

# La encrucijada de la enseñanza en línea en tiempos de pandemia

*A François Pluvinage in memoriam*

Armando Cuevas-Vallejo<sup>1</sup>, Miguel Delgado Pineda<sup>2</sup>, Oscar González Ortiz<sup>3</sup>, Magally Martínez-Reyes<sup>4</sup>, José Orozco-Santiago<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Matemática Educativa, Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN, México

<sup>2</sup> Facultad de Matemáticas, Universidad Nacional de Educación a Distancia, España

<sup>3</sup> Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de México, México

<sup>4</sup> Universidad Autónoma del Estado de México, México

<sup>5</sup> Instituto Politécnico Nacional, México

[ccuevas@cinvestav.mx](mailto:ccuevas@cinvestav.mx), [miguel@mat.uned.es](mailto:miguel@mat.uned.es), [oscargoem@gmail.com](mailto:oscargoem@gmail.com),  
[mmartinezr@uaemex.mx](mailto:mmartinezr@uaemex.mx), [jorozcos@ipn.mx](mailto:jorozcos@ipn.mx)



Fecha de Recepción: 10 agosto de 2020

Fecha de Aceptación: 29 de diciembre 2020

El Cálculo y su Enseñanza

Volumen 15. Julio - Diciembre 2020

Cinvestav-IPN© Ciudad de México. ISSN 2007-4107 P.p. 35-50

## Resumen

Este artículo presenta una breve encuesta entre profesores de escuelas públicas y la actuación de dos profesores que tuvieron la obligación de migrar de una enseñanza tradicional a una en línea debido a la pandemia y el cierre de sus instituciones. Sorpresivamente la Covid-19 obligó a todos los niveles escolares a modificar su sistema de enseñanza presencial a uno a distancia, mostrando entre otras cosas un cierto analfabetismo digital en el sector docente y graves diferencias sociales y económicas en la población. Si bien los sistemas escolares de nuestro país exhibían deficiencias por los bajos índices de aprovechamiento escolar, la actual pandemia evidenció dicho deterioro, pero tal vez este infortunio obligue a cuestionar nuestras formas y métodos de enseñanza y a establecer grupos de investigación que produzcan y seleccionen material digital de apoyo a la enseñanza, además, de implementar una verdadera política de actualización docente que permita a nuestra planta de profesores utilizar didácticamente las herramientas digitales disponibles.

**Palabras clave:** pandemia, enseñanza en línea, tecnología digital, educación matemática.

### **Abstract**

This article presents a brief survey of public-school teachers and the performance of two teachers who were forced to migrate from traditional to online teaching due to the pandemic and the closure of their institutions. Surprisingly, the Covid-19 forced all school levels to change their face-to-face teaching system to one based on distance learning, showing, among other things, a certain digital illiteracy in the teaching sector and serious social and economic differences in the population. Although our country's school systems showed deficiencies due to low rates of school achievement, the current pandemic evidenced such deterioration, but perhaps this misfortune forces us to question our forms and methods of teaching and to establish research groups to produce and select digital material to support teaching, in addition to implementing a real policy of teacher updating that allows our staff to use the available digital tools in a didactic way.

**Keywords:** pandemic, online learning, digital technology, math education

### **Introducción**

La enseñanza abierta emergió para satisfacer la creciente demanda educativa de una población estudiantil en aumento. En mayo de 2020, se publicó<sup>1</sup> que de los 153 mil 183 aspirantes que realizaron el examen de admisión a una universidad mexicana entre el 23 de febrero y el 10 de marzo, del 2020 solo 15 mil 449 lograron un lugar en cualquiera de las tres modalidades de licenciatura (presencial, semipresencial a distancia) (Clemente, 2019). Esta progresiva demanda no la pueden satisfacer las instituciones presenciales establecidas. El modelo de enseñanza abierta creó un nuevo mercado de oportunidades educativas que sigue creciendo en amplitud y demanda. Prueba de ello son la cantidad de universidades públicas, estatales, paraestatales y privadas, de todo el mundo con una amplia oferta de estudios a distancia, o abiertos. Se ofertan tanto estudios de grado o de licenciatura como estudios de postgrado y de master en diversas áreas y especialidades. Una reciente consulta con Google reporta 554,000,00 cursos en línea y 145,000,000 plataformas para realizar estudios en línea.

La oferta presencial y la oferta abierta habían permanecido estabilizadas durante años hasta que la crisis del virus covid-19 dinamitó esa estabilidad. La oferta presencial intempestivamente deja de ser viable para 1600 millones de estudiantes en los diferentes sistemas educativos de todo el mundo. Es decir, más del 91% de todos los estudiantes a nivel mundial (DeVaney et. al., 2020).

La actual pandemia del covid-19 ha trastocado la situación ya que todas las instituciones educativas presenciales han sido obligadas a migrar sus cursos en línea. Además, esta situación temporal podría reaparecer con otras posibles pandemias o catástrofes, obligando a generar otro paradigma con métodos de enseñanza y didácticas específicas con fuerte contenido de autoaprendizaje para una educación en línea, con métodos que utilicen las tecnologías digitales actuales y futuras, en las que se necesitará invertir.

Hoy adquiere relevancia en el sector educativo una serie de proyectos y propuestas para enseñanza de las matemáticas, que como algunos grupos de investigación hemos venido desarrollando y experimentando desde hace más de quince años como una forma de transición hacia la educación a distancia y la formación en línea; y que hoy ante la pandemia se tendrían que rescatar. Nuestras propuestas se centran en la enseñanza del Cálculo Diferencial e Integral en el nivel preuniversitario (15-18 años) y universitario (18-20 años), como se muestra en Cuevas y Pluvínage (2013); Cuevas-Vallejo, Pluvínage

---

<sup>1</sup> <https://www.elfinanciero.com.mx/nacional/unam-rechaza-al-90-de-aspirantes-en-nivel-licenciatura>

y Martínez (2012); Cuevas y Mejía (2003); y Cuevas-Vallejo, Villamizar y Martínez (2017).

## **Desarrollo**

### ***Estudio de experiencias en profesores***

Presentamos nuestras aportaciones y experiencias, y a manera de ejemplo las actuaciones de dos profesores como representantes de dos sistemas escolares, que en esta época de pandemia han tenido que adecuar su sistema de enseñanza presencial a uno a distancia. De hecho y como se verá enseguida, la crisis que desató la pandemia de covid-19 viene a evidenciar graves problemas que tienen algunos sistemas educativos públicos en el país. La medida de abandonar el aula debido al covid-19 ha impuesto que estos profesores cambien las herramientas tradicionales de enseñanza que utilizaban en sus instituciones.

Un dato para tener en cuenta es que, en México, desde el 17 de marzo hasta el 18 de mayo del 2020 el Instituto Politécnico Nacional (IPN) informó que su plataforma de contenidos para nivel universitario había recibido casi un millón cien mil consultas, 55% de conexiones mediante Smartphone, 39% con computadora y 6% con otros medios (IPN, 2020).

En la creencia de que la aportación de materiales, la mayoría tradicionales, sobre la plataforma del IPN puede ser de ayuda al aprendizaje en línea para el estudiante, resulta ingenuo. Su simple presencia es insuficiente para lograr los objetivos de aprendizaje. Así que se realizó una primera aportación: un profesor rediseñó sus cursos que afectaba a cuatro grupos de nivel superior con 35 estudiantes cada uno, y actuó racionalmente ante la situación no presencial de la manera en que detallamos a continuación:

Al profesor le fueron impuestos los cursos en línea, sin apoyo económico y técnico y sin saber si contaba con dispositivos digitales y acceso a la red. Tampoco contaba con materiales para la enseñanza en esta modalidad, teniendo que improvisar la formas y materiales para realizar una enseñanza de este tipo. De hecho, el profesor refirió que cada compañero maestro improvisaba medios como mensajes WhatsApp y videos de la red.

El profesor no disponía de comunicaciones ni de materiales, tuvo que contratar, por sus propios medios, una plataforma para comunicarse. Elaboró los materiales didácticos que consideró necesarios en relación con el conocimiento matemático para su docencia en línea. Aunque este profesor tiene un posgrado en educación matemática y está muy familiarizado con el uso de las tecnologías, cuestión no común en la parte docente, considera que ha realizado una tarea bastante compleja con poco tiempo para la elaboración de materiales y con la incertidumbre de si funcionaban o no (ver figura 1).

## La encrucijada de la enseñanza en línea en tiempos de pandemia

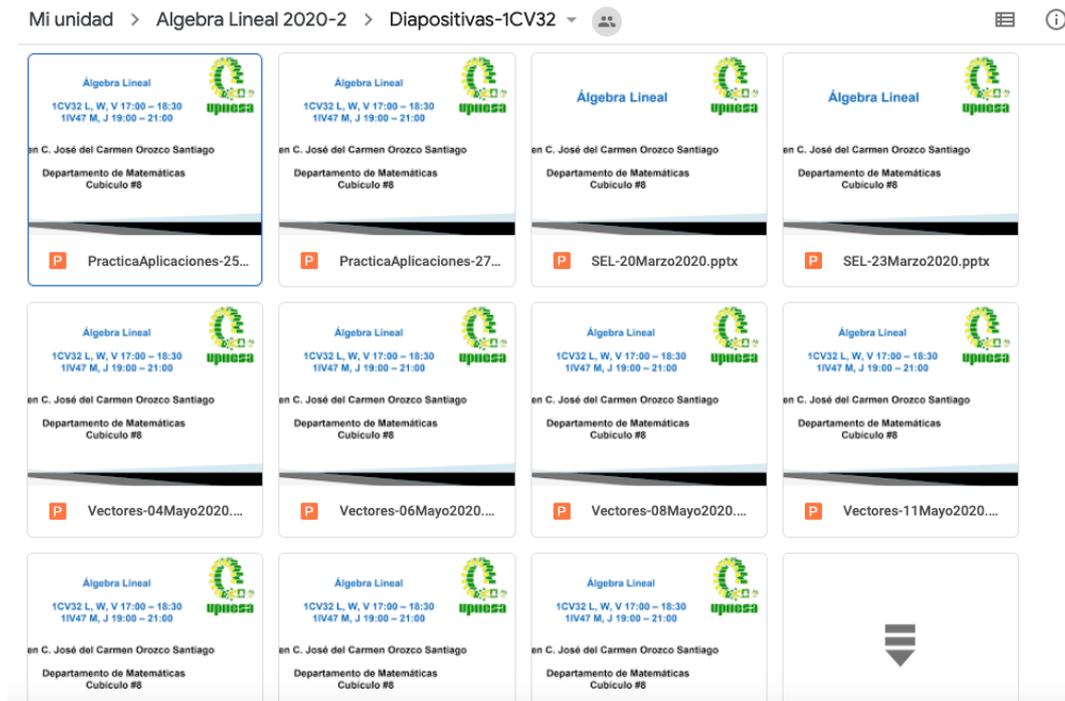


Figura 1. Recursos utilizados por el profesor en sus clases.

La interacción de los estudiantes con los materiales del curso y con el profesor representa mucha dificultad porque el profesor no puede constatar al momento de impartir su curso las dificultades que los estudiantes presentan en forma real. Los estudiantes están en un entorno familiar, en donde tienen múltiples distractores, además gran parte del entorno está utilizando el Internet, lo cual dificulta la comunicación (ver figura 2).

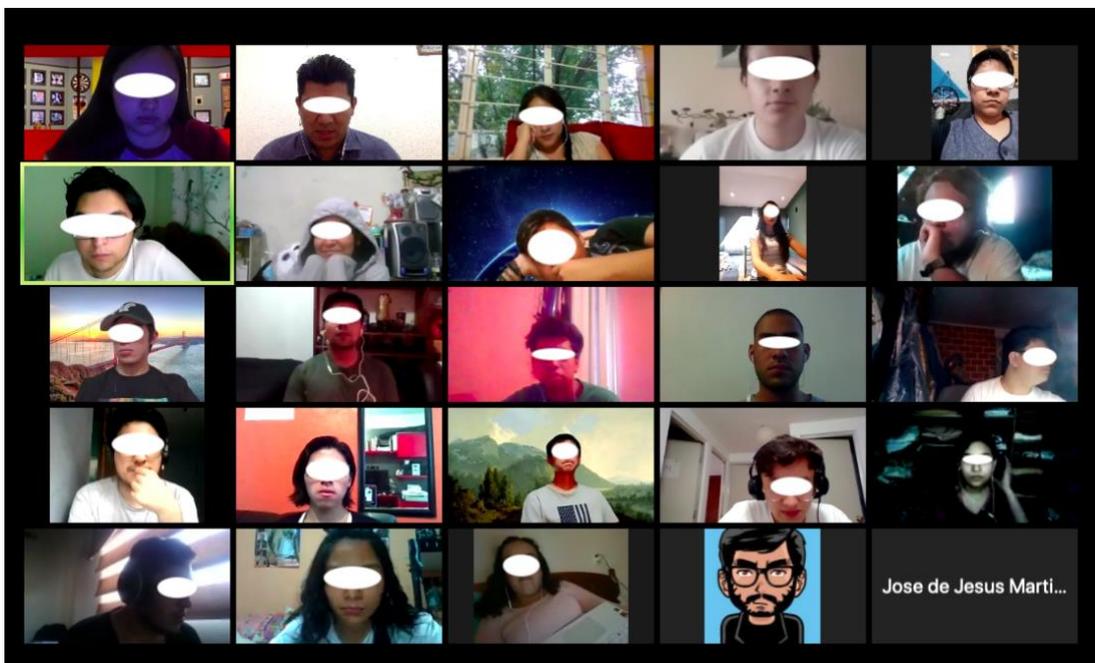


Figura 2. Estudiantes conectados en clase.

Otro sector estudiantil tiene problemas económicos, puesto que ahora con la pandemia se ha provocado desempleo y se han reducido sus recursos familiares, entre

ellos el acceso a Internet; esto pone en un dilema al profesor puesto que no puede obligar a sus alumnos a conectarse ni a que sus estudiantes usen sus materiales.

El material de álgebra lineal conlleva editar muchas fórmulas. El profesor optó por elegir el programa Microsoft Word para editar sus documentos puesto que permite incrustar diversos objetos; entre ellos las fórmulas y las gráficas matemáticas. La decisión se sustentó en que ese era el procesador de textos que disponían sus estudiantes. Pensó en un documento abierto en el cual sus estudiantes pudieran añadir pequeñas aportaciones, y descartó la posibilidad de un documento cerrado tipo PDF. Las facilidades del programa no disminuyen lo complejo que resulta editar las fórmulas en un documento de Word ni mengua el tiempo de confección de dichas fórmulas (ver figura 3).

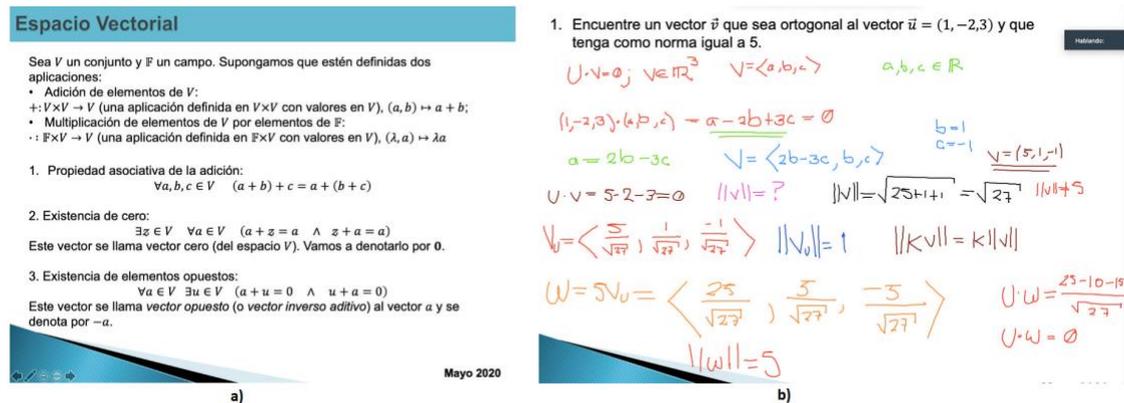


Figura 3. Ejemplo de fórmulas a) elaboradas con el editor de ecuaciones, b) escritas a mano.

La universidad donde trabaja este profesor tiene convenio con varias editoriales, los estudiantes pueden acceder y leer determinados libros electrónicos que están disponibles por un tiempo determinado. La realidad es que los estudiantes presenciales no saben y/o no usan el libro electrónico como recurso. Aunque el profesor considera que no es un recurso adecuado a esta modalidad. El profesor reconoce que aún con su material elaborado no se cumple con los objetivos del curso.

Este profesor, como otros que usan tecnologías telemáticas, está capacitando tecnológicamente también a sus estudiantes conectados, principalmente cuando comparten alguna ventana o una pantalla de su computadora, así puede observar si sus estudiantes están integrando mal una fórmula. Como el profesor conoce el efecto “fatiga por zoom” (Jiang, 2020) sabe que estar mucho tiempo en la computadora agota, por lo cual solo se permite mantener la atención de los estudiantes por breves intervalos de tiempo.

La evaluación que realiza este profesor no es un simple examen elaborado de una forma más o menos tradicionalmente. El proceso de evaluación se inicia con una recopilación de ejercicios de varios libros en un solo documento PDF para que el estudiante los realice; problemas de un libro que, si bien pudiera individualizarlos cambiando algún parámetro del enunciado del texto, no le está permitido. Una vez que el alumno activa su cámara, abre el fichero PDF y resuelve los ejercicios. Su actuación finaliza cuando sube una foto con la forma en que resuelven sus ejercicios (ver figura 4).

## La encrucijada de la enseñanza en línea en tiempos de pandemia

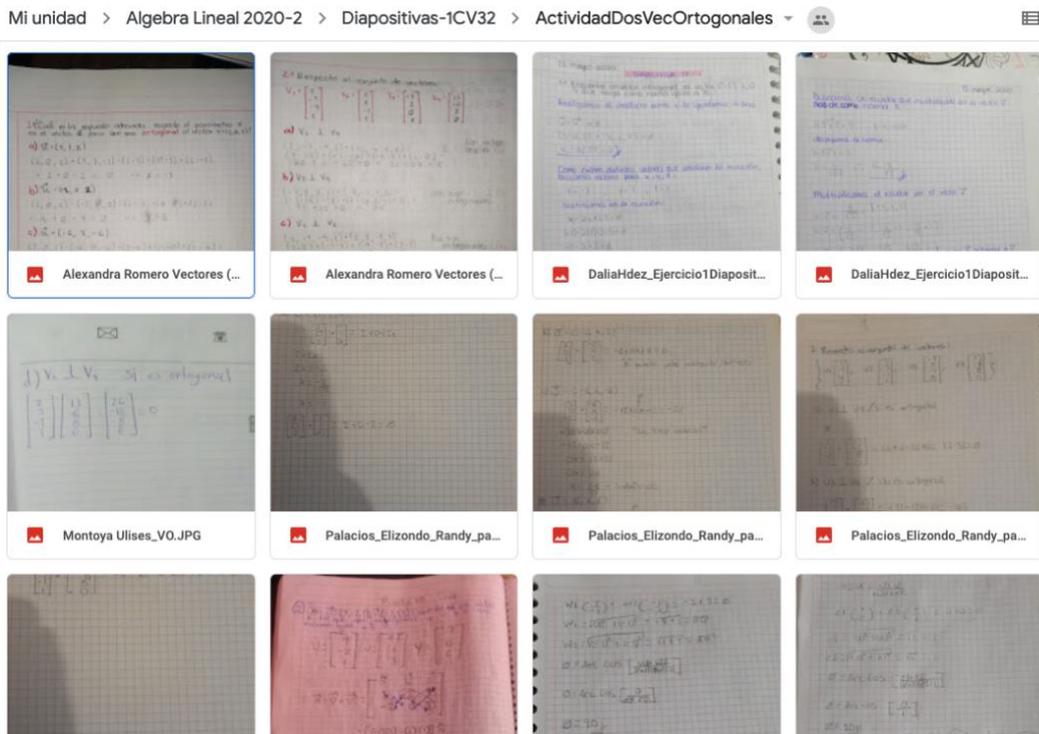


Figura 4. Ejemplo de la solución de tareas por parte de los estudiantes.

El proceso de evaluación elegido por este profesor no cuenta con un sistema de reconocimiento de texto matemático tipo OCR, tampoco dispone de un sistema automatizado que evalúe las respuestas y los resultados de los alumnos, eso impone que el tiempo dedicado a evaluar es similar al examen presencial. Entendemos que este modelo de evaluación tiene una debilidad importante al intentar aplicarlo a otras instituciones o a otros grupos muy numerosos. Al intentar replicar este proceso ha de tenerse el factor escala de alumnos.

Otro dato a tener en cuenta es que una encuesta realizada por los autores (18 de mayo del 2020) a los profesores de matemáticas del IPN destacó que los profesores atienden entre 30 a 40 estudiantes por grupo; que 51.7% de los estudiantes participan en línea. Además, se indica que el 68.9% de estos estudiantes no aprueban sus evaluaciones periódicas (evaluaciones parciales por tema).

Otra debilidad de esta forma de evaluación es la generación de ejercicios diferentes, taxonómicamente equivalentes, para cada estudiante. En general los problemas de cualquier libro no están pensados paramétricamente para que dichos parámetros puedan variarse.

Una aportación de nuestro grupo de investigación consiste en generar una recopilación de situaciones problemáticas parametrizadas para usar en cualquier otra situación similar a esta originada por la pandemia. De hecho, tenemos más de 400 problemas parametrizados y resueltos con parámetros de Cálculo diferencial e integral que pueden instanciarse en cualquier ocasión y que genera un archivo en LaTeX y pdf. Aunque pensamos que la evaluación debería ser diferente y no una réplica de la tradicional. Coincidimos con la comunidad de matemáticos educativos sobre la importancia que se le da al diseño de tareas y la forma de evaluación en el aula y a gran escala, la cual fue improvisada por este profesor (ver figura 4).

Otras aportaciones de los autores se ejemplificarán con el segundo profesor, que es profesor de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex) y del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de México (Cecytem). En esta última institución, el profesor tiene a su cargo ocho grupos de cálculo diferencial en el último nivel preuniversitario que se preparan para su inserción en la universidad. Cada grupo está compuesto en promedio de 33 alumnos, por lo que atiende simultáneamente a 265 estudiantes. El profesor se encuentra trabajando por videoconferencias (Telmex) con una capacidad de conexión limitada a solo 100 estudiantes por sesión, pero solo se conectan 54 del total de estudiantes regularmente; es decir, poco más del 20%. Otro dato importante es que 65 estudiantes no entregan actividad alguna por diversas situaciones (no tienen computadora, ni acceso a internet y carecen de medios económicos).

El profesor ha venido trabajando con material experimentado desde hace 10 años; sin embargo, no estaba desarrollado para uso en computadora; por lo que ante la pandemia ha tenido que migrar los materiales a GeoGebra (<https://www.geogebra.org/m/qqwbknp>). Los estudiantes acceden a estos laboratorios o escenarios interactivos, contestan las actividades planteadas en formatos PDF que se distribuyen mediante la plataforma Classroom, con claves de acceso a los cursos (hmm7a3c, xvгурjd), para cada uno de los ocho grupos y los 265 estudiantes; la plataforma administra las entregas y permite generar reportes solo de cumplimiento (ver figura 5).

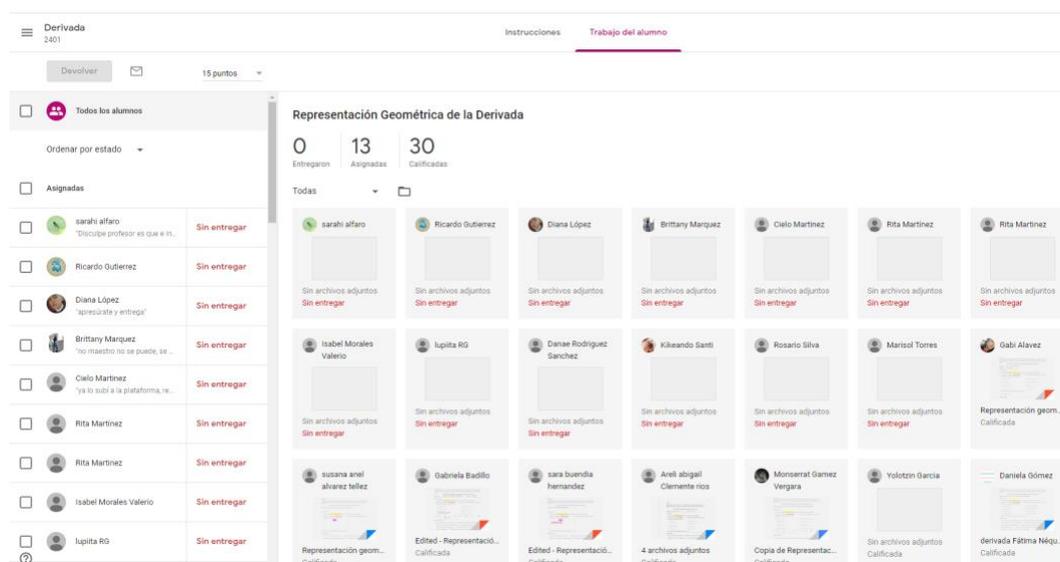


Figura 5. Estudiantes inscritos en la plataforma Classroom.

Este profesor sabe que algunos compañeros docentes no tienen computadora y están poco familiarizados con las tecnologías digitales, así que tomar cursos de cómo utilizar: Classroom, YouTube o Khan Academic no es una posibilidad.

El profesor no puede apoyarse en la Dirección General de Tecnologías de la Información (DGTI) ya que no tiene repositorio para consulta de materiales multimedia, ni libros electrónicos. Además, es importante destacar que no todos los profesores están dispuestos a incorporar tecnología en sus cursos, por tradición existe una resistencia al uso de tecnología por lo que ahora se han traumatizado con la pandemia.

Algunos de sus compañeros docentes, implementan la siguiente estrategia para mantener en activo a sus alumnos: Eligen ejercicios, los escribe en una hoja de papel,

toman una foto y la envían a los alumnos mediante su teléfono móvil, puesto que está seguro de que todos los estudiantes poseen un teléfono móvil inteligente (smartphone).

Esto es un dato importante, ya que los alumnos pueden no contar con computadora o comparten su uso entre los integrantes de la familia, pero hoy el teléfono celular es un pequeño aparato muy sofisticado y que ha incorporado muchas de las funciones de una computadora. El smartphone ha venido a modificar nuestra vida social de manera irreversible, es de uso común tanto para adultos como para jóvenes y niños; sus precios varían desde los muy económicos hasta precios que pueden rebasar fácilmente el costo de una laptop. Pero precisamente la popularización de este dispositivo digital hace que la enseñanza en línea o a través de plataformas digitales sea más accesible para los diversos estratos poblacionales y particularmente para las personas jóvenes. Si bien esto ayuda a democratizar el acceso, también crea retos desde el punto de vista computacional y cognitivo.

Desde el punto de vista computacional, el programar en interfases muy pequeñas, además las diversas aplicaciones a crear que deben ejecutarse en diversas plataformas y sistemas operativos, los cuales no son compatibles. Por el cognitivo, establecer y repensar el ejercicio docente a través de estos dispositivos y de realizar una instrumentación para establecer rutas didácticas aceptables. Nuestra propuesta es que los materiales que se han venido desarrollando y probando desde hace más de diez años transiten al dispositivo móvil (ver figura 6).

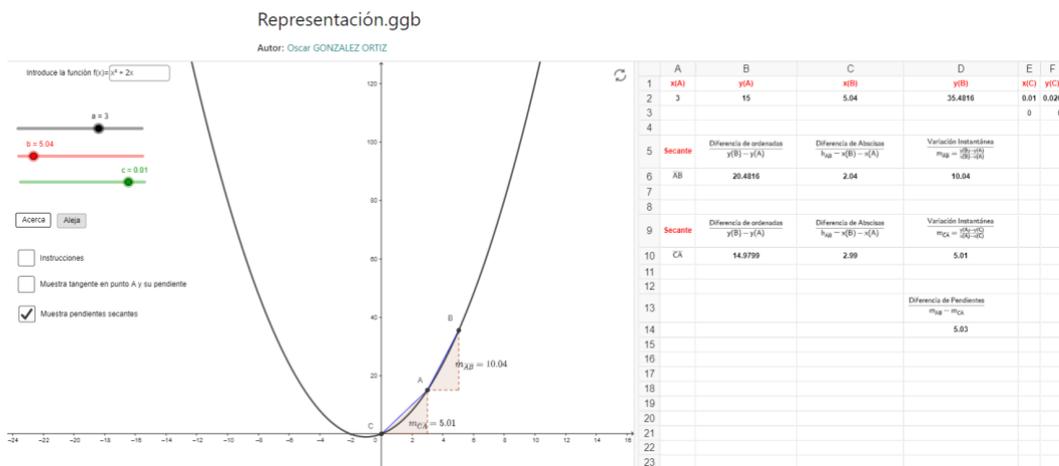


Figura 6. Ejemplo de recursos didácticos migrados para dispositivos móviles.

En cuanto a la posibilidad de establecer una prueba de conocimientos a sus estudiantes, resulta que no tiene soporte telemático que permita que los estudiantes se conecten simultáneamente para contestar un examen. Por lo que ha utilizado exámenes elaborados usando la aplicación de formularios (Google form) para la evaluación de los aprendizajes por medio de exámenes en línea. Se genera así un sitio en el cual los estudiantes son los que desarrollan las actividades y pueden comprobar ellos mismos si sus resultados obtenidos son correctos o no.

Según el profesor, el sistema basado en competencias propone que el examen no puede tener todo el valor de la evaluación del curso. Por lo que en el sistema presencial se tomó el acuerdo con los estudiantes que el examen equivale al 30% de la calificación final, pero nos comenta que sus estudiantes no le dan importancia, ahora con la pandemia se mantiene el porcentaje. Mas aclara que cualquier ejercicio del examen es una actividad resoluble con las apps Photomath o GeoGebra que los estudiantes instalan en su teléfono

móvil. El resto de los parámetros de evaluación son: trabajos en clase, presentaciones, tareas, etc., como lo mostrado previamente (ver figura 7).

The screenshot shows a digital learning platform interface. At the top, there are two tabs: 'Instrucciones' (Instructions) and 'Trabajo del alumno' (Student Work). Below the tabs, there is a pink header bar with a document icon, the text 'Fecha de entrega: 2 abr. 17:00', the title 'Representación Geométrica de la Derivada' in pink, and '15 puntos' with a three-dot menu icon. Below the header, there is a user profile for 'Oscar González Ortiz' with a date '30 mar. (Editado: 3 abr.)'. A horizontal line separates the header from the main content. The main content area contains instructions: 'Abrir el documento Representación geométrica de la derivada.docx. Siga las instrucciones y responda a los planteamientos, al interactuar con el applet Representación.ggb'. Below the instructions, there are two buttons: 'Representación geografía Word' and 'Representación.ggb - GeoG... https://www.geogebra.org/m/nfn...'. At the bottom, there is a section for 'Comentarios de la clase' (Class Comments) with a user profile icon and a text input field 'Agregar un comentario de la clase...' with a right-pointing arrow.

Figura 7. Ejemplo de recurso didáctico tomado de la web.

El acuerdo tácito de la Academia de Matemáticas de la institución es que, dado que el sistema en línea fue improvisado, no debe reprobar nadie; entreguen o no tareas. Por ello, la institución imprime un cuadernillo “Jóvenes en casa” para que entreguen y se les evalúen las asignaturas vía el área orientación vocacional. Pero esto genera un problema académico y legal en diferenciar a los alumnos que no tienen equipo adecuado o no tienen acceso a internet. Así pues, este profesor se encuentra con una disyuntiva que no puede solventar de forma justa.

De los comentarios del profesor se infiere que como regla general se cumple el hecho de que los alumnos que hacían las tareas y trabajos cuando estaban en una situación presencial mantienen su trabajo vía las plataformas.

Con esta situación no presencial se ha producido una disminución de los objetivos de aprendizaje para este curso. El conjunto de objetivos es menor que los establecidos en la situación presencial en el aula.

Analizadas las respuestas de los estudiantes que contestan, el profesor postula que sus estudiantes sólo se preocupan por rellenar el formulario de cualquier manera y entregarlo, y no tiene la sensación de que aprendan. Además, es consciente por comentarios de bastantes estudiantes que instalan aplicaciones de momento y luego las borran porque, según ellos, requieren espacio para su música y juegos en el teléfono.

Lo más sorprendente de ese nuevo trabajo de este profesor no es la carga de trabajo que realiza para intentar mantener el proceso de aprendizaje de sus alumnos. Lo verdaderamente costoso es que dicho profesor recibe una carga administrativa notable pues tiene que rellenar formularios para reportar sus actividades semanales con evidencias, planeación de los dos meses trabajando desde casa, listas de estudiantes que no entregan, diversos reportes, juntas virtuales y reuniones de academia. Es claro que la situación docente de este profesor ha variado notablemente sin la presencia de sus estudiantes en el aula.

En términos generales son las condiciones que la mayoría de los profesores de matemáticas en el nivel medio superior y superior enfrentan para impartir docencia en línea en esta época de pandemia; haremos algunas reflexiones generales al respecto y propuestas para solucionar algunas de estas condiciones.

### **Reflexiones sobre la docencia en la pandemia**

Es importante recalcar que la aparición de las enfermedades asociadas al covid-19 ha tenido poca influencia en el modelo de enseñanza de la educación en línea o a distancia en instituciones que desde su génesis contemplan este tipo de educación. Por ejemplo, la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) de España, como universidad no presencial, ha sufrido el impacto del virus únicamente en dos aspectos de carácter presencial: La asistencia de apoyo tutorial presencial al estudiante demandante en su red de Centros Asociados en el país y el extranjero, que ahora se transformaron en actuaciones en línea sin ningún tipo de sobresalto. La evaluación en las pruebas presenciales que no se pueden hacer en el actual curso académico, y que son sustituidas por hasta cinco tipos de exámenes en línea para ser evaluados según el tipo de materia. Aunque, sin duda, el impacto social y psicológico en el estudiante no presencial es un factor importante.

El covid-19 ha cambiado el modelo de enseñanza de la educación presencial, pues prácticamente la ha dejado sin ningún tipo de discurso. De repente ha sido necesario la actuación en línea de sus profesores puesto que se han quedado sin aula y, prácticamente sin medios, salvo los que cada profesor tuviera personalmente en su hogar. El sistema administrativo presencial no estaba preparado para mutar en sistema en línea, por más que tuviesen ofertas puntuales en la red; y tampoco lo estará en un corto tiempo.

Esta educación emergente en línea se sostiene gracias a las actuaciones sinérgicas de algunos profesores. Esta situación obliga a repensar los métodos tradicionales de enseñanza presencial, es necesario capacitar a los docentes bajo esta nueva perspectiva, que sus actuaciones puedan cambiar de presencial a en línea, establecer un uso adecuado a cada situación posible y un uso racional de las diversas tecnologías de apoyo a la enseñanza y establecer métodos y proyectos de educación totalmente diferentes a los instituidos actualmente. Gran parte de la evolución necesaria se debe a la falta de experiencia-preparación de la actuación docente en línea. Sin duda son profesionales más o menos especializados en los contenidos a enseñar, pero con gran carencia de métodos pedagógicos no presenciales y de actualización en el uso de tecnologías digitales.

La visión del docente como único poseedor de la información y del conocimiento, y la asunción de que el conocimiento era privativo de instituciones académicas, hoy están rotas con el acceso vía Internet a ese conocimiento específico. Al conocimiento se accede de forma abierta y libre. Pero el problema que se presenta hoy es que el estudiante no sabe discernir entre una información confiable y una que no lo es. El profesor, como docente, tiene la gran oportunidad de recomendar al estudiante formas de acceso y marcar las diferencias entre la información fiable y la que no, de todos los contenidos de la red. El profesor debe dejar de ser simple emisor de información y transformarse en guía de formación del estudiante. Esto representa un nuevo estatus profesional que cambia constantemente con cada estudiante.

El impactante desarrollo de las tecnologías de información ha posibilitado la creación de diversas plataformas en internet, las cuales, mediante bases de datos estructuradas, pueden almacenar registros de estudiantes con medición de tiempo de acceso, número de aciertos y fallas, y progresos individuales y colectivos. Plataformas libres o comerciales

resuelven parcialmente el seguimiento del trabajo del estudiante desde el punto de vista administrativo; así los intentos hasta el día de hoy no ofrecen los resultados esperados y podemos apuntalar varias de las posibles fallas en este proceso.

Los docentes del nivel universitario por necesidad iniciaron un periodo intensivo de capacitación que se ha incrementado en estos meses de confinamiento; por ejemplo, en el mes de abril hubo 10.3 millones de inscripciones para cursos en Coursera, un 644% más que en el mismo periodo del año pasado (DeVaney et. al., 2020). Así por iniciativa o por requerimiento laboral los docentes tienen la necesidad de capacitación tecnológica ante una estrategia emergente y abrupta hacia la educación en línea.

En México, la Fundación Carlos Slim proporciona la plataforma “Aprende” (<https://aprende.org>) que tiene convenios de colaboración con varias plataformas MOOC como Academica, Coursera, Udacity, edX, Mitopencourseware. Por ejemplo, la plataforma Khan Academy ofrece un curso de Cálculo Integral y uno de Cálculo Diferencial en idioma español para nivel superior. Otra plataforma MOOC que ofrece cursos es “Mexicox” (<http://www.mexicox.gob.mx>), plataforma de la Secretaría de Educación Pública, a través de la Dirección General de Televisión Educativa, que ofrece cursos para nivel superior impartidos por las principales universidades del país. También existen universidades públicas como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Instituto Politécnico Nacional (IPN) y la Universidad Abierta y a Distancia de México (UnADM) que ofrecen licenciaturas en modalidad no presencial (<https://unadmexico.mx/index.php/licenciaturas/matematicas>; por ejemplo, esta última institución ofrece la Licenciatura en Matemáticas en línea. Los cursos que ofrecen estas universidades son en español.

Aunque instituciones internacionales agrupadas en la iniciativa The Changing Landscape of Online Education (CHLOE) documentan la problemática del aprendizaje en línea o a distancia y una de las principales es el alto índice de deserción en estos cursos universitarios en comparación con el aprendizaje universitario presencial, y comparte con ésta los problemas de acceso, asequibilidad, personalización, tiempo de finalización y calidad en la educación superior (D2L, 2019).

Según la encuesta aplicada por Top Hat (2020) durante el mes de abril a 3,089 estudiantes de educación superior de toda América del Norte, hay una falta de compromiso que el 78% de los usuarios siente sobre la experiencia de aprendizaje en línea en sí y la insatisfacción del 75% expresada en torno a la falta de interacción cara a cara con el profesorado y los compañeros. Los resultados muestran que el 68% considera que la instrucción de emergencia en línea que ha recibido es peor que la instrucción presencial a la que está acostumbrado. Casi el 30% señaló dificultades para navegar por las herramientas de aprendizaje en línea y el 22% tuvo dificultades para acceder a recursos y otros materiales. En cierta medida estos resultados avalan que un estudiante presencial no se transforma fácilmente en un estudiante de enseñanza no presencial, motivos por el cual la situación era estable entre enseñanza presencial y en línea o a distancia antes de la irrupción del covid-19.

Varios especialistas consideran que existen muchos factores involucrados en la enseñanza exitosa y efectiva en línea: desde el diseño del curso, las actividades, el contenido, la presencia del docente, la interacción entre estudiantes y el maestro, la autonomía del estudiante e incluso la gestión del tiempo. En ocasiones, si el ancho de banda es bajo, los profesores o los estudiantes pueden perder la conexión, el video puede verse borroso, el audio con delay o retraso, y surgir otras complicaciones técnicas o de logística frustrantes (Meinecke, 2020); la pregunta es ¿cómo hacer algo diferente?

Un punto oscuro consiste en la atribución de la responsabilidad que cae sobre los docentes sobre la elaboración de materiales para subir a las plataformas. Responsabilidad que la administración universitaria le confiere al docente. En el reporte Class Tag (2020) se encuestaron a 1,274 escuelas públicas y privadas de high school en USA, más de la mitad de los profesores encuestados (56.7 %) afirma que no se sienten preparados para dar clases en línea, el 68.8 % comparte documentos (PDF) con sus alumnos, sólo uno de cada tres docentes planea utilizar grabaciones de video y menos del 13 % dice hacer uso de live streaming. Al indagar las aplicaciones que los profesores están manejando, la mayoría mencionó Google Drive y Google Classroom, mientras que ningún otro producto de instrucción remota logró obtener un porcentaje de utilización mayor al 10 % (Zoom, Skype, etc.). Este panorama es compartido de la misma forma en México, y por supuesto se diferencia por nivel educativo, mientras que para primaria y secundaria la Secretaría de Educación Pública estableció plataformas y medios oficiales, en el mismo sector, pero a nivel privado, cada profesor eligió qué plataforma utilizar.

Uno de los aspectos que más problema causa a los docentes es la evaluación, si bien hay plataformas que permiten elaborar exámenes de opción múltiple, con preguntas abiertas, para subir imágenes de desarrollos, o calificadas mediante rúbricas, la realidad es que retoma un viejo problema en los procesos de enseñanza y aprendizaje. La emergencia covid-19 remarca la necesidad de nuevas formas de evaluación en donde, por ejemplo, será posible realizar una evaluación más integral a través de proyectos.

Con este panorama mundial no podemos esperar ingenuamente una solución global y universal, puesto que la situación requiere actuaciones diferenciadas por nivel educativo y más aún por disciplina. La importancia de la enseñanza de las matemáticas en el preuniversitario y universitario se ha visto influenciado también por esta pandemia. La importancia y la necesidad de las matemáticas y de los matemáticos se reconocen en este momento por sus modelos de propagación del virus. Estos modelos potencializan la necesidad de los conocimientos de cálculo diferencial e integral, que es la materia-herramienta por excelencia para analizar las gráficas de funciones y estudiar la variación de la función modelo. Estamos obligados a retomar problemas, situaciones y métodos que hemos experimentado, estudiado y analizado desde hace más de una década sobre la enseñanza del cálculo y ofertarlas a la comunidad educativa.

Si bien hay muchos artículos en la literatura que analizan planes de estudio de cálculo diferencial e integral y se han definido las competencias que los estudiantes deben adquirir con estos cursos; sin embargo, no se ha enfatizado la necesidad de una cultura matemática o científica básica, que toda persona debería obtener por cuestión de eficacia y de valor cultural. En este sentido entendemos que el cálculo no debería enseñarse como un recetario de fórmulas y métodos aportados por el profesor y que el alumno aplica para resolver problemas sin entender los procesos. Igualmente estamos conscientes que tampoco debería ser un curso excesivamente formal, que sería el otro extremo (Revuz 1968); sin embargo, los ejercicios rutinarios es lo que frecuentemente se solicita a nuestros estudiantes como actividades a entregar vía plataforma. Olvidándonos, ingenuamente, que existen softwares de cálculo simbólico (Mathematica, Matlab, etc.) que realizan las tareas solicitadas; incluso existen aplicaciones para teléfonos móviles que también realizan las tareas por pasos (GeoGebra, Photomath). Por eso nosotros proponemos que para que el aprendizaje sea significativo debe partir de una enseñanza por descubrimiento que tenga algún sentido o algún significado para el estudiante.

Se deberán implementar cursos de actualización docente, en donde se requiere repensar el cálculo y se discutan y analicen conceptos que han mostrado problemas en su enseñanza y aprendizaje, como el de número real, función real, límite, derivada, integral,

área, por mencionar algunos. Estos cursos deberían actualizar al profesor en las diversas propuestas de software en el mercado y al que los estudiantes acceden con o sin consentimiento del profesor como: Photomath, GeoGebra, Derive, Alpha Mathematica, Graph, Matlab, entre otros. Nuestra propuesta es que se debe enseñar a diseñar actividades didácticas con un uso racional de estos programas.

Este es un proceso complicado porque para el profesor requiere un cambio profundo en el discurso escolar que rige la relación maestro-alumno, en donde como hemos mencionado el profesor deja de ser el poseedor del conocimiento que debe revelar al estudiante, puesto que el alumno accede al mismo a través de diversos recursos en internet (videos, libros, tareas, multimedia, etc.); debido a ello el profesor deberá ser una persona experimentada en su disciplina pero que fortalezca la libertad de exploración de los contenidos. Por otra parte, la solución no está en redactar nuevos libros de texto tradicionales, ya que muchos de los libros actuales pueden descargarlos como archivos PDF convirtiéndose en otro material más de apoyo.

Por el contrario, debería de significar los conceptos del cálculo a través de la resolución de problemas. Por ejemplo, se puede solicitar a un alumno que además de resolver la integral del  $\sin(3x)$ , pueda responder a preguntas como: ¿qué es la  $\int \sin(3x)dx$ ? En la solución de  $\int \sin(2x)dx = -\frac{1}{2}\cos(2x) + c$  ¿es necesaria la constante de integración  $c$ ?

También ha quedado evidenciado que existe una gran carencia de textos digitales o libros de texto electrónicos de acceso libre. Resulta ingenuo digitalizar los textos tradicionales de matemáticas, como cálculo, geometría y más, al formato PDF y establecer actividades con lectura y resolución de problemas, con hojas seleccionadas del mismo libro, cuando los mismos no han resuelto gran parte de la problemática educativa (Revus 1968, 2). Por el contrario, debería de conformarse grupos de interdisciplinarios para la creación de nuevos libros de texto digitales en donde se considere al conocimiento matemático como una construcción que emerge de las prácticas sociales de humanos. Freudenthal (1968) propone la necesidad imprescindible de proporcionar el conocimiento matemático como una actividad que derive del quehacer humano; como una matematización de contextos; y como una matemática para todos. Textos que cumplan con la transversalidad de saberes en donde la matemática muestre su aplicación para ellos. Esto crea un paradigma en donde el nuevo libro de texto digital tiene que repensarse desde su gestación y proyecto.

Los libros digitales no deben presentar a la matemática como algo totalmente establecido, sino como algo que puede ser redescubierto (Revus 1968, 1), lo cual será posible si en lugar de presentarlos en el orden tradicional se presentan en proyectos de investigación o acción a realizar (Cuevas y Pluinage, 2003). Por ejemplo, ¿Cómo se lee y analiza una gráfica que ilustra la propagación del covid-19? Este problema daría pauta a introducir gran parte de los conceptos básicos del cálculo.

Los libros digitales deberían ser interactivos, de manera que los conceptos matemáticos que se presenten sean posibles de experimentarlos con algún software asociado. Por ejemplo, evaluar una función  $f(x)$  en números específicos y que el software evalúe la respuesta y retroalimente promoviendo la articulación entre los diversos registros de representación semiótica asociados, situando la respuesta del alumno en puntos que pueden estar por debajo y por encima de la gráfica de  $f(x)$ . Donde el alumno pueda constatar visualmente si su respuesta es correcta o no, gráfica, algebraica y numéricamente. Dar oportunidad al alumno de errar y corregir el mismo sus propios errores. En contraste, la mayoría de los problemas que aparecen en los libros de cálculo

indican: “Mostrar que...”, “Comprobar que...”, pero muy pocas veces: “Indagar y contextualizar”, “Explicar el significado de...”

Los libros digitales deberán permitir ligas donde el tema a enseñar pueda extenderse a aplicaciones del concepto matemático en diversos contextos; deberán proponer más que temas secuenciados, proyectos de investigación y de acción para la resolución de problemas.

Los libros digitales deben mostrar que la matemática es parte de la cultura básica de un individuo y que son necesarias y útiles para interpretar y entender el mundo que los rodea (Freudenthal 1968, 4). Mostrar que los conceptos matemáticos son tan generales que pueden interpretar o aplicarse a diversas disciplinas o ciencias. Por ejemplo, la derivada, puede exponerse como velocidad instantánea, razón de cambio, costo marginal, entre otros. (Ibidem, 5). Los libros deberán habilitar a la creación de modelos que matematicen una realidad y una vez creado el modelo regresar a la realidad para comprobar el modelo.

Esta propuesta por supuesto requiere de un trabajo considerable, pero ¿no es lo que la educación en línea plantea como educación personalizada y avance individual? El objetivo es incorporar proyectos de prácticas sociales que le permitan al alumno explorar problemas de contextos más reales, pasar gradualmente del fenómeno natural o social a una modelación matemática, llegar a realizar abstracciones y operar con objetos abstractos como son los conceptos de cálculo, experimentar diversidad de soluciones y retornar a dar un significado a su resultado en el contexto inicial del problema real, esto apoyado precisamente por las tecnologías digitales (Cuevas, Villamizar & Martínez, 2017).

Aprendamos de los físicos que ante un problema complejo lo dosifican, como por ejemplo para enseñar las leyes que rigen la caída libre, primero resuelven el problema considerando objetos sin peso y sin resistencia, luego gradualmente lo van complicando, involucrando al peso y la resistencia del aire, con la idea de que la complejidad aritmética o algebraica no oculten al concepto que se busca estudiar y comprender. El otro extremo lo tenemos con algunas escuelas de sociales o ingeniería que buscan aplicaciones inmediatas, lo que a veces convierte a una enseñanza de la matemática que limita una visión profunda de las herramientas utilizadas y de significado a los objetos matemáticos por lo que después el estudiante no puede aplicarlo en contextos distintos al enseñado.

Se requiere poner a disposición de los estudiantes materiales de estudio diseñados exprofeso para el aprendizaje autónomo y en línea. De programas de estudio acompañados de aplicaciones informáticas, diseñadas a partir de los principios del software educativo. Es decir, con un diseño instruccional basado en alguna propuesta didáctica explícita, software interactivo y con retroalimentación puntual. Un módulo de información matemática fiable y supervisado. Sistemas o micromundos con propuestas didácticas como, por ejemplo, Calcvisual, o programas puntuales de la biblioteca de GeoGebra que ilustran gráficamente conceptos, como límite, derivada e integral.

Se recomienda una búsqueda y revisión de las diversas propuestas de software educativo preferentemente con las siguientes características: De acceso libre, con retroalimentación, con información matemática fiable y graduada, software con capacidad para elaborar micromundos, sencillo de instalar y de instrumentar, que se pueda ejecutar en diversas plataformas, que sea capaz de ejecutarse en diversos dispositivos digitales, incluyendo los Smartphones, y capaz de fomentar el aprendizaje autónomo.

Además, los estudiantes deben contar con materiales educativos auxiliares: Programas y videos de preferencia interactivos e interdisciplinarios o transversales en donde la

matemática a enseñar sea aplicada en diversos contextos de interés para el educando, como biología, química, física, economía, etc. El curso deberá ser lo suficientemente flexible para que cada estudiante pueda avanzar a su propio ritmo de aprendizaje, y dar libertad al espíritu para crear.

## Conclusiones

Las dos descripciones de la praxis docente de los profesores que se presentaron avalan la dificultad de mantener un perfil de docente presencial en una actuación a distancia, aunque sea mediada por una tecnología telemática exquisita. No se puede creer que, por el simple hecho de cambiar el medio de comunicación, lo demás puede permanecer constante. Es en estas situaciones traumáticas donde se percibe la importancia de una correcta planificación dentro del marco de una educación a distancia o en línea.

Un paradigma comunicativo nos puede hacer entender lo que pensamos en cuanto a las actividades docentes a distancia. Imaginemos un profesor muy competente y buen comunicador en el aula, que es llevado a un escenario principal con un aforo numeroso. Quizás este profesor se sienta incómodo al hablar a una multitud. Aunque esta situación es imaginable, también se puede suponer llevarlo a la radio, o a la televisión. Probablemente todas las herramientas didácticas que atesora no podrá utilizarlas en ese medio, se sentirá inseguro al no percibir en los rostros de los alumnos si lo que enseña les hace o no sentido. De forma análoga al profesor que se le cambia el medio presencial para uno telemático puede sentir que sus estrategias didácticas no funcionan.

Si el cambio afecta notablemente al profesor, cabe entender que también afecta notablemente a los estudiantes en las actividades docentes a distancia.

Imaginemos notablemente al estudiante, que está acostumbrado a disponer del profesor de una manera amena y cercana; en el aula y con cierta resistencia al aprendizaje autónomo. No podemos suponer que un estudiante de este tipo se adapte fácilmente a una enseñanza en línea por el simple hecho de cambiar el medio de comunicación o al profesor en línea, requiere de mucho tiempo y esfuerzo personal.

Un cambio de presencial a no presencial no es una simple transformación ingenua de medios, si no toda una evolución, y como toda evolución requiere bastante tiempo, por tanto, esto no vislumbra un éxito si ese cambio se ejecuta por decreto administrativo. Ahora bien, el cambio depende en gran medida del acceso de los usuarios a la plataforma, de una conexión eficiente a internet y de un servicio eléctrico constante, entre otros. La realidad desdibujada por el Covid-19 es que estas condiciones comunicativas distan mucho de existir en todas las regiones de México. Por ejemplo, la zona oriente del Estado de México, es una zona conurbana cercana a la Ciudad de México caracterizada por la deficiencia en servicios básicos y donde se ubican las instituciones donde laboran los profesores que compartieron sus experiencias.

Podemos aprovechar el problema creado por esta pandemia para repensar nuestras formas tradicionales de enseñanza, reflexionar sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, cuestionar los recursos tradicionales en la educación matemática y realizar un cambio sustancial en la práctica docente

De manera que está claro que incluso la mejor tecnología solo juega un papel de apoyo y que no resuelve el problema de la enseñanza y aprendizaje de la matemática por sí misma y que incluso un uso no adecuado puede complicar más que ayudar a la práctica escolar.

Se requiere mostrar a la matemática como una herramienta que ayude a entender el mundo, los procesos sociales y técnicos de la humanidad y que a la vez se muestre, además, como una de las más grandes aportaciones de la humanidad al espíritu humano. Es la experiencia de humanizar los procesos de aprendizaje lo que permitirá incorporar la aportación docente más allá de la información, conocimiento o guía; lo que hará que el aprendizaje realmente cobre vida y sentido.

Nuestro país México es un país de grandes contrastes y diferencias sociales y económicas y por ende es posible que parte de la educación privada no comparta la problemática aquí mostrada, sin embargo, la carencia de materiales verdaderamente didácticos y dirigidos a una educación en línea sigue siendo una verdad incuestionable.

## Referencias

- Clemente, A. (2019). Solo 1 de cada 10 aspirantes a licenciaturas de la UNAM alcanzaron lugar. *El Financiero*. Recuperado de: <https://www.elfinanciero.com.mx/nacional/unam-rechaza-al-90-de-aspirantes-en-nivel-licenciatura>
- Cuevas, C.A. & Mejía, H.R. (2003). *Cálculo Visual*. México: Oxford University Press. (1ª edición), pp. 303.
- Cuevas-Vallejo, A., Pluvinae F., & Martínez, M. (2012). Promoviendo el pensamiento funcional en la enseñanza del cálculo: un experimento con el uso de tecnologías digitales y sus resultados. *Annales de didactique et de sciences cognitives*, 17, 137–168.
- Cuevas-Vallejo, A., & Pluvinae, F. (2013). Investigaciones sobre la enseñanza del cálculo. *El Cálculo y su Enseñanza*, 4, 57–82.
- Cuevas-Vallejo, C.A., Villamizar-Araque, F.Y. & Martínez-Urbe, A. (2017). Actividades didácticas para el tono como cualidad del sonido, en cursos de física del nivel básico, mediadas por la tecnología digital. *Enseñanza de las Ciencias*, 35(3), 129–150.
- DeVaney, J., Shimshon, G., Rascoff, M. & Maggioncalda, J. (2020). Higher Ed Needs a Long-Term Plan for Virtual Learning. *Harvard Business Review*. Recuperado de: <https://hbr.org/2020/05/higher-ed-needs-a-long-term-plan-for-virtual-learning>
- Freudenthal, Hans. (1968). Why to teach Mathematics so as to be useful. *Educational Studies in Mathematics*, 1, 3–8. Doi: 10.1007/BF00426224.
- IPN. (2020). Informe sobre el plan de conclusión del semestre 20-2 y el inicio del semestre 21-1. Recuperado de: <https://www.ipn.mx/assets/files/ccs/docs/noticias/2020/05/comunicado2.pdf>.
- Jiang, M. (2020). Video chat is helping us stay employed and connected. But what makes it so tiring - and how can we reduce 'Zoom fatigue'? *The BBC*. Recuperado de: <https://www.bbc.com/worklife/article/20200421-why-zoom-video-chats-are-so-exhausting>
- Revus, André. (1968). Les pièges de l'enseignement des mathématiques. *Educational Studies in Mathematics*, 1, 31-36.
- Silagadze, M. (2020). Top Hat launches free virtual classroom capabilities to help educators better engage and motivate Higher Ed students. *Education Dive*. Recuperado de: <https://www.educationdive.com/spons/top-hat-launches-free-virtual-classroom-capabilities-to-help-educators-bett/577128/>
- Villafuerte, E. (2020). El aprendizaje remoto enfrenta otro reto: el profesorado no está preparado para la enseñanza en línea. *Observatorio de Innovación Educativa*. Recuperado de: <https://observatorio.tec.mx/edu-news/profesorado-no-esta-preparado-para-educacion-online>.