

Curso a distancia de fotogrametría digital con vehículos operados remotamente

Eduardo Ramírez-Chavez*, Luis Ortiz-Martinez, Samantha Martinez-Caballero, Diego Garcia-Medrano, Amauri Castillejo-Hernandez & Saúl García-Guadarrama

Resumen

La fotogrametría es la ciencia mediante la cual se obtiene información a través de mediciones e interpretaciones de imágenes fotográficas, dichas imágenes se obtienen con la ayuda cámaras ya sean especializadas o montadas en vehículos operados remotamente comúnmente conocidos como drones, que en los últimos años han pasado a ser parte fundamental en diferentes disciplinas, pero principalmente en las ciencias ambientales, en las cuales se ha utilizado esencialmente para la conservación de los ecosistemas. Sin embargo, los cursos en los cuales se incentiva la enseñanza de estos métodos solamente se han dado de manera presencial y no en todas las universidades, por lo que los cursos en línea favorecerían la transmisión de conocimiento a lugares en los que no se tiene oportunidad de tomar dichos cursos. Para facilitar el acceso a una mayor comunidad de científicos en habla hispana, presentamos un curso en español, de acceso y disponibilidad gratuita desde cualquier dispositivo con conexión a internet. Aunque las barreras intrínsecas al uso de Internet pueden dificultar la accesibilidad a los materiales del curso, hemos usado diversos formatos para la divulgación de los contenidos académicos (video, audio, pdf) con el objetivo de eliminar la mayor parte de estos problemas.

Palabras clave: aprendizaje, conservación, distancia, estudios ecológicos, habla hispana, plataforma digital.

Recibido: 16 de abril de 2021

Abstract

Photogrammetry is the science by which information is obtained through measurements and interpretations of photographic images, the capture of said images are obtained photographic with the help of specialized cameras or mounted on remotely operated vehicles commonly known as drones, which in recent years have become a fundamental part in different disciplines, but mainly in environmental sciences, in which it has been used essentially for the conservation of ecosystems. However, the courses in which the teaching of these methods is encouraged have only been given in person and not in all universities, so online courses would favor the transmission of knowledge to places where it is not available. opportunity to take those said courses. To facilitate access to a larger community of Spanish-speaking scientists, we present a course in Spanish, freely accessible and available from any device with an internet connection. Although the intrinsic barriers to the use of the Internet can make it difficult to access the course materials, we have used different formats for the dissemination of academic content (video, audio, pdf) in order to eliminate most of these problems.

Key words: conservation, digital platform, distance, ecological studies, learning, spanish speaking.

Aceptado: 10 de agosto de 2021.

¹ Instituto de Ecología, Universidad del Mar campus Puerto Ángel. Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, Oaxaca, México.

*Autor de correspondencia: eduardo@angel.umar.mx (ERC)

Introducción

La fotogrametría ha sido definida como la ciencia mediante la cual se obtiene información confiable sobre objetos físicos y el medio ambiente a través de procesos de registro, medición e interpretación de imágenes fotográficas y patrones de energía electromagnética, así como de otros fenómenos (Wolf *et al.* 2014). A pesar de que en sus inicios la fotogrametría fue utilizada en aplicaciones aéreas y terrestres para el reconocimiento militar, actualmente ha pasado a formar parte importante de muchas disciplinas, principalmente por el gran avance tecnológico en el ámbito fotográfico que ha habido en las últimas décadas (Baqersad *et al.* 2016).

Las imágenes satelitales durante años se consolidaron como parte fundamental para algunas disciplinas; principalmente para las ciencias ambientales, sin embargo estos insumos fueron incapaces de satisfacer las necesidades de algunas investigaciones en cuanto a precisión, costo e información. Con el avance tecnológico de las cámaras digitales en las últimas décadas, que mejoraron en resolución, portabilidad y costo, los investigadores optaron por implementar cámaras digitales montadas en vehículos no tripulados o drones para realizar estudios ecológicos, monitoreo de estructuras o fotogramétricos (Wolf *et al.* 2014, Miambo *et al.* 2017).

Tras observar la practicidad que se tiene al trabajar con drones, estos comenzaron a implementarse como una herramienta fundamental. De las principales ventajas que se tiene al trabajar con estos en lugar del uso con satélites es la periodicidad con la que se realizan los muestreos, ya que los satélites sólo capturan la información cada cierto tiempo, independientemente de si las condiciones climáticas son favorables o no para la toma de datos, mientras que cuando se trabaja con drones

se puede elegir el día más adecuado para poder realizar el muestreo; el bajo costo es otro de los atributos a favor de los drones, dado que para algunos estudios se necesitan datos que no están disponibles en los satélites que ofrecen su información gratuitamente o a bajo costo, por lo que se tendría que invertir más para obtener esa información, por tanto el uso de drones es una alternativa potencial y rentable, sobre todo para los investigadores en países en desarrollo donde no se ofrece un buen financiamiento para la ciencia (Miambo *et al.* 2017).

Uno de los puntos débiles de los drones es su limitación en potencia y carga útil, (cantidad de peso fuera de sus componentes esenciales que puede levantar un dron), en consecuencia se ha observado que tienen un mejor desempeño en áreas pequeñas que en grandes extensiones, además se debe tener en cuenta que el usuario será el encargado de supervisar todo el procedimiento de la obtención de datos así como de toda la cadena de procesamiento de las imágenes, desde la recopilación hasta el procesamiento y el producto, por lo que se necesita de preparación previa, lo que puede implicar costos adicionales en la actualización del conocimiento mediante cursos; sin embargo, el costo total de comprar, operar y mantener un dron, a largo plazo, resulta ser más bajo que si se opta por encargar misiones de aeronaves pilotadas o adquirir imágenes satelitales de alta resolución de manera regular (Koh & Wich 2012, Mancini *et al.* 2013).

Siendo así, los cursos en línea pueden resultar una alternativa viable para el aprendizaje a distancia, sobre todo en países en desarrollo, dado que por lo general estos cursos suelen ser gratuitos o económicamente accesibles y en los que se facilita la transferencia de información

a través de videos pregrabados, sesiones de preguntas y respuestas e incluso de materiales adicionales (Townsend *et al.* 2019). Por tanto, diseñamos un curso con base en nuestra experiencia en campo para contribuir con aportes que van desde como preparar tu equipo, volar un dron o hasta evaluar tus modelos tridimensionales. Con la finalidad de alcanzar un considerable número de hispanohablantes interesados en estos temas.

El presente trabajo muestra una evaluación del curso a distancia sobre fotogrametría digital con vehículos operados remotamente y en el que dicho curso promovió el aprendizaje acerca de la fotogrametría para aquellas personas interesadas en los estudios ecológicos o de conservación, además de proporcionar elementos indispensables para realizar un correcto levantamiento de información a través de drones para fines ecológicos. Finalmente, se trata de incentivar el uso de herramientas tecnológicas y plataformas digitales para la enseñanza acerca de estas disciplinas, sobre todo para países de habla hispana en los que muchas veces los cursos son costosos, no se tiene la posibilidad de asistir de manera presencial o están en otro idioma.

Material y métodos

La técnica de enseñanza aprendizaje fue el de aula invertida o flipped Classroom, la cual es una estrategia didáctica, caracterizada por un método de enseñanza que ha cambiado el modelo tradicional de aprendizaje, aporta mayor énfasis a la práctica, pero que aún no tiene una definición uniforme. Un de los conceptos más aceptados es el de Vidal *et al.* (2016), que la define como: "Un enfoque pedagógico en el que la instrucción directa mueve desde un espacio de aprendizaje colectivo a un espacio

de aprendizaje individual al estudiante, y el espacio de aprendizaje colectivo resultante, se transforma en un ambiente de aprendizaje dinámico e interactivo, donde el docente guía a los estudiantes a medida que él aplica los conceptos y participa creativamente en el tema".

El curso se llevó a cabo de manera virtual con seis instructores los cuales explicaron diferentes temas, la inscripción se realizó mediante un Formulario de *Google*, en el cual se les consultó a los interesados acerca de su ocupación, nivel de estudios, país en el que radican y su nivel de conocimiento de fotogrametría previo al curso. Cada lunes a partir del 27 de mayo hasta el 27 de agosto del 2019 se publicó un vídeo en el canal de *YouTube* SIGALT SIG, los cuales fueron replicados en la página de *Facebook* Sigalt y en la página *web* de SIGALT, la mayoría de los vídeos fueron grabaciones de audio de los instructores con captura simultánea de diapositivas, como lo recomienda Townsend *et al.* (2019), para asegurar una calidad alta de audio y vídeo (Peterson & Ingenloff 2015); a su vez, con cada vídeo, el estudiante contestó un formulario relacionado con cada tema. Cada viernes se realizó una transmisión en vivo en el canal de *YouTube* y *Facebook* para contestar dudas de los estudiantes. En los temas que se requería material extra, los links de consulta se adjuntaron en la descripción de cada vídeo. Al terminar el curso se aplicó una evaluación final la cual consistió en realizar un ejercicio en el *software* Agisoft Metashape ver. 1.7.2 y enviar el reporte generado por el mismo a los instructores.

Finalmente y a manera de retroalimentación para los organizadores, se solicitó a los asistentes al curso de manera voluntaria y sin comprometer su evaluación del curso, contestar un formulario donde se realizaron las preguntas:

En una escala de 1 a 5, donde uno es nada satisfecho y 5 es totalmente satisfecho. ¿Qué tan satisfecho quedaste con el aprendizaje del curso?, ¿Crees que la duración del curso fue lo suficientemente buena como para satisfacer tus expectativas de formación?

Indica 3 cosas que más te beneficiaron del curso.

Indica 3 cosas en las que puede mejorar el curso.

Resultados

El curso se impartió en un total de 13 semanas comprendidas entre el 27 de mayo de 2019 y el 27 de agosto del mismo año, además se incluyó un vídeo introductorio con una duración aproximada de nueve minutos en el inicio del curso. En la tabla I se puede observar el resumen de los módulos realizadas durante el curso, con 28 vídeos y un total de 732 minutos acumuladas de reproducción

Tabla I. Resumen del curso de Fotogrametría digital de drones. Se incluye el número de semana y la fecha en que se subió el vídeo, su respectivo título, el instructor que impartió cada tema y los enlaces correspondientes a cada vídeo y su material adicional.

Semana y fecha	Tema	Youtube	Material adicional	Instructor
0: 27/05/19	Bienvenida e introducción	YT	Gdrive	Eduardo J. Ramírez-Chávez
1: 03/06/19	Bienvenida e introducción	YT		Samantha L. Martínez-Caballero
07/06/19	Conceptos básicos de fotografía y cámaras.	YT		Eduardo J. Ramírez-Chávez & Amauri Castillejos-Hernández
	Preguntas y respuestas			Samantha L. Martínez-Caballero
2: 10/06/19	Conceptos básicos de fotogrametría	YT		Eduardo J. Ramírez-Chávez, Amauri Castillejos-Hernández, Diego García-Mondragón & Luis J. Ortiz-Martínez
17/06/19	Preguntas y respuestas	YT		
3: 17/06/19	Proyecto PROY-NOM-107-SCT3-2016	YT	Instructivo RPAS Información RPAS	Amauri Castillejos-Hernández
21/06/19	Preguntas y respuestas	YT	CRAMEX Drone Academy	Amauri Castillejos-Hernández, Eduardo J. Ramírez-Chávez & Luis J. Ortiz-Martínez
4: 24/06/19	Puntos de apoyo y control en tierra GCP	YT	CRAMEX Drone Academy	Amauri Castillejos-Hernández, Eduardo J. Ramírez-Chávez & Luis J. Ortiz-Martínez
28/06/19	Preguntas y respuestas	YT	Vídeo Extra	Amauri Castillejos-Hernández, Eduardo J. Ramírez-Chávez & Luis J. Ortiz-Martínez
5: 01/07/19	Consideraciones en preparación y operación de dron	YT		Eduardo J. Ramírez-Chávez

Continuación Tabla I...

Semana y fecha	Tema	Youtube	Material adicional	Instructor
05/07/19	Preguntas y respuestas	YT	Zonas Vuelo	Eduardo J. Ramírez-Chávez, Amauri Castillejos-Hernández, Diego García-Mondragón & Luis J. Ortiz-Martínez
6: 08/07/19	Programación y tipos de vuelo por aplicaciones	YT	Zonas Vuelo	Eduardo J. Ramírez-Chávez
12/07/19	Preguntas y respuestas	YT		Eduardo J. Ramírez-Chávez, Amauri Castillejos-Hernández, Diego García-Mondragón & Luis J. Ortiz-Martínez
7: 15/07/19	Sobrelape de imágenes	YT	Calculadora GSD	Luis J. Ortiz-Martínez
7: 15/07/19	Sobrelape de imágenes	YT	Calculadora GSD	Luis J. Ortiz-Martínez
8: 22/07/19	Calibración de cámaras y control de calidad de imágenes	YT		Samantha L. Martínez-Caballero
26/07/19	Preguntas y respuestas	YT	Geosetter, Foro Agisoft, Vídeo Extra	Samantha L. Martínez-Caballero
9: 29/07/19	Software de fotogrametría	YT		Eduardo J. Ramírez-Chávez
02/08/19	Preguntas y respuestas	YT		Eduardo J. Ramírez-Chávez & Amauri Castillejos-Hernández
10: 05/08/19	Proceso fotogramétrico	YT		Diego García-Mondragón
09/08/19	Preguntas y respuestas	YT		Eduardo J. Ramírez-Chávez, Amauri Castillejos-Hernández, Diego García-Mondragón & Luis J. Ortiz-Martínez
11: 13/08/19	Clasificación de puntos	YT		Luis J. Ortiz-Martínez
12: 20/08/19	Evaluación del modelo	YT	Evaluación final, software	Eduardo J. Ramírez-Chávez, Amauri Castillejos-Hernández, Diego García-Mondragón & Luis J. Ortiz-Martínez
13: 26/08/19	Caso práctico: Análisis multi-escala	YT		Amauri Castillejos-Hernández
26/08/19	Caso práctico: Fotogrametría submarina	YT		Diego García-Mondragón

Ciencia y Mar 2021, XXV (75): 97-106

Semana y fecha	Tema	Youtube	Material adicional	Instructor
26/08/19	Caso práctico: Caracterización espacial	YT	Zonas Vuelo	Luis J. Ortiz-Martínez
27/08/19	Caso práctico: Fotogrametría en la conservación	YT	Zonas Vuelo	Sergio Gutiérrez-Cruz

aproximadamente. Del total de videos, doce estuvieron enfocados hacia aprendizaje del estudiante (3.61 horas aproximadamente), 11 fueron transmisiones de preguntas y respuestas (6.66 horas aproximadamente), cuatro fueron videos de casos prácticos en los que algunos instructores mostraron cómo han aplicado la fotogrametría hacia sus intereses (una hora).

En general, se contó con la presencia de 353 personas inscritas al curso, de las cuales en su mayoría (43%) fueron estudiantes; 10% fueron consultores (Fig. 1). En cuanto al nivel de estudios de los estudiantes asistentes, el 67% fueron de nivel licenciatura, 11% de doctorado y el resto de maestría (Fig. 2). Respecto al país de origen de los estudiantes, el 75% radican en México mientras que el país que presentó menor cantidad de estudiantes (1%) fue Ecuador, el resto de países representaron entre el 3% y 4%, respectivamente (Fig. 3).

En cuanto al nivel de conocimiento acerca de la fotogrametría previo al curso, tan sólo el 3% de los estudiantes tuvieron un alto conocimiento en el tema, mientras que el mayor porcentaje (42%) mencionó que su conocimiento era bajo (Fig. 4).

Como retroalimentación para instructores se realizaron preguntas dentro de un formulario opcional en su respuesta y que no tendría contabilidad para la evaluación final, pero si el tener la evaluación del esfuerzo y de la técnica. Las preguntas

fueron divididas en tres bloques, el primer bloque tiene la finalidad contar con una evaluación cualitativa de la satisfacción en diferentes rubros. El segundo bloque cuenta con una sola pregunta sobre la pertinencia de tiempo para cumplir el curso y el tercer bloque se realizan preguntas específicas para la mejora del curso y la técnica de enseñanza aprendizaje

- En una escala de 1 a 5 donde uno es nada satisfecho y 5 es totalmente satisfecho ¿Qué tan satisfecho quedaste con el aprendizaje del curso?

- En una escala de 1 a 5 donde uno es nada satisfecho y 5 es totalmente satisfecho. ¿Qué tan satisfecho quedaste con la organización del curso?

- En una escala de 1 a 5 donde uno es nada satisfecho y 5 es totalmente satisfecho. ¿Qué tan satisfecho quedaste con la conocimiento del tema por parte del instructor?

Sobre si es pertinente o no la duración del curso para el tema objetivo:

¿Crees que la duración del programa fue lo suficientemente buena como para satisfacer tus expectativas de formación? (Fig. 5).

Sobre si es pertinente o no la duración del curso para el tema objetivo:

¿Crees que la duración del programa fue lo suficientemente buena como para satisfacer tus expectativas de formación? (Fig. 6).

Ocupación

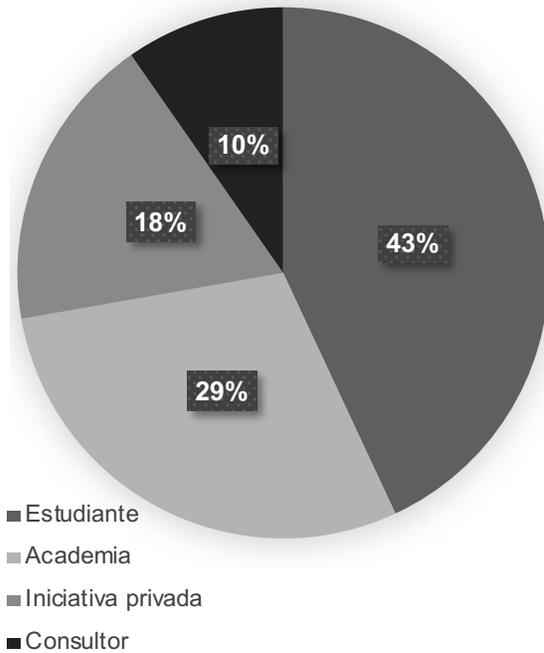


Figura 1. Porcentajes de ocupación de los asistentes del curso de fotogrametría. (Fuente: Datos obtenidos del Formulario de Google para la inscripción al curso).

Nivel de estudios

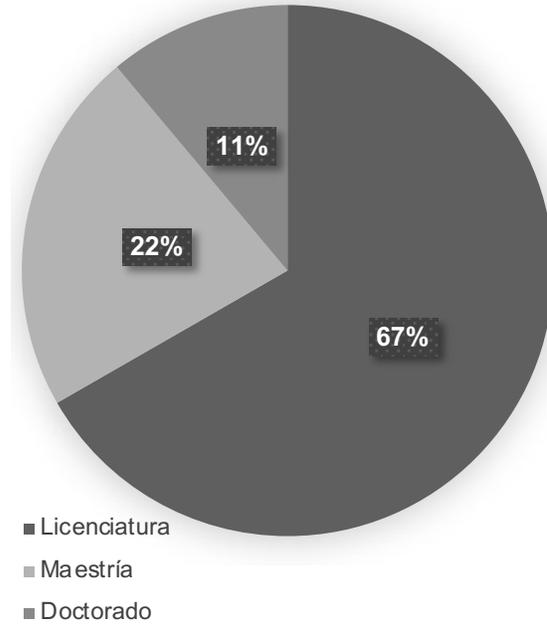


Figura 2. Porcentaje acerca del nivel de estudios de los estudiantes asistentes al curso de fotogrametría (Fuente: Datos obtenidos del Formulario de Google para la inscripción al curso).

- República Dominicana
- Bolivia
- Colombia
- Costa Rica
- México
- Ecuador
- Perú

País

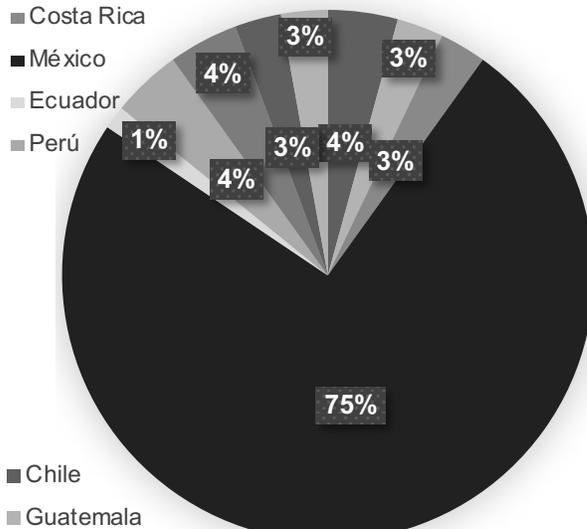


Figura 3. Porcentajes asociados a nacionalidad de los asistentes al curso de fotogrametría (Fuente: Datos obtenidos del Formulario de Google para la inscripción al curso).

Nivel de conocimiento

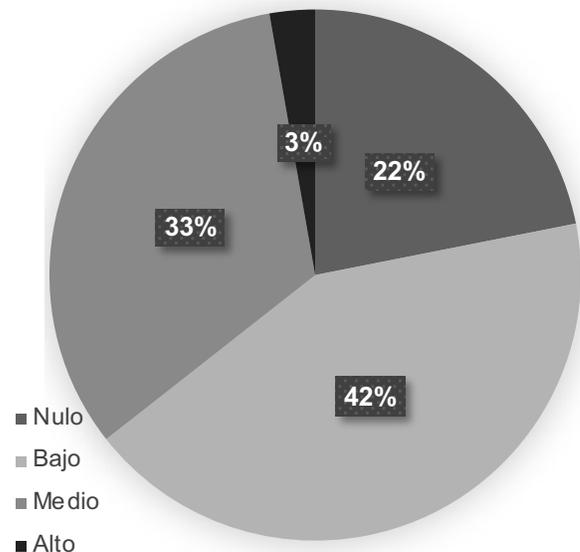


Figura 4. Porcentaje acerca del nivel de conocimiento previo al curso de los estudiantes de fotogrametría (Fuente: Datos obtenidos del Formulario de Google para la inscripción al curso).

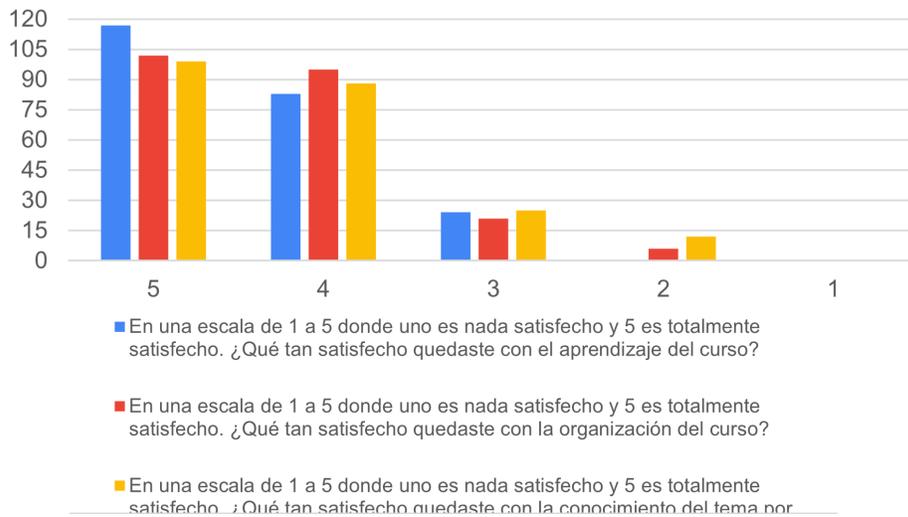


Figura 5. Grafico de satisfacción del curso sobre diferentes rubros.

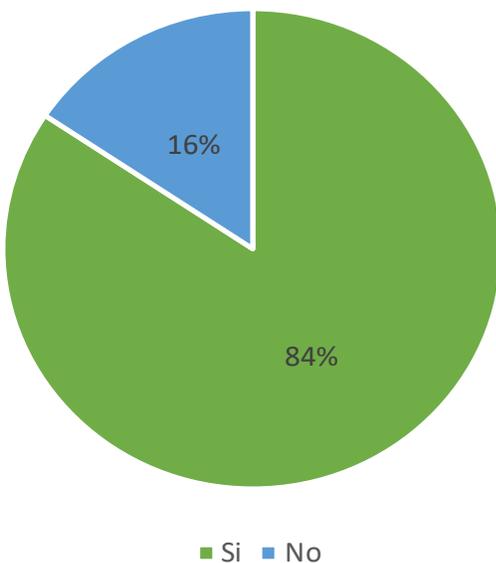


Figura 6. Grafico sobre pertinencia temporal del curso.

También se realizaron preguntas que nos hicieran reafirmar o cambiar contenido específico del curso, las cuales fueron:

- Indica 3 cosas que más te beneficiaron del curso (Fig. 7).
- Indica 3 cosas en las que puede mejorar el curso (Fig. 8).

Discusión

El curso a distancia sobre fotogrametría digital con uso de drones, organizado por

el Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota de la Universidad del Mar, campus Puerto Ángel cumplió con todos sus objetivos, ya que brindó información valiosa principalmente a estudiantes, aunque también a consultores y académicos que están interesados en estudios ecológicos y de conservación, así como también para aquellos que se dedican a otras disciplinas. También se cumplió el objetivo de incentivar el aprendizaje a través de plataformas digitales a 353 personas de nueve diferentes países de habla hispana, los cuales en su mayoría indicaron al inicio del curso que su conocimiento del tema era bajo o medio.

Sobre métricas del propio curso podemos resaltar que el 92% de las personas que contestaron el cuestionario de mejora continua (224) indican que quedaron en satisfecho o muy satisfecho con el curso. El contar con ejemplos reales derivado de nuestra experiencia en campo y expresarlos en español resultaron ser un valores bien ponderados para el curso.

Sin embargo, como oportunidad de mejora tenemos a temas como seguimiento de obra, cámaras multispectrales y uso de software libre, que por si mismas

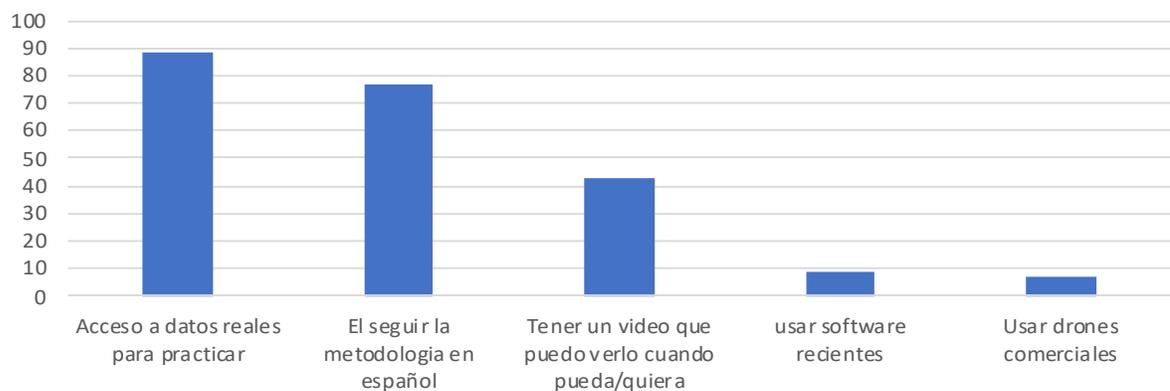


Figura 7. Contenido del curso mejor valorado.

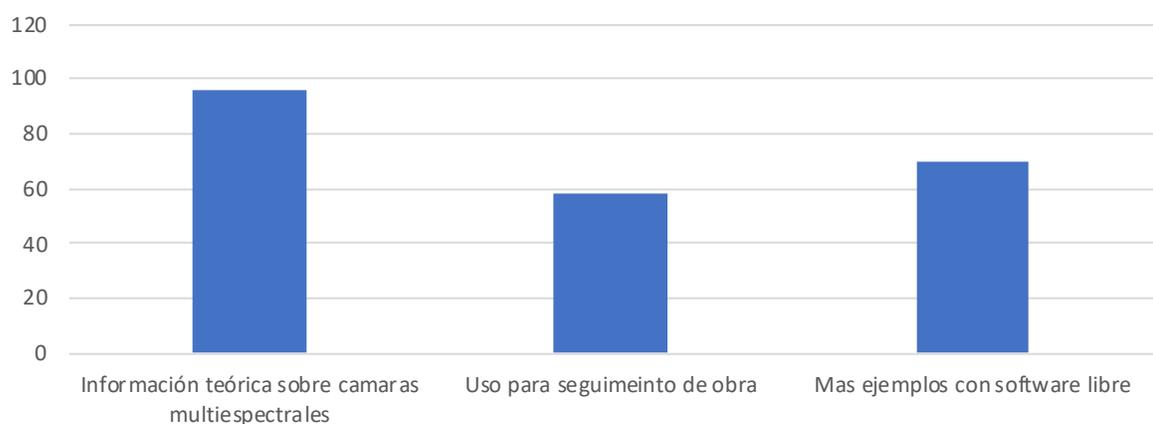


Figura 8. Oportunidades de mejora en contenidos del curso.

son tendencias en el uso y aplicación de drones de consumo en el campo laboral.

En cuanto a la técnica de enseñanza aprendizaje del curso estos contenidos nos reafirman la imperante necesidad de tener una variedad de estrategias para que los estudiantes puedan tener opciones para seleccionar la que mas se apegue a sus necesidades. También cabe mencionar que sin saberlo, este tipo de curso en línea se volvería precursor de una generación asombrosa de cursos similares en diferentes campos del conocimiento a consecuencias del SARS-CoV 2. Por cual se recomienda contemplar en la planeación docente cursos que contemplen en una parte del contenido estrategias similares a las aquí planteadas.

Por otro lado, se llegó a la misma

conclusión que Townsend *et al.* (2019) en cuanto a que los cursos en línea son un método viable para el aprendizaje a distancia y favorecen a los estudiantes que se encuentran en países en vías de desarrollo, ya que son gratuitos o su costo puede ser muy accesible.

El uso de plataformas digitales como YouTube o Facebook pueden ser de gran ayuda para incentivar el aprendizaje, ya que son de fácil acceso y son de las más populares en el mundo, además los materiales extras como lecturas de artículos o capítulos de libros en versiones digitales (pdf), formularios para la evaluación del curso o ejercicios en softwares de libre acceso pueden complementar de manera eficaz la retención de información y ayuda en el uso práctico de la misma.

Agradecimientos

A un revisor anónimo quien realizo comentarios que ayudaron a mejorar el presente trabajo.

Referencias

- Baqersad, J., P. Poozesh, C. Niezrecki & P. Avitabile. 2016.** Photogrammetry and optical methods in structural dynamics - A review. *Mechanical Systems and Signal Processing* 86: 17-34.
- Koh, L.P. & S.A. Wich. 2012.** Dawn of Drone Ecology: Low-Cost Autonomous Aerial Vehicles for Conservation. *Tropical Conservation Science* 5(2): 121-132.
- Mancini, F., M. Dubbini, M. Gattelli, F. Stecchi, S. Fabbri & G. Gabbianelli. 2013.** Using Unmanned Aerial Vehicles (UAV) for High-Resolution Reconstruction of Topography: The Structure from Motion Approach on Coastal Environments. *Remote Sens* 4(7): 6880-6898.
- Miambo, R., I.H. Woodhouse, F. Gerard & K. Anderson. 2017.** Structure from Motion (SfM) Photogrammetry with Drone Data: A Low Cost Method for Monitoring Greenhouse Gas Emissions from Forests in Developing Countries. *Forests* 8(3): 68-88.
- Peterson, A.T. & K. Ingenloff. 2015.** Biodiversity Informatics Training Curriculum, version 1.2. *Biodiversity Informatics* 10: 65-74.
- Vidal Ledo MJ, Martínez Hernández G, Nolla Cao N, Vialart Vidal MN. 2016.** Búsqueda Temática Digital: Entornos personales de Aprendizaje. *Rev. Educación Médica Superior*. Oct-Dic
- Townsend, A., R.P. Anderson, M.E. Cobos, M. Cuahutle, A.P. Cuervo-Robayo, L.E. Escobar, M. Fernández, D. Jiménez-García, A. Lira-Noriega, J.M. Lobo, F. Machado-Stredel, E. Martínez-Meyer, C. Nuñez-Penichet, J. Nori, L. Osorio-Olvera, M.T. Rodríguez, O. Rojas-Soto, D. Romero-Álvarez, J. Soberón, S. Varela & C. Yañez-Arenas. 2019.** Curso Modelado de Nicho Ecológico, Versión 1.0. *Biodiversity Informatics* 14(2019): 1-7.
- Wolf, P., B.A. Dewitt & B.E. Wilkinson. 2014.** Elements of Photogrammetry with Applications in GIS. 4a ed., McGraw-Hill Education, Estados Unidos, 624 pp.