

# Teaching and research in plant health in times of COVID-19

## La enseñanza e investigación en fitosanidad en tiempos de COVID-19

**Alma Rosa Solano-Báez**, Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Los Mochis, Boulevard Macario Gaxiola y Carretera Internacional s/n Los Mochis, Sinaloa, CP 81223, México; **Fernando Lara-Rojas, Guillermo Márquez-Licona\***, Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Carretera Yautepec-Jojutla, Km. 6, Calle CeProBi No. 8, Colonia San Isidro, Yautepec, Morelos, CP 62731, México. \*Corresponding author: gmarquezl@ipn.mx

Received: February 25, 2021.

Accepted: March 28, 2021.

Solano-Báez AR, Lara-Rojas F and Márquez-Licona G. 2021. Teaching and research in plant health in times of COVID-19. Mexican Journal of Phytopathology 39(4): 410-420.

DOI: <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2021-16>

**Abstract.** The current pandemic caused by the SARS-CoV-2 virus has led to radical changes in the teaching and research of *plant health*. Confinement forced us to make a rapid transition from the in-person model to virtual environments using different digital platforms such as Google, Microsoft Teams, Blackboard, Moodle. Research activities were planned based on a strict access schedule for students and academics when using research facilities. Theoretical subjects were taught in completely virtual settings, incorporating playful learning tools such as ‘*flipped classroom*’ and *gamification*. In theoretical-practical subjects, such as *Introduction to Plant Pathology*, new teaching schemes were designed. The most successful and innovative model was to take the laboratory to the student’s home. Students used conventional

**Resumen.** La pandemia actual causada por el virus SARS-CoV-2 ha originado un cambio radical en la enseñanza e investigación en *Fitosanidad*. El confinamiento obligó una rápida transición de un modelo presencial a un ambiente virtual mediante diferentes plataformas digitales como Google, Microsoft Teams, Blackboard, Moodle. En investigación, las instituciones programaron actividades mediante estricta calendarización de ingresos de alumnos y académicos. Las materias teóricas se impartieron completamente virtuales incorporando herramientas de aprendizaje lúdicas como ‘*aula invertida*’ y la *gamificación*. En asignaturas teórico-prácticas, como *Introducción a la Fitopatología*, se diseñaron nuevos esquemas de enseñanza. El modelo más exitoso y novedoso fue ‘llevar’ a casa del alumno el laboratorio de prácticas. Cada alumno adecuó diferentes materiales convencionales para realizar aislamientos e identificación de hongos fitopatógenos a través del *Foldscope*. Un microscopio de papel con resolución de hasta dos micras, con un precio menor a 200 MXN. La innovación de la enseñanza-aprendizaje puede optimizar el modelo de videoconferencia comúnmente adoptado.

materials to isolate and identify phytopathogenic fungi through the *Foldscope*, a paper microscope with a resolution of up to two microns, priced less than 200 MXN. Teaching-learning innovation can improve the commonly adopted model of video conferences.

**Key words:** Foldscope, digital platforms, gamification of learning, SARS-CoV-2

### COVID-19 and essential activities

The current pandemic caused by the SARS-CoV-2 virus has led to radical changes in the way we relate to others. Psychological and mental health problems are expected to arise during and after the pandemic (Antiporta and Bruni, 2020). Across the world, teaching and research activities made a sudden transition from the in-person model to a virtual one using different digital platforms (ECLAC, 2020). Following the declaration of an international public health emergency by the World Health Organization (WHO), unprecedented mitigation and preventive measures were adopted throughout the world, including the closure of non-essential socio-economic activities, social distancing, and voluntary or compulsory confinement of the population, enforced by the threat of imprisonment or heavy fines. These strategies affected all scientific areas and plant health was no exception. In Mexico, public health authorities implemented voluntary confinement on March 23, 2020 (DOF, 2020). In the face of the resulting confusion and uncertainty, phytosanitary teaching and research activities were almost completely paralyzed in several institutions, together with all non-essential activities. However, since agricultural production was classified as an essential activity, and plant health is a crucial discipline for the establishment of plant safety,

**Palabras clave:** Foldscope, plataformas digitales, gamificación del aprendizaje, SARS-CoV-2

### COVID-19 y actividades esenciales

La pandemia actual causada por el virus SARS-CoV-2 ha originado un cambio radical en la forma en que nos relacionamos con los demás, incluso se esperan problemas psicológicos y de salud mental durante y después del desarrollo de la pandemia (Antiporta y Bruni, 2020). La enseñanza e investigación a nivel global transitó súbitamente de un modelo presencial a uno virtual, a través de diferentes plataformas digitales (CEPAL, 2020). A partir de la declaratoria de emergencia en salud pública internacional por la Organización Mundial de la Salud (OMS) se adoptaron medidas de mitigación y prevención sin precedente a nivel mundial, incluyendo cierre de actividades socio-económicas no esenciales, distanciamiento social y confinamiento de la población voluntario u obligatorio coaccionado con encarcelamiento o multas onerosas. Estas estrategias, afectó todas las áreas científicas y la fitosanidad no fue la excepción. En México, las autoridades de salud pública, implementaron el confinamiento voluntario el 23 marzo del 2020 (DOF, 2020). Ante el desconcierto e incertidumbre, la enseñanza e investigación fitosanitaria en varias instituciones quedó paralizada casi por completo, al igual que todas las actividades consideradas no esenciales. Sin embargo, la producción agrícola fue categorizada esencial dentro del modelo COVID-19 preventivo, por lo tanto, siendo la fitosanidad una disciplina fundamental para programas de inocuidad, calidad y sanidad productiva, estimuló la reanudación de actividades en instituciones de educación e investigación pública enfocadas a esa disciplina de forma discrecional, e incluso algunas no cesaron sus actividades. Siempre aplicando las medidas preventivas establecidas por la Secretaría

quality, and productive health programs, different public institutions were motivated to resume, in a discretionary manner, education and research activities focused on plant health. Some of these institutions never ceased to carry out such activities, following the preventive guidelines issued by the Secretary of Health. The essential nature of plant health studies was explicitly recognized by the United Nations with the “2020, International Year of Plant Health” (see Letter to the Editor from Jorge Gutiérrez. Editor’s Note).

In Mexico, agricultural activities were not suspended during the pandemic. Primary productive activities maintained their usual rhythm. However, some production chains were affected by the disruption of transport networks and the supply of highly specialized inputs (e.g., fertilizers, pesticides, packaging materials, etc.). The agricultural sector was the only one that maintained a positive growth rate during the pandemic, proving that food production is essential for humanity. Despite the increasing loss of human life from SARS-CoV-2 and the collapse of national economies throughout the world, global demand for food continued to increase. Nevertheless, society does not understand the full economic and social value of agriculture. In many countries, agricultural production has even been undermined as a hindrance to modernity, compromising self-sufficiency and food security. The current pandemic has shown the fragility of economies based mostly on services and tourism, with large, high-income cities suffering from food shortages, whereas economies with a tradition of primary production activities, including rural communities, were able to remain self-sufficient.

### **The reaction of the plant health academic sector**

As weeks of confinement went by and the global pandemic did not seem to yield to mitigation

de Salud. Explícitamente, el carácter esencial de la fitosanidad fue reconocida por la Organización de las Naciones Unidas con el ‘2020 Año Internacional de la Sanidad Vegetal’ (ver Carta al Editor de Jorge Gutiérrez. Nota del Editor).

En México, las actividades agropecuarias no han sido suspendidas durante el desarrollo de la pandemia. Los eslabones primarios productivos han mantenido su ritmo. Sin embargo, algunas cadenas fueron afectadas por la ruptura de suministros de insumos altamente especializados (p.e., fertilizantes, pesticidas, material de empaque, etc.) y ciertas cadenas de transporte. Por esta razón, este sector ha sido el único que ha mantenido una tasa de crecimiento positivo durante la pandemia probando que la producción de alimentos es fundamental para la humanidad. A pesar de la creciente pérdida de vidas humanas por SARS-CoV-2 y el colapso de las economías, la demanda global de alimentos continúa incrementándose. No obstante, la sociedad no percibe el valor económico y social de la agricultura, y en muchos países incluso desarticulada estructuralmente bajo la premisa de modernidad comprometiendo la autosuficiencia y seguridad alimentaria. Actualmente, la pandemia ha evidenciado la fragilidad de economías basadas fuertemente en servicios y turismo, con grandes urbes, de alto poder adquisitivo, padeciendo desabasto de alimentos. Mientras que economías con tradición productiva primaria, incluyendo las comunidades rurales, mantuvieron su autoabastecimiento.

### **La reacción del sector académico fitosanitario**

Conforme las semanas de confinamiento avanzaron y la pandemia global no parecía ceder a las acciones de mitigación, la inminente necesidad de continuar con la enseñanza e investigación impulsó a retomar las actividades. Las condiciones adversas despertaron la creatividad y en un periodo corto se

measures, the need to continue teaching and research in plant health prompted a resumption of academic activities. Adversity bred creativity and in a short period, there was a revolution in teaching and research in plant health. There were contrasts, of course, depending on the capacity for resilience and leadership among institutions and individuals. The rapid adaptation to the 'new normality' made it possible to resume academic and research activities, in some cases with greater impetus, to make up for the time lost during the period of confinement. Although the health sector had not faced a health crisis of this magnitude since the middle of the last century, its response was quick and effective. There are indeed areas of opportunity, but we appreciate the public benefits of establishing flexible guidelines that allowed for the partial opening of economic activities, the voluntary nature of confinement, and the resumption of in-person research activities, all without increasing public debt.

In the case of research activities in the phytosanitary area, mainly in postgraduate studies, the relevant academic institutions reopened activities under a strict access schedule for staff, students, and academics. Hybrid schemes (in-person/remote) and alternate working schedules for academics were used to ensure the continuity of tutoring and research projects. This was meant to reduce the risk of contagion in educational facilities. As part of the 'new normality', comprehensive sanitary protocols were put in place to regulate access, movement, permanence, and performance of essential activities inside academic facilities.

### **Teaching during confinement**

Teaching theoretical subjects under the conditions imposed by the pandemic was a major challenge, having to transition from in-person to remote settings in a matter of days.

generó una revolución en la enseñanza e investigación en fitosanidad, lógicamente con contrastes en función de la capacidad de resiliencia y de liderazgos institucionales e individuales. La rápida adaptación a la 'nueva normalidad' permitió retomar las actividades académicas y de investigación, en algunos casos con más fuerza, con el propósito de recuperar el tiempo perdido durante el periodo de confinamiento. Aunque desde mitad del siglo pasado no habíamos enfrentado a un evento pandémico de esta magnitud, la capacidad de repuesta del sector salud fue rápida y eficaz. Es cierto que existen áreas de oportunidad, pero confiamos en las directrices que han permitido el cierre parcial de las actividades económicas, el carácter voluntario del confinamiento y la permisividad para desarrollar actividades de investigación de forma presencial y sobre todo sin endeudamiento público.

En el caso de las actividades de investigación en el área fitosanitaria, principalmente en postgrados, las instituciones programaron el reinicio de actividades mediante estricta calendarización de ingresos de personal, alumnos y académicos. De igual forma, se optó por esquemas híbridos (presencial/remoto) para la continuidad y tutoría de los proyectos de investigación, así como esquemas de alternancia académica. Lo anterior con el propósito de reducir riesgos de contagio dentro de instalaciones educativas. Del mismo modo, para reforzar la sanidad dentro de las instalaciones, fue necesario el desarrollo e implementación de planes integrales para el regreso a las actividades en el esquema de la 'nueva normalidad', en los cuales se incluyeron protocolos para el ingreso, desplazamiento, permanencia y conducción de actividades esenciales.

### **La enseñanza durante el confinamiento**

La enseñanza teórica en el esquema de la nueva modalidad representó un reto importante, al pasar

However, the change was manageable due to the availability of digital platforms for the creation and administration of virtual classrooms (Table 1), videoconferencing (Table 2), and remote storage (Table 3). The large offer of connectivity and payment services in Mexico favored this digital

de un esquema presencial a uno remoto en días. Sin embargo, el cambio fue manejable debido a la disponibilidad de plataformas digitales para la creación y administración de aulas virtuales (Cuadro 1), aplicaciones de videoconferencias (Cuadro 2) y almacenamiento remoto (Cuadro 3), mismas que

**Table 1. Main digital systems for using virtual classrooms in a web environment.**  
**Cuadro 1. Principales sistemas digitales para la impartición de aulas virtuales en un entorno web.**

Sistema	Descripción	Vínculo digital
Classrom (Google)	Plataforma que permite crear aulas virtuales	<a href="https://edu.google.com/intl/es/products/classroom/">https://edu.google.com/intl/es/products/classroom/</a>
Microsoft Teams	Plataforma con diferentes herramientas para el trabajo colaborativo	<a href="https://www.microsoft.com/es-mx/microsoft-teams/group-chat-software">https://www.microsoft.com/es-mx/microsoft-teams/group-chat-software</a>
Blackboard Learn	Sistema de gestión de aprendizaje (aula virtual).	<a href="https://www.blackboard.com/es-lac/teaching-learning/learning-management/blackboard-learn">https://www.blackboard.com/es-lac/teaching-learning/learning-management/blackboard-learn</a>
Moodle	Herramienta de gestión de aprendizaje de distribución libre.	<a href="https://moodle.org/?lang=es">https://moodle.org/?lang=es</a>

**Table 2. Digital systems for video conferencing in a web or mobile phone environment.**  
**Cuadro 2. Sistemas digitales para videoconferencias en un entorno web o telefonía móvil.**

Sistema	Vínculo digital
Meet	<a href="https://meet.google.com/">https://meet.google.com/</a>
Microsoft Teams	<a href="https://www.microsoft.com/es-mx/microsoft-teams/group-chat-software">https://www.microsoft.com/es-mx/microsoft-teams/group-chat-software</a>
Zoom	<a href="https://zoom.us/">https://zoom.us/</a>
Skype	<a href="https://www.skype.com/es/">https://www.skype.com/es/</a>
Webex	<a href="https://www.webex.com/es/index.html">https://www.webex.com/es/index.html</a>

**Table 3. Free cloud data storage services.**  
**Cuadro 3. Servicios gratuitos de almacenamiento de datos en nube virtual.**

Servicio	Capacidad de Almacenamiento Gratuito o Básico	Vínculo digital
Drive (Google)	15	<a href="https://drive.google.com/">https://drive.google.com/</a>
One Drive (Microsoft)	5	<a href="https://www.microsoft.com/es-mx/microsoft-365/onedrive/compare-onedrive-plans?activetab=tab:primaryr1">https://www.microsoft.com/es-mx/microsoft-365/onedrive/compare-onedrive-plans?activetab=tab:primaryr1</a>
Dropbox (Dropbox™)	2	<a href="https://www.dropbox.com/es/basic">https://www.dropbox.com/es/basic</a>
ICloud (Apple)	5	<a href="https://www.apple.com/mx/icloud/">https://www.apple.com/mx/icloud/</a>
Box (Box™)	10	<a href="https://www.box.com/es-419/pricing/individual">https://www.box.com/es-419/pricing/individual</a>
Mega	50	<a href="https://mega.nz/">https://mega.nz/</a>

migration. While it is true that digital strategies have limitations, such as the digital divide, due to socioeconomic reasons, between urban and rural areas, digital tools made it possible to keep postgraduate academic programs going during the pandemic. In some cases, in which students did not have access to an electronic device, institutions such as the National Polytechnic Institute made a call to provide computer equipment to low-income students so that they could continue with their academic training. Teachers who for some reason did not have portable computer equipment received support too, while other institutions allowed them to take institutional computer equipment to their homes. One of the lessons of the current pandemic is that having access to an electronic device connected to the internet is no longer a luxury but an essential part of everyone's productive activity.

A disadvantage of remote teaching is the impossibility to use the blackboard. Although virtual classroom platforms have a digital blackboard, its use represents a technological challenge that not all teachers can face easily. Another important challenge of virtual teaching is that during the projection of slides, we lose visual contact with the students, which makes it difficult to assess how much attention are they paying. In large groups, it can be difficult to keep the attention of the students through questions directed to each one of them. However, the flipped classroom model (O'Flaherty and Phillips, 2015) can be a valuable tool to overcome this disadvantage, putting the responsibility for his academic training on the student himself, always under the strict supervision of the teacher. This strategy makes theoretical classes more dynamic and awakens in the students interest to investigate for themselves. Another important tool to awaken the interest of students is the gamification of learning using digital applications (Table 4). Educational gamification is

han tenido un rol imprescindible en la continuidad de la enseñanza e investigación en todas las áreas de conocimiento. La amplia oferta de servicios de conectividad y costos en México favoreció esta migración digital. Si bien es cierto que las estrategias digitales tienen sus limitaciones, como la brecha digital por razones socioeconómicas en entornos rurales, su implementación durante la pandemia permitió cumplir con los programas académicos del postgrado. En algunos casos donde los estudiantes no tenían acceso a un dispositivo electrónico, instituciones como el Instituto Politécnico Nacional lanzaron una convocatoria para proveer de equipos de cómputo a alumnos de escasos recursos, a fin de que estos pudieran continuar con su formación académica. De igual forma, se apoyó a profesores que por alguna razón no contaban con equipo de cómputo portátil, mientras que en otras instituciones se les permitió trasladar equipos de cómputo institucional a los hogares de profesores. Este escenario deja como enseñanza que, en la actualidad, el acceso a un dispositivo electrónico con conexión a internet ha dejado de ser un lujo y se ha convertido en un equipo primordial de productividad.

Una desventaja de la impartición remota de clases es la imposibilidad de hacer uso del pizarrón. Aunque las plataformas para la creación de aulas virtuales cuentan con una pizarra, su uso representa un reto tecnológico al que no todos los docentes nos enfrentamos de forma natural. Otro reto importante de las clases virtuales es que durante la proyección de las diapositivas perdemos contacto visual con los alumnos, por lo que es complicado tener control de la atención prestada. Cuando se trata de grupos numerosos puede ser complicado mantener la atención de todos los alumnos mediante preguntas dirigidas a cada uno de ellos. Sin embargo, los esquemas de aula invertida (O'Flaherty y Phillips, 2015) pueden ser una herramienta valiosa para revertir esta desventaja, devolviéndole al estudiante la

**Table 4. Digital systems for the gamification of virtual learning.  
 Cuadro 4. Sistemas digitales para la gamificación del aprendizaje virtual.**

Sistema	Descripción	Enlace
Genially	Software en línea que permite crear presentaciones animadas e interactivas	<a href="https://www.genial.ly/es">https://www.genial.ly/es</a>
Kahoot	Sistema que permite la creación de cuestionarios de evaluación	<a href="https://kahoot.com/schools-u/">https://kahoot.com/schools-u/</a>
Quizlet	Aplicación móvil educativa	<a href="https://quizlet.com/es">https://quizlet.com/es</a>
Canva	Software y sitio web de herramientas de diseño gráfico simplificado	<a href="https://www.canva.com/">https://www.canva.com/</a>

a pedagogical strategy that fosters communication and commitment in students in an environment that combines formal and informal elements. As its name implies, it is based on the combination of recreational activities and learning (Marín, 2015).

### Phytopathology practices in a digital environment

The most important challenge in phytosanitary education under the ‘new normality’ scheme is the one posed by theoretical-practical subjects. An example of this is the *Introduction to Plant Pathology* course. In a situation in which students cannot use institutional laboratories, innovative strategies must be developed. In this case, we designed a functional system for carrying out virtual laboratory practices. The students were asked to obtain certain materials that could replace the equipment that is commonly used in-person mycology practices. For example, a lighter or alcohol lamp can easily be substituted for a small, clean glass jar with a lid and a cotton wick. A wool needle attached to a wooden toothpick can serve as a dissecting needle. Sterile distilled water can be substituted for boiled bottled water. A piece of copper tube can be used as a punch, etc. In this way, it was only necessary to send the students certain difficult-to-obtain materials such as sterile blotting

responsabilidad de su formación académica, siempre bajo el estricto seguimiento del docente. La estrategia anterior vuelve las sesiones teóricas más dinámicas y despierta el interés investigativo de los estudiantes. Otra herramienta importante para despertar el interés de los alumnos es a través del uso de aplicaciones digitales que permiten la gamificación del aprendizaje (Cuadro 4). La gamificación educativa es una estrategia pedagógica que introduce conectividad y compromiso en los estudiantes que al mismo tiempo busca la unión entre un entorno formal y uno no formal, ya que se basa en la unión de actividades lúdicas y aprendizaje (Marín, 2015).

### Prácticas de Fitopatología en un entorno digital

El desafío más importante en la enseñanza de la fitosanidad, en el esquema de la ‘nueva normalidad’, son las materias Teórico-Prácticas. Un ejemplo de estas es el curso de *Introducción a la Fitopatología*. Bajo la situación actual, en donde los alumnos no pueden asistir a laboratorios se deben establecer estrategias innovadoras. En este caso, es posible diseñar un sistema funcional para la impartición de prácticas virtuales. En este sistema se solicitó a los alumnos conseguir ciertos materiales que pudieran sustituir al equipo que comúnmente se utiliza en prácticas presenciales de *micología*.

paper, coverslips, slides, an aliquot of lactic acid, etc. This made it possible to carry out some practices through virtual monitoring. Each student's house became a phytopathology laboratory, where it was even possible to isolate phytopathogenic fungi. Each student, from the safety of their home, made temporary and semi-permanent preparations that they were then able to observe using a paper microscope called Foldscope (<https://www.foldscope.com/>) (Parada-Sanchez *et al.*, 2018). This origami microscope has a resolution of up to 2 microns, allows to know the magnification at which the observation is made, and can be purchased online for less than MXN 200. It is assembled following the instructions provided by the manufacturer and allows to observe semi-permanent preparations that are inserted into it. Mounted slides can be observed against the light simply by bringing the device close to the user's eye. When natural light is insufficient, the equipment has an included lighting system that is attached to the paper microscope, allowing to observe the preparations even in dark conditions. The equipment also allows projecting the slides onto a flat surface using the 'flash' of a cellular phone as a projector. The microscope can also be attached to the lens of any cellular equipment, thanks to the magnets that surround the microscope lens, so that students were able to capture the images of the organisms under study (Figure 1). These images were integrated into a conventional report of laboratory work. For more information on the use of the Foldscope, consult the user guide at <https://www.foldscope.com/user-guide/>. The Foldscope has been used throughout the world for different scientific applications (<https://www.foldscope.com/research>). Another innovative experience in practical Phytopathology work, using virtual traceability, can be found in the work of María del Milagro Granados in this Section (Editor's Note).

Por ejemplo, un mechero o lámpara de alcohol, puede fácilmente sustituirse por un frasco pequeño de cristal con tapa, limpio y usar una mecha de algodón. Una aguja lanera adherida a un palillo de madera puede fungir como aguja de disección, el agua destilada estéril puede sustituirse por agua de garrafón hervida, como sacabocados se puede usar un fragmento de tubo de cobre, etc. De esta forma, solo fue necesario enviar a los alumnos ciertos materiales difíciles de conseguir como papel secante estéril, cubreobjetos, portaobjetos, una alícuota de ácido láctico, etc. Lo anterior hizo posible realizar algunas prácticas mediante el monitoreo virtual. La casa de los alumnos se convirtió en un laboratorio de fitopatología, en donde incluso, fue posible realizar el aislamiento de hongos fitopatógenos. Cada alumno, desde la seguridad de su hogar, realizó preparaciones temporales y semipermanentes, mismas que pudieron observar gracias a un microscopio de papel llamado Foldscope (<https://www.foldscope.com/>) (Parada-Sanchez *et al.*, 2018). Este microscopio de origami tiene una resolución de hasta 2 micras, permite conocer la magnificación a la que se hace la observación y puede adquirirse en línea a través de plataformas de comercio por menos de 200 MN. Para usarlo, solo se necesita armarlo siguiendo el manual proporcionado por el fabricante, realizar una preparación semipermanente, insertarla en el microscopio y observar la preparación. El equipo permite observar los montajes a contraluz con el solo hecho de acercar el dispositivo al ojo del usuario. Cuando la luz natural es limitada, el equipo cuenta con un sistema de iluminación incluido que se acopla al microscopio de papel, permitiendo la observación de la preparación aun en condiciones de oscuridad. Otra función de este equipo es la proyección de la laminilla sobre una superficie plana en condiciones de oscuridad usando como proyector el 'flash' de un equipo celular. De igual forma, este microscopio puede acoplarse a la lente



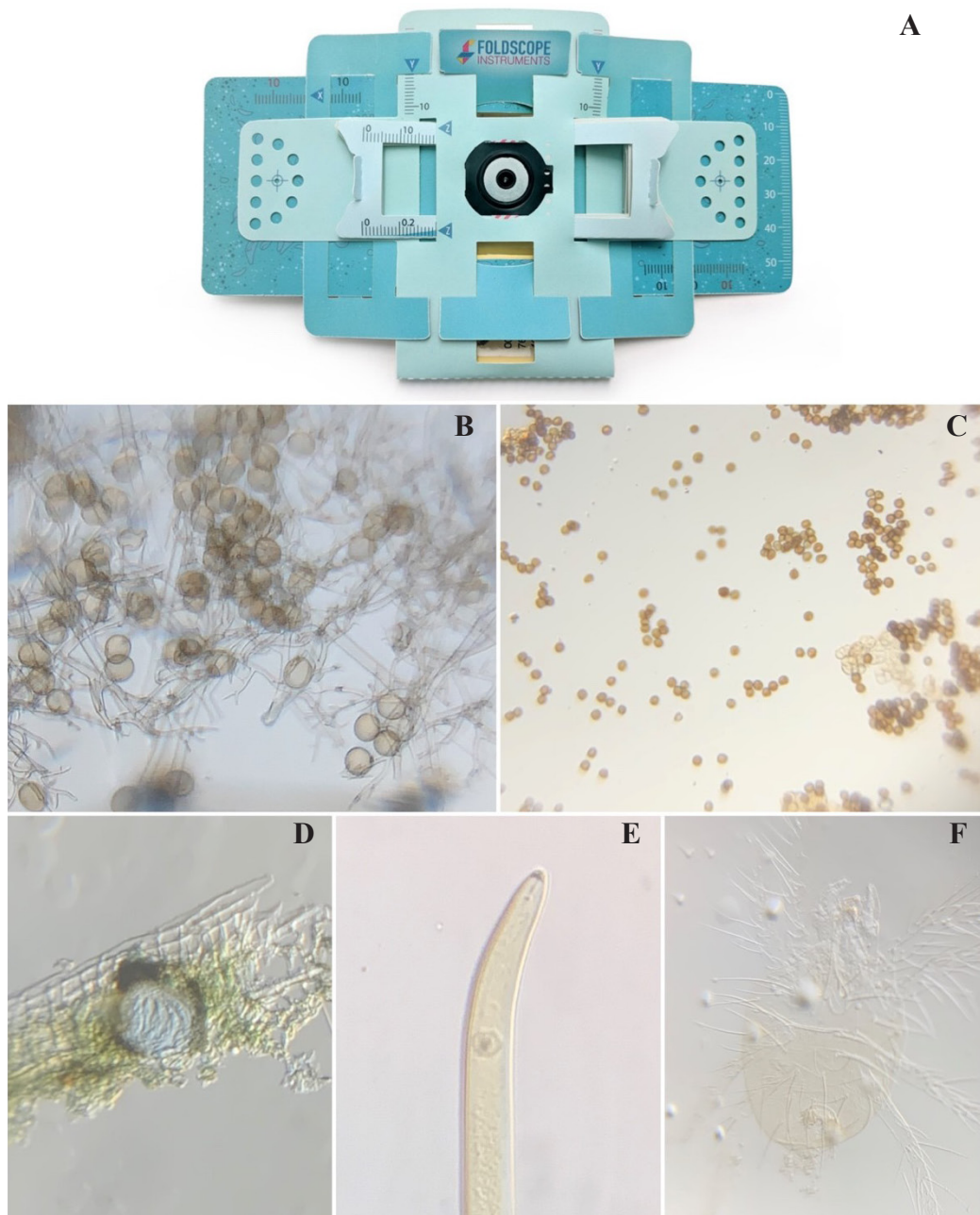


Figure 1. A. *Foldscope*; B-F. Images taken using the *Foldscope* coupled to a mobile phone camera using a desk lamp as a light source. B. Sporangia of *Peronospora belbahrii*. C. Teliospores of *Sporisorium reilianum* f. sp. *zae*. D. Pseudothecium of *Mycosphaerella fijiensis*. E. Male of *Meloidogyne* sp. F. Specimen of *Tetranychus urticae*.

Figura 1. A. *Foldscope*. Figuras B-F tomadas usando el *Foldscope* acoplado a la cámara de un celular usando como fuente de iluminación una lámpara de escritorio. B. Esporangios de *Peronospora belbahrii*. C. Teliosporas de *Sporisorium reilianum* f. sp. *zae*. D. Pseudotecio de *Mycosphaerella fijiensis*. E. Macho de *Meloidogyne* sp. F. Ejemplar de *Tetranychus urticae*.

In the cases where it was not possible to use the described modality for virtual practical work, the best alternative was the creation of short videos showing the teacher carrying out the practice. The student can then consult the videos when he needs them, particularly when carrying out some activity related to his research work. In the creation of these videos, it is recommended that the teacher explains in detail all the procedures as he performs them, as well as the fundamentals of the different techniques used.

In the case of the practical work associated with Agroecological Management of Pests and Diseases in the master's program of the same name at the Center for the Development of Biotic Products (CEPROBI-IPN), under normal conditions, the students work in an agroecological orchard at CEPROBI. Due to the pandemic, these activities were carried out individually at home. Each student managed his orchard following agroecological precepts, reporting their progress through video reports. For other subjects, such as Entomology, the teachers digitized the available biological collections. In others, the students received training in the use of laboratory equipment through video tutorials.

## CONCLUSIONS

Our experience in the teaching of Phytosanitary subjects shows the possibility of using innovations to improve the teaching-learning process under virtual settings. Innovative ideas will allow academic and research activities to continue without losing motivation and with renewed interest during the pandemic. We must recognize that despite the confinement, students, workers, and academics have significantly contributed to the continuity of institutional activities, a clear example of our

de cualquier equipo celular, gracias a los imanes que rodean al lente de microscopio, por lo que los alumnos pudieron capturar las imágenes de los organismos (Figura 1) y estas imágenes se integraron a un reporte convencional de prácticas de laboratorio. Para más información sobre el uso del Foldscope se puede consultar la guía de usuario (<https://www.foldscope.com/user-guide/>). El Foldscope se ha empleado a nivel mundial en diferentes actividades científicas para (<https://www.foldscope.com/research>). Otra experiencia innovadora de prácticas de *Fitopatología*, con trazabilidad virtual, puede revisarse en el trabajo de María del Milagro Granados en esta Sección (Nota del Editor).

En los casos donde no fue posible aplicar la modalidad descrita, la mejor alternativa fue la creación de videos cortos en donde el profesor realizó la práctica. De esta forma, el alumno cuenta con una herramienta de consulta, de la cual puede disponer en el momento que lo necesite, principalmente al realizar alguna actividad dentro de su trabajo de investigación. En estos videos es recomendable que el profesor explique detalladamente los procedimientos conforme los realiza, así como los fundamentos de las técnicas.

Para el caso de prácticas de *Manejo Agroecológico de Plagas y Enfermedades* del programa de maestría del mismo nombre en el Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CEPROBI-IPN), en condiciones normales los alumnos trabajan en un huerto agroecológico en las instalaciones del CEPROBI. Por la pandemia las actividades se realizaron individualmente en casa. El huerto fue manejado siguiendo los preceptos agroecológicos, reportando los avances a través de video-reportes. Para algunas otras materias, como *Entomología* los profesores digitalizaron las colecciones biológicas disponibles. Incluso dentro de algunas asignaturas los alumnos recibieron capacitación para el uso de los equipos de laboratorio mediante video-tutoriales.

capacity for behavioral and social adaptation. We also acknowledge and mourn the loss of great researchers and teachers due to COVID-19. We hope to emulate them in the formation of human resources highly trained in Plant Health. Greater challenges may lie ahead, but constant and ethical work will allow us to overcome current and future crises.

## LITERATURE CITED

- Antiporta D and Bruni A. 2020. Emerging mental health challenges, strategies, and opportunities in the context of the COVID-19 pandemic: Perspectives from South American decision-makers. *Pan American Journal of Public Health* 44:154–154. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2020.154>
- CEPAL. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. 2020. Informe Covid-19 CEPAL-UNESCO. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45904/1/S2000510\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45904/1/S2000510_es.pdf) (consulta. Febrero, 2020).
- DOF. Diario Oficial de la Federación. 2020. Decreto por el que se declaran acciones extraordinarias en las regiones afectadas de todo el territorio nacional en materia de salubridad general para combatir la enfermedad grave de atención prioritaria generada por el virus SARS-CoV2 (COVID-19). [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5590673&fecha=27/03/2020](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5590673&fecha=27/03/2020). (consulta. Febrero, 2020).
- Marín DV. 2015. La Gamificación educativa. Una alternativa para la enseñanza creativa. *Digital Education Review* 27:1-4 <https://revistes.ub.edu/index.php/der/article/view/13433/pdf>. (consulta. Febrero, 2020).
- O’Flaherty J and Phillips C. 2015. The use of flipped classrooms in higher education: A scoping review. *Internet and Higher Education* 25:85–95. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2015.02.002>

## CONCLUSIONES

Nuestras experiencias en la enseñanza de asignaturas Fitosanitarias muestran la posibilidad de innovar el proceso enseñanza-aprendizaje en modalidad virtual. Ideas innovadoras permitirán continuar con motivación y renovado interés las actividades académicas e investigación durante la pandemia. Debemos reconocer que pese al confinamiento, alumnos, trabajadores y académicos hemos contribuido, de manera decidida y comprometida, a la continuidad las actividades institucionales. Un claro ejemplo de nuestra capacidad de adaptación conductual y social. También reconocemos y lamentamos la pérdida de grandes investigadores y docentes debido al COVID-19. Esperamos emularlos en la formación de recursos humanos altamente capacitados en *Fitosanidad*. Los retos a enfrentar en el futuro podrían ser cada vez mayores, pero solo el trabajo constante y ético nos permitirá superar la actual adversidad.

~~~~~ Fin de la versión en Español ~~~~~

- Parada-Sánchez SG, Meléndez-Salcido CG, Hernández-Castaños MR, Prado-Ávila SE y Adame-Gallegos JR. 2018. Evaluación de Foldscope, un microscopio de papel basado en origami útil para la identificación de garrapatas *Rhipicephalus sanguineus*. *Acta Universitaria* 28(4): 19-24. <http://doi.org/10.15174/au.2018.2134>