cómo aprende (y recuerda) el cerebro?. Principios de neurociencia para aplicar en la educación”, Editorial Salvat, España

ENPECYT (2017), “Encuesta sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología”, INEGI, México. Link: <https://www.inegi.org.mx/programas/enpecyt/2017/>

Erviti y Bienvenido León (2014), *La comunicación de la ciencia a través del vídeo online: contenidos populares en YouTube*. En “Contenidos digitales en la era de la sociedad conectada” (pp.129-146) Publisher: Fragua Editors: coord. por Javier Sierra Sánchez Árbol académico, Daniel Rodrigues Parente

Farinella, Matteo (2018). “The potential of comics in science communication” *JCOM*, Vol. 17

Finkler, W. and León, B. (2019). ‘The power of storytelling and video: a visual rhetoric for science communication’. *JCOM*, 18 (05), A02. <https://doi.org/10.22323/2.18050202>.

Floridi, Luciano (2014), "The Fourth Revolution. How the infosphere is reshaping human reality", Oxford University Press,

Fontes, Daniel (2021). "Uma comparação das visualizações e inscrições em canais brasileiros de divulgação científica e de pseudociência no YouTube", *JCOM AL*

Galbraith, John (1958), "La sociedad opulenta", Ariel, España

García de Yébenes, Rodríguez y Carmona (2009), Validación de cuestionarios, *Reumatología clínica*, Vol. 5. Núm. 4. Páginas 143-186 (Julio - Agosto 2009)DOI: 10.1016/j.reuma.2008.09.007

Gross, P. (1994) "The role of rhetorics in the public understanding of science", en *Public Understanding of Science*, 3

Haraway, Donna (2011). *Manifiesto para ciborgs*, Puente aéreo ediciones, 3° reimpresión, España

Hernández, Arellano María Yazmín (2020). "La evaluación de las actividades de comunicación, tema pendiente en los museos y centros de ciencia". En Sánchez Mora Carmen (coord.). *Los museos de ciencia*. DGDC, UNAM

Joubert, M. Davis L. and Metcalfe, J. (2019). 'Storytelling: the soul of science communication'. *JCOM* 18 (05), E. <https://doi.org/10.22323/2.18050501>.

Lieberman, D. (2013). Aprendizaje y memoria Relación de dependencia mutua. *Investigación y Ciencia*. Barcelona: neuronas. Obtenido de: <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/las-neuronasde-la-memoria-573/aprendizaje-y-memoria-10995>

Kippes, Romina (2021). "El videoartículo como recurso narrativo clave para la comunicación de la ciencia en los nuevos entornos digitales", *JCOM AL*

Kuhn, Thomas (1962). "La estructura de las revoluciones científicas". FCE, México

Leff, E. (coordinador) (2007). "La complejidad ambiental". Siglo XXI Editores, PNUMA, México

López María y Svarc Leonardo (2019). "Enigmas de laboratorio: una experiencia inmersiva para comunicar la ciencia", *JCOM AL*

Massarani, L. (2018). 'Estado del arte de la divulgación de la ciencia en América Latina'. *JCOM – América Latina* 01 (01), A01. <https://doi.org/10.22323/3.01010201>.

Mazur, Eric (2020), "La educación formal acaba con nuestra motivación intrínseca por aprender", *El País*, España Link: https://elpais.com/economia/2020/06/03/actualidad/1591148852_706097.html

Mena-Young Margoth (2019). El periodismo ambiental escrito: análisis de la narrativa de reportajes sobre extinción de especies, *JCOM AL*

Mora Penagos, William y Parga Lozano, Diana. (2009). "La imagen pública de la química y su relación con la generación de actitudes hacia la química y su aprendizaje". *Tecné, Episteme y Didaxis*, No. 27, Primer semestre de 2010, pp. 67-93

Moran Oviedo, Porfirio (2004), "La docencia como recreación y construcción del conocimiento. Sentido pedagógico de la investigación en el aula". *Perfiles Educativos*, vol. XXVI, núm. 106, tercera época, 2004, pp. 41-72

Negrete Yankelevich, A., (2008). "La divulgación de la ciencia a través de formas narrativas". DGDC, UNAM, México

Negrete Yankelevich, A., (2014). "La ciencia de contar cuentos y el método RIRC", CEIICH, UNAM, México

Negrete Yankelevich, A., (coord.) (2019), "Narrar la ciencia", CEIICH, UNAM

Negrete Yankelevich, A., (coord.) (2020), "Narrativa e imagen en la educación y comunicación de la ciencia", CEIICH, UNAM

Negrete Yankelevich, A., Cox, C., Silberman, A., Rosenblatt, J., Reyes, M. J., Calvo, P., Flores, G., Escandón, A., Aguirre, R., Puga, R. y Rosenblatt, P. (2018). 'Neurociencias en acción: las narrativas de "Conversemos Mama" con madres gestantes'. JCOM – América Latina 01 (01), A06. <https://doi.org/10.22323/3.01010206>.

Negrete A., y Mansilla Corona R., *El cómic como instrumento de medición del éxito de la comunicación de la ciencia*. En Negrete, A. "Narrativa e imagen en la educación y comunicación de la ciencia. CEIICH, UNAM, 2020

Nieto-Galan. Agustí (2011). Los públicos de la ciencia. Expertos y profanos a través de la historia. Marcial Pons, Ediciones de historia, Madrid

Ogborn J, I. Martins (1996), "Explaining science in the classroom", Buckingham, Open University Press

Parametría (2017), Mexicanos desconfían de la ciencia y la teoría de la evolución, Disponible en: http://www.parametria.com.mx/carta_parametrica.php?cp=5013

Plata Rosas, Luis (2021), *¿Leer cómics es como si no leyeras?, ¿Cómo ves?*, UNAM

Ponce, Anibal (2005). "Educación y lucha de clases", Ediciones Akal, España

Rousseau Jacques (1762), "Emilio, o de la educación", Editorial Porrúa, México, Número 159. Edición de 2017

Ruvalcaba Cervantes, Manuel (2017), "Cuando la educación científica no ahuyenta fantasmas", Revista *Nexos*

Sagan, Carl (1995). "La ciencia y sus demonios." *Crítica*, México

Salinas, I. & Serrano, M. (2019). Estrategia didáctica en apoyo al tema respiración celular. En Memoria del 5° Congreso y 20° Simposio de Estrategias Didácticas en el Aula (pp. 212-218). Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (encch) Plantel Sur, UNAM

- Sánchez Mora, Ana María (2004). "La ciencia y el sexo", DGDC, México, UNAM
- Sánchez Mora, Ana María (1998). "La divulgación de la ciencia como literatura", DGDC, México, UNAM
- Sánchez Mora, Ana María (2010). "Introducción a la comunicación escrita de la ciencia" DGE, Veracruz, México
- Sánchez Mora, Ana María (2014). "Prólogo". En Negrete, Aquiles. "La ciencia de contar cuentos y el método RIRC", CEIICH, UNAM
- Stengers, Isabelle (2019). Otra ciencia es posible: Manifiesto por una desaceleración de las ciencias", Futuro Anterior, Barcelona
- Terenzinha y Bienvenido León (2017), El rigor científico en el vídeo online. La percepción de los expertos sobre los vídeos de contaminación del aire en Youtube, Observatorio Journal, 106-119
- Tuirán, Rodolfo y Quintanilla, Susana (2012). 90 años de educación en México, FCE, Cenzontle, México
- Vaccarezza, S. (2009). "Estudios de cultura científica en América Latina". *Redes*, 15(30), 75-103.
- Vargas Frías, Edgar (2019). "Cultura científica: dos palabras ¿una utopía?". *Cienciorama*, UNAM
- Vargas Lozano, Gabriel (2014). "Filosofía ¿para qué? Desafíos de la filosofía para el siglo XXI". *UAM*, México
- Velasquillo García, Gilardo y Negrete A. (2020) "La narrativa digital en la educación en ciencia: Anaconda". En negrete, Aquiles (coord.) "Narrativa e imagen en la educación y comunicación de la ciencia", CEIICH, UNAM
- Villatoro, Francisco (2011). "Para qué sirve un doctorado cuando no hay puestos de trabajo para los doctores." *La Ciencia de Mula Francis*

Vosoughi S. Roy Deb y Aral Sinan (2018). “The spread of true and false news online”. *Science*, Vol. 359, Issue 6380, pp. 1146-1151
DOI: 10.1126/science.aap9559

Welbourne, D. J. and Grant, W. J. (2016) ‘Science communication on YouTube: Factors that affect channel and video popularity’, *Public Understanding of Science*, 25(6), pp. 706–718. doi: 10.1177/0963662515572068.

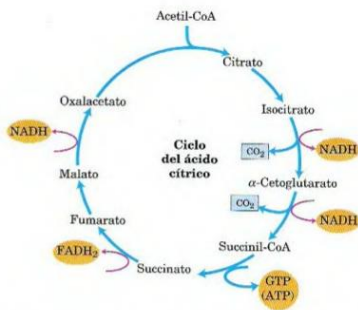
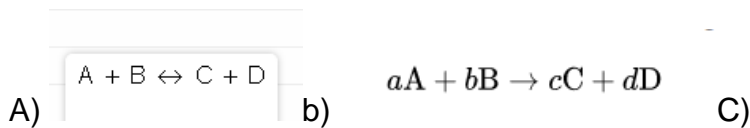
Wolpert, Lewis (1992). “The unnatural nature of science”, *Faber and Faber*, USA

Anexo I. Cuestionario³⁶

1° Recuenta la historia con tus propias palabras.

2° ¿Cuál de las siguientes imágenes corresponde a una reacción irreversible?

Recuerde que A y B son reactivos y C y D productos.



3. Selecciona cuál de las siguientes reacciones son oscilantes

A) Luminol y ciclo de Krebs B) Ciclo de Krebs y la reacción de Belousov-Zhabotinsky C) Corazón de hierro y luminol

4° Cuales es la característica de una reacción química heterogénea.

A) No se ve con claridad las sustancias que componen el sistema B) se ve con claridad las sustancias que componen el sistema C) A veces se ven las sustancias y a veces no se ven

5° ¿Cómo funciona el Ciclo de Krebs en nuestro cuerpo?

6° ¿Por qué Belousov estaba tan interesado en el Ciclo de Krebs? O ¿Por qué es tan importante el estudio del equilibrio químico en las reacciones químicas?

7° ¿Por qué la comunidad química de la época no acepto el trabajo de Belousov?

³⁶ Para la versión final se realizaron algunos ajustes. Véase anexo III.

8° ¿Cómo convenció Zhabotinsky a la comunidad química de que los resultados de Belousov eran correctos?

9° Si tú descubrieses una reacción oscilante y la comunidad química fuera escéptica con tus resultados. ¿Qué harías para demostrar que tu reacción oscilante es correcta?

10° Suponga que el cambio de color es suficiente pero no necesario para demostrar la validez de tu reacción oscilante. ¿De qué otra manera validarías la validez de tu reacción?

Anexo II. Prueba piloto

Propósito del estudio piloto

El propósito general del estudio piloto era identificar errores en la secuencia metodológica en el momento de realizar el experimento. Además de validar el cuestionario.

Objetivo

Obtener una visión general de los resultados que podrían ser obtenidos en el trabajo final de la presente tesis.

Introducción y generalidades

Guiándome en el objetivo y pregunta de investigación de esta tesis (Capítulo II) se hizo el estudio piloto (octubre 2020) con 13 alumnos del primer semestre de la licenciatura en Nutrición Aplicada de la Universidad Abierta y a Distancia de México (UnADM). Al ser una “n” baja se decidió que todos los alumnos fueran incluidos en el grupo experimental.

El experimento fue conducido sin contratiempos notables (salvo detalles en el desarrollo del vídeo debido a la conexión de internet) en una media de 40 minutos. En primer lugar, se otorgó el estímulo a los participantes (10 min) y terminando éste se les incitó a contestar el cuestionario (Anexo 1). Se les pidió no mirar de nuevo el estímulo. El tiempo óptimo para contestar el cuestionario oscila entre 20 y 30 minutos. La media de los alumnos era de 25 minutos. En los minutos finales se les pedía a los alumnos retroalimentación para mejorar las preguntas del cuestionario (redacción, simplicidad, sintaxis), las instrucciones del experimento, etcétera.

Resultados

Al no tener grupo control contra el cual comparar el grupo experimental se comparó contra “un ideal”. En recuento e identificación se obtuvo más del 50% de respuestas correctas que indican buenos resultados. En cuanto a

contextualización el resultado fue pobre (véase la tabla). Esto nos induce a pensar que este tipo de preguntas pueden ser mejoradas. Se hicieron los cambios que se consideraron pertinentes en el cuestionario presentado en el anexo 3.

	Prueba	Ideal
Recuento	5.84	10
Identificación	6.25	10
Contextualización	2.91	10

Tabla 1 (en anexos). Resultados del estudio piloto contra un ideal.

Conclusión

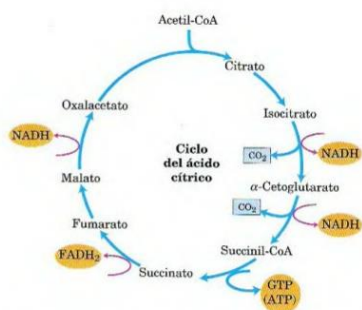
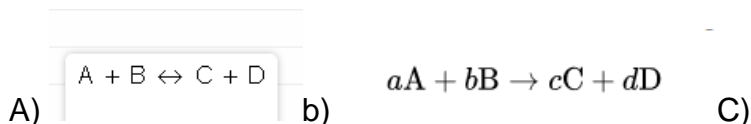
Salvo detalles en el cuestionario y en la secuencia en la realización del experimento el estudio piloto no presentó contratiempos que nos indicarán la imposibilidad de realizar el presente trabajo. Los ajustes fueron hechos pensando en el trabajo final (Capítulo IV).

Anexo III

1° Recuenta la historia con tus propias palabras.

2° ¿Cuál de las siguientes imágenes corresponde a una reacción irreversible?

Recuerde que A y B son reactivos y C y D productos.



3. Selecciona cuál de las siguientes reacciones son oscilantes

A) Luminol y ciclo de Krebs B) Ciclo de Krebs y la reacción de Belousov-Zhabotinsky C) Corazón de hierro y luminol

4° Cuales es la característica de una reacción química homogénea.

B) No se ve con claridad las sustancias que componen el sistema B) se ve con claridad las sustancias que componen el sistema C) A veces se ven las sustancias y a veces no se ven

5° ¿Cómo funciona el Ciclo de Krebs en nuestro cuerpo?

6° ¿Qué función cumplen las mitocondrias en las células de nuestro cuerpo?

7° ¿Por qué la comunidad química de la época no acepto el trabajo de Belousov?

8° ¿Cómo convenció Zhabotinsky a la comunidad química de qué los resultados de Belousov eran correctos?

9° Si tú descubrieses una reacción oscilante y la comunidad química fuera escéptica con tus resultados. ¿Qué harías para demostrar que tu reacción oscilante es correcta?

10° Suponga que el cambio de color es suficiente pero no necesario para demostrar la validez de tu reacción oscilante. ¿De qué otra manera validarías la validez de tu reacción?