



## Memoria Proyecto de Innovación Docente

**Título:** Flipped Lab

**Curso en el que se ha realizado el proyecto:** 2020-2021

**Facultad/Escuela:** Ciencias

**Denominación del proyecto:** *Flipped Lab*: Una adaptación en la forma de enseñar en el laboratorio de prácticas microscópicas de biodiversidad para aumentar la eficacia de la docencia y proteger a alumnos y profesores durante la pandemia de coronavirus, suprimiendo la necesidad de que el profesor y el alumno compartan el mismo microscopio durante las consultas y además ampliando a toda la clase el ámbito de la consulta, mediante el uso de TIC.

**Director/Coordinador (incluir categoría profesional):** Arturo H. Ariño, profesor titular

**Participantes (incluir categoría profesional):**

Enrique Baquero, profesor agregado

David Galicia, profesor contratado doctor

Nora Escribano, profesora auxiliar

Gabriel de Biurrun, doctorando

Mónica González Alonso, doctoranda

Andrea Marín Sierra, doctoranda

Mercedes Valerio Galán, doctoranda

**Resultados obtenidos:**

**Necesidad de la innovación.** Durante las clases prácticas en el laboratorio de las asignaturas relacionadas con la Biodiversidad (por ejemplo, Zoología o Botánica) se recurre a material óptico para estudiar anatomía y morfología: microscopios y estereomicroscopios. Cada alumno tiene uno a su disposición. Para consultar al profesor, normalmente muestra el campo y el profesor mira por el microscopio resolviendo la consulta. La ventaja es la claridad e inmediatez, y la desventaja es que sólo el alumno y el profesor ven el objeto de consulta. Si el profesor desea mostrarlo al resto de la clase, les hace rotar por el microscopio. Pero durante la pandemia de coronavirus no es posible ninguna de las dos cosas, debido a las directrices impuestas para limitar los contagios: al considerarse las mucosas una vía de entrada del virus, no se permite que dos personas miren por los mismos objetivos sin desinfectarlos primero.

Una solución parcial al problema sanitario ha sido el uso de gafas de protección personales. Sin embargo, la observación con muchos tipos de oculares se dificulta por las gafas.

En este proyecto se ha diseñado un procedimiento para evitar este intercambio y al mismo tiempo mostrar a toda la clase el objeto de consulta, usando cámaras de vídeo.

**Fundamento de la innovación.** Los estereomicroscopios (lupas) y microscopios de prácticas son normalmente binoculares (un observador). Existen modelos trinoculares donde el tercer ocular se reserva para adaptar una cámara para tomar fotografías o transmitir vídeo (Fig. 1). Por motivos prácticos y económicos en el laboratorio se dispone normalmente de un equipo trinocular de cada clase para uso del profesor, conectados por cable a un proyector, y un equipo binocular por cada alumno (Fig. 2). (Por ejemplo, en los laboratorios de Zoología y Botánica de la Universidad de Navarra hay 24 y 32 puestos individuales, respectivamente). La innovación busca cómo poder compartir la imagen que cada alumno ve en su equipo con el profesor o con el resto de la clase. Caben tres opciones, cada una con ventajas e inconvenientes:

1. La opción más evidente es sustituir cada equipo de alumno por un equivalente trinocular dotado con su cámara. Cuando el alumno necesita mostrar algo al profesor, éste adquiere desde su mesa la imagen del equipo del alumno y la proyecta en pantalla.
2. Puede disponerse de cámara-ocular (Fig. 3) o una cámara-objetivo (Figs. 4, 5). Una cámara de este tipo sustituye a un ocular o un objetivo existente cuando es necesario. Si está conectada de alguna forma al sistema de proyección, se puede llevar al equipo del alumno para que éste muestre al profesor (y a la clase) su campo visual.
3. Una tercera opción es utilizar dispositivos móviles sobre el ocular y aprovechar su conexión vía wifi o GPRS: la cámara del móvil de cada alumno, aplicada sobre un objetivo (normalmente a través de algún adaptador para estabilizar la imagen: Fig. 6), transmitiendo la imagen a un servicio de nube.



Figura 1: Equipos trinoculares de investigación.



Figura 2: Equipos binoculares de alumno durante los ensayos de este proyecto.



Figura 3: Cámara ocular Bresser MikrOcular



Figura 4: Cámara-objetivo PiCam.



Figura 5: Cámara-objetivo en montaje paralelo a lupa.

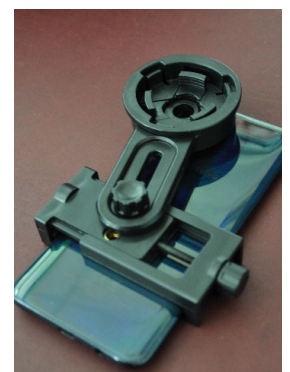


Figura 6: Adaptador Smartphone-ocular.



En este proyecto analizamos las opciones para encontrar sus ventajas e inconvenientes y hacemos los ensayos necesarios y una prueba piloto para proponer una solución plausible a la necesidad planteada.

**Análisis de las opciones.** El siguiente Cuadro de Ventajas muestra los pros y contras de cada opción.

Opción 1: Sustitución de equipos

Ventajas	Inconvenientes
Solución ideal. Reproduce el equipo del profesor en cada puesto de alumno.	Coste. Un equipo trinocular con cámara integrada de calidad docente ronda los 2000 euros. Un laboratorio completo con reemplazo de una lupa y microscopio por alumno podría suponer 96.000 euros en equipos.
	Infraestructura. Cada cámara se debe conectar por cable a una mesa de mezclas donde se pueda seleccionar cada línea de entrada para proyección. A su vez esta infraestructura es fija, costosa y de ejecución difícil.

Opción 2: Cámara-ocular/cámara-objetivo

Ventajas	Inconvenientes
Coste mucho menor: el número de cámaras es igual al de tipos distintos de ocular que existan en el laboratorio. En el caso de UNAV, menos de 2.000 euros por laboratorio.	Requiere la manipulación de la propia cámara, aunque puede restringirse a una persona (el profesor).
Pueden mantenerse los equipos existentes.	Solución ad hoc dependiente del tipo de tubo, puede necesitar fabricar adaptadores para diferentes tipos de ocular.
Los adaptadores para oculares están optimizados para capturar la imagen sin necesidad de centrado.	Normalmente se precisa algún controlador para la cámara (una pieza separada) o una conexión a un ordenador que para este uso habrá de ser portátil.
Fácil de implementar en un sistema de videoconferencia a través del ordenador de control.	Si los puestos de trabajo no disponen de ordenador, éste ha de ser el del propio alumno que puede ser compatible o no.

Opción 3: Móviles personales



Ventajas	Inconvenientes
Coste mínimo: sólo el de los adaptadores móvil-ocular, en su caso (alrededor de 500 euros en total para los laboratorios de UNAV).	Las cámaras de los móviles no están diseñadas para ser usadas con oculares. Necesitan un buen alineamiento con el ocular que es difícil de conseguir a mano.
No hay manipulación entre personas: cada alumno usa su propio dispositivo.	Hay distintos tipos de adaptadores y no todos sirven para cualquier combinación tubo-teléfono. Se precisa experimentar.
Puede integrarse en un sistema de videoconferencia ya en uso en la universidad (Zoom, Google, Teams...)	Inestabilidad mecánica del montaje.

El coste de la opción 1 la hace inviable si las opciones 2 o 3 pueden funcionar. Por tanto en el proyecto se desarrollaron primero estas dos, que de funcionar harían innecesaria la 1.

**Desarrollo y ensayo.** Se ha prospectado el mercado para buscar (a) cámaras oculares compactas de bajo coste diseñadas para fototubos y (b) cámaras en placa para integración en un sistema de transmisión. Además se ha ensayado la transmisión a la mesa del profesor y a la clase a través de videoconferencia (Zoom).

Las cámaras-ocular (Fig. 3) en el mercado tienen un coste unitario discreto (típicamente unos 100-200 euros), conexión USB, diámetro fijo, y resoluciones del orden de 2 Mpx máximo. Al tener conexión USB su uso requiere llevar al microscopio donde se hace la consulta, además de la propia cámara, un ordenador portátil que reciba su imagen. La imagen se puede ver en la pantalla de este ordenador o transmitirse a un proyector. El concepto se ha demostrado viable bajo ciertas condiciones:

- La calidad de imagen del proyector no es mejor que la de la propia cámara o del software empleado para proyectarla;
- Se dispone de un ordenador portátil para cada cámara; y
- La conexión entre el portátil y el proyector pueda hacerse inalámbricamente o a través de videoconferencia.

Para mejorar las condiciones, hemos desarrollado las siguientes modificaciones:

- Usar una cámara con chip de mayor tamaño y calidad (8 MPx) pero que mantiene el coste unitario. Se ha optado por una cámara PiCam con un módulo de interface para Raspberry Pi (Fig. 4).
- El ordenador de control de la cámara es un barebones RaspberryPi, con un software de control escrito exprofeso por uno de los participantes (GDB).
- La transmisión de la señal es por vía WiFi.



Una dificultad para esta opción que hemos encontrado experimentalmente es el grado de seguridad de las redes wifi internas de UNAV, que dificultan considerablemente la transmisión directa de la señal inalámbrica. La conexión directa es compleja y requiere intervención de IT para establecer los puentes adecuados en los enrutadores a nivel de hardware, y esto no siempre se ha conseguido. Sin embargo, experimentalmente este montaje es el que ofrece la mejor calidad posible de imagen de todos los ensayados, comparable o mejor a los fotomicroscopios dedicados (figura 7).



Figura 7: Imagen obtenida por GDB con el montaje PiCam, procesada por automontaje.

Cuando la transmisión se realiza en un contexto de videoconferencia, la calidad puede estar limitada por la asignación de anchura de banda que efectúe el propio sistema.

Las cámaras integradas en los móviles (opción 3) pueden aplicarse directamente sobre los oculares existentes. Los smartphones actuales poseen cámaras con alta resolución, aunque con un chip sensor muy pequeño que hace que sólo puedan capturar parte del campo visible a través del ocular. Sin embargo, pueden proporcionar una imagen suficiente del objeto. A efectos prácticos, los smartphones son equivalentes a la combinación de cámara-ocular y ordenador de control de la segunda opción. Además, sus capacidades de comunicación a la red Eduroam (WiFi) o a la GPRS, ya integradas en la Universidad, simplifican la conexión. No obstante, requieren estabilizar el móvil contra el objetivo, porque de lo contrario es difícil adquirir la imagen.

La proyección de la imagen capturada por el móvil toma ventaja del despliegue completo en la Universidad de los sistemas de videoconferencia. En nuestro diseño, los alumnos se conectan a la sesión Zoom correspondiente a la clase como lo harían normalmente en sus casas, pero desde el móvil, de forma que pueden usar la cámara de su móvil para transmitir la imagen en lugar de sí mismos (Fig. 8, 9). El profesor puede por tanto seleccionar la imagen de qué microscopio muestra en pantalla.

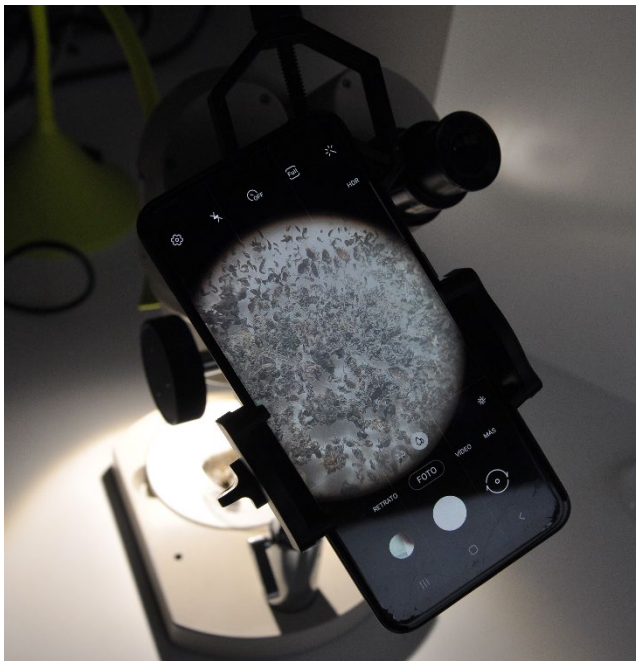


Figura 8: Smartphone con adaptador tipo 2 sobre una lupa SZ-III.

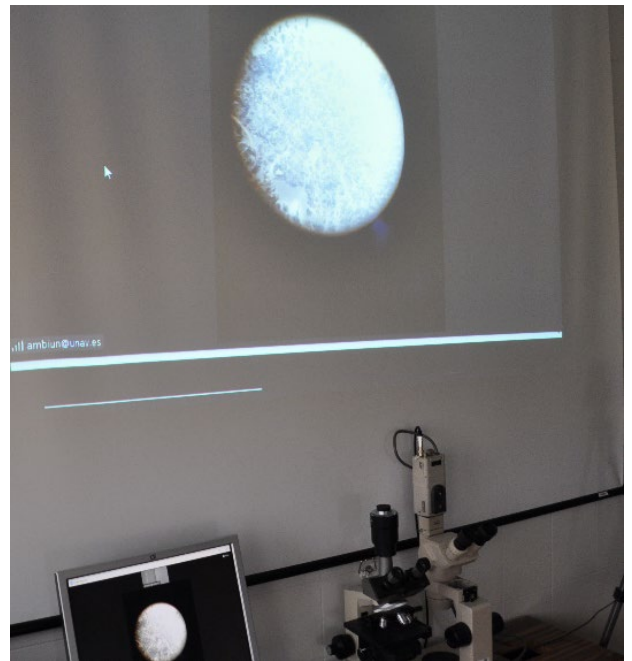


Figura 9: Mesa del profesor y sesión Zoom proyectada sobre la pantalla del laboratorio con la imagen de la lupa del alumno realizando la consulta.

Para comprobar la viabilidad del protocolo hemos prospectado el mercado y adquirido distintos tipos de soporte (Fig. 8), que hemos ensayado en los equipos disponibles en el laboratorio en una clase virtual con múltiples alumnos y teléfonos (Samsung, Ulefone, Xperia, etc.), con arreglo al siguiente diseño experimental:

- Equipos ópticos
  - Estereomicroscopio Olympus SZ21 (ocular ancho)
  - Estereomicroscopio Olympus SZIII (ocular estrecho)
  - Microscopio Olympus BH (ocular estrecho)
  - Microscopio Nikon SC (ocular ancho)
- Adaptadores:
  - Abrazadera de ocular con anillo colapsable (tipo 1)
  - Abrazadera de tubo (tipo 2)
  - Abrazadera de ocular con anillo elástico (tipo 3)

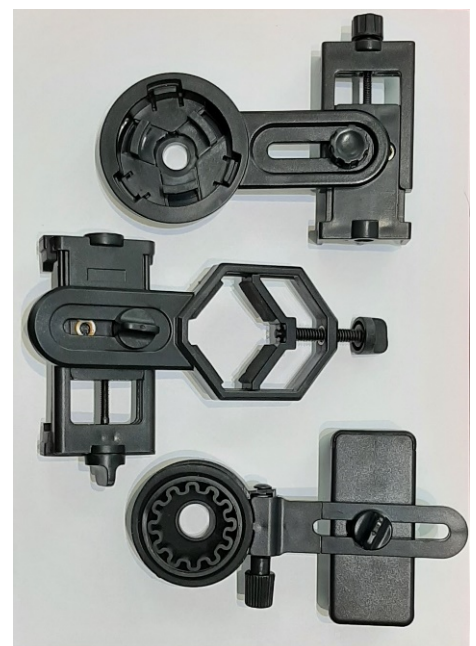


Figura 8: Adaptadores de Smartphone para ocular. De arriba abajo: Tipo 1, Tipo 2, Tipo 3.

Se han comprobado las combinaciones de soportes y equipos con objetos reales de docencia (ejemplares) con un panel de alumnos examinando sistemáticamente las posibles combinaciones de tipo de adaptador, móvil y equipo óptico con diferentes ejemplares de estudio, con estos resultados:



Equipo/Adaptador	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Lupa oc. ancho	Bueno	Aceptable con modificaciones (separación)	Bueno
Lupa oc. estrecho	Bueno	Inaceptable (inestable)	Aceptable
Microscopio oc. ancho	Inaceptable (inestable)	Inaceptable (inestable)	Aceptable con modificaciones (separación)
Microscopio oc. estrecho	Inaceptable (inestable)	Bueno	Aceptable con modificaciones (separación)

En general, los adaptadores necesitan un tiempo para ajuste y estabilizarlos un poco manualmente durante la operación. La calidad de imagen es suficiente, aunque el campo tiende a reducirse a la distancia de trabajo para la que están diseñados. Para ampliar el campo, el usuario tiene que introducir una leve separación entre la cámara y el adaptador, lo que no siempre se consigue con facilidad. No hay un único tipo de adaptador que sirva para todos los casos: cada uno se ajusta mejor a un tipo de equipo óptico.

La transmisión a una sesión Zoom es sencilla. El usuario únicamente tiene que seleccionar la cámara frontal del teléfono y a partir de allí transmite como en cualquier sesión. El profesor puede “dar paso” al alumno simplemente seleccionado su pantalla en el panel general.

Conclusiones: Las opciones 2 y 3 son viables. La 3 tiene un coste de implementación muy bajo; depende de los smartphones de los alumnos (que llevan a clase sistemáticamente), y tiene la dificultad del ajuste del aparato. Se requeriría un número suficiente de adaptadores para que cada alumno tuviera el adecuado a su aparato.

La opción 2 es preferible porque suprime la complicación del ajuste. Sin embargo, tiene la complicación de necesitar o bien que el alumno aporte su portátil (que de todos modos es habitual) o bien que las cámaras-ocular estén conectadas a un controlador simple y fácil de manejar (Raspi) en el que esté abierta una sesión Zoom. El coste es mayor que la opción 2 pero dentro de lo aceptable para un laboratorio de 24-36 puestos.

En conjunto, es muy viable disponer de ambas opciones. Se propone, por tanto, la siguiente innovación docente aplicable a los laboratorios de Biodiversidad de la Universidad de Navarra:

- 1. Adquirir aproximadamente 10 cámaras-ocular para distribuir entre los puestos de trabajo que puedan ser usadas ad-hoc conectadas a portátiles de los alumnos. (Coste estimado 1500 euros).**
- 2. Fabricar aproximadamente 2-4 adaptadores con cámaras con chip de alta calidad para ocular y objetivo, conectadas a sendos barebones Raspi para poder optar a imágenes de grado de investigación para su instalación en los laboratorios de prácticas. (Coste estimado 1200 euros).**
- 3. Adquirir aproximadamente 30 adaptadores variados para que cualquier alumno que lo necesite y no tenga portátil pueda proyectar su imagen para consultas. (Coste estimado 500 euros).**



**Observaciones:**

- La propuesta puede extenderse a otros laboratorios de la Universidad que usen equipos microscópicos.
- Aunque *Flipped Lab* ha sido concebido y desarrollado debido a las condiciones de trabajo impuestas por la pandemia de COVID-19, el concepto puede seguir usándose en un contexto normal.