

Práctica de Laboratorio de Granos de Almidón en un Curso de Botánica General: una Experiencia de Clase Invertida

Aixa O. Rivero-Guerra^(1,2)

(1) Universidad Estatal Amazónica. Programa de Ecosistemas, Biodiversidad y Conservación de Especies. Paso Lateral Puyo-Tena, Km 2 ½, Puyo, Pastaza, Ecuador.

(2) Universidad de Cartagena. Facultad de Ciencias. Cra. 6 #36, Cartagena, Bolívar, Colombia.
(e-mail: rivero-guerra@hotmail.com; arivero@uea.edu.ec)

Recibido Jun. 19, 2017; Aceptado Ago. 11, 2017; Versión final Sep. 12, 2017, Publicado Feb. 2018

Resumen

Se diseña material propio para el proceso de enseñanza-aprendizaje de las técnicas de análisis de granos de almidón en el contexto universitario de la asignatura Botánica General, y se valora la experiencia educativa mediante el modelo pedagógico de clase invertida. El estudio incluye a 150 participantes de las carreras de Biología y Ciencias Farmacéuticas de la Universidad de Cartagena, Colombia. Los estudiantes muestran una opinión muy favorable de la práctica de laboratorio, avalando el enfoque empleado. Se han logrado los objetivos propuestos, favoreciendo el aprendizaje conceptual que se refleja en las calificaciones. Se ha logrado fomentar en los estudiantes el aprendizaje activo y autónomo, y el pensamiento crítico y complejo.

Palabras claves: botánica; clase invertida; granos de almidón; percepción de los estudiantes; práctica de laboratorio

Laboratory Practice of Starch Grains in University General Botany Courses: a Flipped Classroom Experience

Abstract

Specific material was designed to teach and learn how to analyse starch grains in the context of a university General Botany course. The educational experience has been assessed through the Flipped Classroom approach. The study includes 150 participants from the departments of Biology and Pharmaceutical Sciences of the University of Cartagena, Colombia. The students had a favourable opinion about the laboratory practice regarding the Flipped Classroom approach. The experience achieved the proposed teaching objectives and the learning outcome was favorable, resulting in good lab practice scores. Active and independent learning has been promoted among students as well as complex and critical thinking.

Keywords: botany; flipped classroom; starch grains; student perception; laboratory practice

INTRODUCCIÓN

El aprendizaje tiene un carácter ubicuo (Burbules, 2012; Pozo y Monereo, 2010) y la sociedad genera nuevas demandas de formación y educación para la ciudadanía las cuales son asumidas por todos los niveles educativos imperantes (Perry, 2013; Zimmerman, 2002). Siendo los profesores y estudiantes sujetos activos de las nuevas tareas y de las acciones a realizar (Butler y Schnellert, 2012), principalmente en el saber hacer; resaltando la importancia del conocimiento previo, vinculando lo aprendido con el nuevo que se adquiere; enfatizando en la motivación de los estudiantes para el éxito del proceso de aprendizaje, estableciendo metas y competencias de aprendizaje en lugar de metas de rendimiento. El estudiante adquiere un rol de gestor de los procesos cognitivos que conlleva el aprendizaje autónomo, controlando todo el proceso. Dicha labor de gestión implica la planificación, control y dirección de los procesos cognitivos hacia una meta, las cuales deben de efectuarse con concentración, esfuerzo y motivación. Donde el docente es un guía para el estudiante instruyéndolo en cómo aprender a aprender, aprender a hacer, y aprender a pensar (Torrano et al., 2017), además de proveerlos de estrategias cognitivas para elaborar, diferenciar, organizar, integrar y adaptar conocimientos, creando ambientes favorables para el aprendizaje activo. El docente también les ayuda a desarrollar habilidades de autoregulación académica, metacognitivas, cognitivas, analíticas, reflexivas, investigativas y comportamentales, las cuales son modificables y ajustables en el tiempo. Midgley et al. (2002) aportan sugerencias interesantes para diseñar ambientes de aprendizaje significativos basado en el trabajo cooperativo, involucrando a los estudiantes en la toma de decisiones.

La clase invertida es un modelo pedagógico en el cual los estudiantes adquieren conocimientos de forma autónoma a través de vídeos educativos, grabaciones y otros materiales didácticos haciendo posible que el tiempo de la clase presencial se dedique a actividades interactivas como resolución de dudas, planteamiento y resolución de problemas, debates, prácticas, entre otras actividades bajo la supervisión del profesor (Sabater-Mateu et al., 2017; Bergmann y Sams, 2009). Este modelo pedagógico permite la reorganización de tiempo que incluye la evaluación formativa y sumativa (Milman, 2012) y de un conjunto amplio de consideraciones curriculares encaminadas a fomentar la participación activa de los estudiantes dentro y fuera de aula, apoyados en el trabajo colaborativo y en el incremento del tiempo de trabajo en clase (Melo y Sánchez, 2017). Lo cual tiene implicaciones inmediatas en la autonomía, motivación, solución de problemas, toma de decisiones, interacción estudiante-estudiante y estudiante-profesor y en su satisfacción; modelo escasamente utilizado en las prácticas de laboratorio (Melo y Sánchez, 2017).

Esta metodología requiere que el estudiante tenga una actitud responsable frente a las obligaciones académicas al destinar tiempo fuera de la clase al estudio de los contenidos, adquiriendo los conocimientos necesarios antes de la clase y mejorando con ello su comprensión conceptual (Artal Sevil et al., 2017), incluso, solicitar tutoría para solventar sus inquietudes previo a poner a prueba su desenvolvimiento en el aula/laboratorio. El aula adquiere un nuevo significado, tanto estudiantes como profesores están involucrados con responsabilidad en el proceso desde la organización hasta la evaluación, siendo la clase un espacio constructivo de comunicación, de aprendizaje activo, autónomo, colaborativo, cooperativo y de socialización (Chilingaryan y Zvereva, 2017; Mejía et al., 2017). Ambos, estudiantes y docente, están en un proceso continuo de interacción-aprendizaje que es creativo, activo, analítico y reflexivo; enfrentado desafíos, resolviendo problemas, formulando hipótesis, ejecutando proyectos, investigando e innovando. Esto no implica una pérdida de autoridad por parte del docente, su papel sigue siendo esencial como facilitador al ser la fuente de información que interviene, orienta y guía todo el proceso.

Esta metodología permite distintos ritmos de aprendizaje, valorando el aprendizaje de cada estudiante de forma independiente, desarrollando un conjunto de actividades individuales, por equipos o en colectivo donde demuestran lo ya aprendido y se establecen nuevas metas de aprendizaje y de adquisición de habilidades, las cuales abarcan un amplio espectro: uso de bases de datos, análisis e interpretación de datos, búsqueda bibliográfica sobre temas específicos, planteamiento y resolución de problemas, liderazgo, trabajo cooperativo, gestión, entre otras (Mejía et al., 2017).

La enseñanza de las Ciencias Biológicas promueve el uso del laboratorio con fines académicos (procedimentales, conceptuales, y actitudinales), experimentales y de investigación creativa, que permite la construcción de conceptos y el aprendizaje del conocimiento científico autónomo y guiado (Zorrilla y Mazzitelli, 2016). Las prácticas de laboratorio también estimulan la curiosidad de los estudiantes por la investigación, la exploración, el descubrimiento, la manipulación de procesos y de fenómenos biológicos, así como la formulación de hipótesis (Bravo et al., 2016); lo cual influirá en su formación académica y futuro perfil profesional. Las mallas curriculares de las carreras suelen reservar un tiempo reducido para las prácticas de laboratorio en las distintas ramas de las ciencias, lo cual puede atribuirse a la falta de instalaciones o de recursos económicos adecuados, a la limitada formación de los docentes, al excesivo número de estudiantes, a deficiencias en la planificación docente, entre otras (Zorrilla y Mazzitelli, 2016).

Por lo antes expuesto consideramos conveniente contribuir a la formación de los estudiantes universitarios de las carreras de Biología, Ciencias Farmacéuticas, Ingeniería Agropecuaria, Ingeniería Forestal e Ingeniería Ambiental, particularmente en la asignatura de Botánica General, materia básica que se imparte en primer año de las disciplinas antes mencionadas. Para la realización de la práctica de laboratorio de “granos de almidón” se aplicó un enfoque de clase invertida, con un tiempo de duración presencial de 7 horas y media dividida en tres sesiones consecutivas, preferiblemente a no más de 20 alumnos por sesión de laboratorio.

El almidón

El almidón es el segundo polímero más abundante en la naturaleza, es biodegradable y su costo de extracción es bajo (Ayorinde et al., 2013). Estructuralmente está formado por dos polisacáridos: la amilosa (polímero lineal) y amilopectina (polímero ramificado), que representan aproximadamente el 98-99% de su peso seco (Soares et al., 2011; Agama-Acevedo et al., 2005; Millán-Testa et al., 2005). Presenta propiedades fisicoquímicas (ej.: gelatinización y retrogradación) y funcionales (ej.: solubilidad, hinchamiento, absorción de agua, espesante, aglutinante, emulsionante) que se deben fundamentalmente a su estructura granular (Millán-Testa et al., 2005). Nutricionalmente se clasifica en tres categorías: almidón de rápida digestión, almidón lentamente digerible y almidón resistente (Santana y Meireles, 2014). Según los patrones de rayos X los granos de almidón se clasifican en dos categorías alomórficas: el tipo A (cereal, tapioca y almidón de mango), el tipo B (batata) y el tipo C (leguminosas y plátanos) que es una mezcla de los dos tipos anteriores (Soares et al., 2011).

El almidón los podemos encontrar de forma natural en las semillas de monocotiledóneas (60-80% de su peso seco: maíz, trigo, arroz, avena, cebada, palmas), en semillas de dicotiledóneas (25-50% de su peso: garbanzo, haba, guisante), en frutos verdes o inmaduros (23-70% de su peso seco: plátano, mango, pepino, aguacate), en raíces o tubérculos (12-84% de su peso seco: papa, malanga, yuca) (Wijesinghe et al., 2015; Santana y Meireles, 2014; Hernández et al. 2008; Agama et al., 2005; Ortega, 2003). Según su origen los almidones pueden ser nativos o modificados (Santana y Meireles, 2014; Ayorinde et al., 2013). Los almidones nativos son de utilidad limitada al carecer de ciertas propiedades funcionales deseadas aunque se hidratan con facilidad al calentarse en agua, hinchándose y gelificándose, cuyo gel es poco estable y tolerante a la acidez y presenta una baja resistencia a las presiones (Santana y Meireles, 2014; Ayorinde et al., 2013). En la industria se modifican las propiedades físicas y químicas del almidón nativo para conferirle las propiedades necesarias para usos específicos (Santana y Meireles, 2014; Ayorinde et al., 2013).

Por sus propiedades presenta un alto valor en la industria: (1) alimentaria (aditivo para espesar salsas, sopas y bebidas; aglutinante, estabilizadores, gelificante coloidal, agente de retención de agua) (Nwokocha et al., 2014; Otegbayo et al., 2010; Izidoro et al., 2006), (2) cosmética y textil (fabricación de pinturas, tintes y cosméticos), (3) farmacéutica (entre los diez primeros excipientes, además como desintegrante, deslizante o lubricante (en forma de polvo) o como aglutinante en forma mucilaginoso) (Ayorinde et al., 2013), (4) papel (mejorando su resistencia), (5) química (producción de polisacáridos derivados de diferentes tipos de almidones; fabricación de plásticos biodegradables, detergentes, agentes purificadores de agua, adhesivos y productos agroquímicos) (Wijesinghe et al., 2015; Santana y Meireles, 2014).

El objetivo general es doble, por una parte diseñar material propio para el proceso de enseñanza-aprendizaje de las técnicas de análisis de granos de almidón de la asignatura Botánica General en el contexto universitario, así como la valoración de la experiencia educativa.

Objetivos de la práctica de laboratorio: (1) extracción de granos de almidón de *Ipomoea batata* (L.) Lam., *Manihot esculenta* Crantz, *Pachyrhizus erosus* (L.) Urb., *Xanthosoma sp.* Schott, *Zea mays* L., *Cucurbita pepo* L. y *Persea americana* Mill.; (2) determinar la solubilidad del almidón extraído de cada especie, estableciendo las diferencias entre las especies; (3) determinar la capacidad de absorción de humedad del almidón por especie, estableciendo las diferencias entre las especies; (4) determinar las variaciones del gel de almidón de cada especie y entre las especies cuando se aplica una solución de yodo; (5) determinar el contenido de cenizas en cada especie y las variaciones entre las especies; (6) determinar las variaciones morfológicas del grano de almidón en cada especie y entre las especies bajo el microscopio de luz (LM).

Objetivos de la experiencia: (1) diseñar material propio para la enseñanza-aprendizaje de las técnicas de análisis de granos de almidón en el contexto universitario; (2) fomentar el aprendizaje autónomo y el pensamiento crítico y complejo; (3) aplicar los conocimientos teóricos aprendidos en clase a la actividad práctica; (4) favorecer la competencia de autorregulación del estudiante; (5) promover el interés de los estudiantes por aprender; (6) valorar la percepción de los estudiantes en relación a la metodología empleada, al contenido del protocolo de la práctica, al desarrollo de la actividad, y al análisis y valoración de los resultados.

METODOLOGÍA

El presente estudio se desarrolló durante la estancia de Rivero-Guerra (PhD.) como “Profesora Invitada” en la Universidad de Cartagena, Colombia. El estudio se efectuó en 4 paralelos de la Carrera de Biología (Facultad de Ciencias) y en dos paralelos de la Carrera de Ciencias Farmacéuticas (Facultad de Farmacia), con 25 estudiantes cada uno, para un total de 150 participantes.

Práctica de laboratorio de granos de almidón

El material biológico objeto de estudio consistió en tubérculos de *Ipomoea batata*, *Pachyrhizus erosus*, y *Xanthosoma sp.*, raíces tuberosas de *Manihot esculenta*, semillas de *Zea mays* y *Cucurbita pepo* y la pulpa del fruto de *Persea americana* todos adquiridos en el mercado local de la ciudad de Cartagena, Colombia, a excepción del material de *Pachyrhizus erosus* que fue proporcionado por la docente. Se diseñó un instructivo para desarrollar una práctica de laboratorio para el estudio de granos de almidón aplicado a la asignatura de Botánica General; provisto de imágenes de apoyo tomadas al microscopio electrónico de transmisión y de luz polarizada las cuales han sido proporcionadas por cortesía de C. Cagnato (PhD.). Se les entregó, además, un audio donde el docente explica paso a paso todo el procedimiento a desarrollar durante la actividad. En la práctica se aplicó el modelo de clase invertida.

La práctica tiene un tiempo de duración de 7 horas y media, distribuidas en tres sesiones consecutivas. El docente al inicio de cada sesión de trabajo y a través de preguntas y respuesta con sus estudiantes realiza el debate introductorio del trabajo a realizar, además de clarificar las inquietudes de los alumnos. El docente supervisa el desarrollo de cada una de las sesiones de laboratorio. El trabajo en el laboratorio es cooperativo, compartiendo los materiales de laboratorio por pareja. Los equipos de laboratorio se comparten de forma grupal. En la primera sesión, de hora y media de duración, se efectúa la extracción de los granos de almidón y se dejan secando en la estufa hasta el día siguiente. En la segunda sesión, de tres horas de duración, se efectúan 5 ensayos (test de solubilidad, test de absorción de agua, test de yodo, estudio del contenido de cenizas y estudio de gelatinización) y se cumplimentan las Tablas 1-5. En esta segunda sesión se recomienda comenzar por los dos últimos ensayos ya que requieren varias horas para cumplimentarse. Al final de la segunda sesión se podrá cumplimentar la Tabla 5, quedando la Tabla 4 pendiente de culminar en la siguiente sesión. En la tercera y última sesión, de tres horas de duración se concluye con el ensayo del contenido de cenizas y se termina de cumplimentar la Tabla 4. Se efectúa, además, el estudio de las “variaciones morfológicas granulares del almidón a través del microscopio de luz (LM)”, se cumplimenta la Tabla 6. Al final de la última sesión se realiza la interpretación y debate de los resultados obtenidos apoyados en el cuestionario, cada pareja de estudiantes expone su experiencia y valora lo aprendido. Las conclusiones de toda la actividad se realiza en conjunto (estudiantes-profesor), plasmándolas en el pizarrón. La preparación de informe es individual y lo efectúa el estudiante fuera del laboratorio, como parte sus actividades extraclase.

Percepción de los estudiantes

Un cuestionario de 33 preguntas se aplicó a los estudiantes que participaron en la práctica de laboratorio de granos de almidón. Cada ítem se valora entre 1 (nada adecuado) y 5 (muy adecuado) excepto para la pregunta 1. Los valores de la pregunta 1 indican: (1) menos de 30 minutos, (2) entre 30 minutos y una hora, (3) entre 1 hora y 2 horas, (4) más de 2 horas, (5) no efectuó la preparación previa.

Las interrogantes fueron las siguientes:

(1) Especifique el tiempo que le dedicó a la preparación previa a la práctica de laboratorio, (2) Establezca su grado de preparación previa a la práctica siguiendo las sugerencias de la docente, (3) Determine su grado de comprensión cuando el docente explicó las normas y el trabajo a realizar, (4) Valore la explicación ofrecida por el docente en la clase teórica sobre la programación, los objetivos a lograr, las actividades a desarrollar, la metodología a emplear, la bibliografía, la distribución del tiempo y el sistema de calificación de la práctica de laboratorio previo a su realización, (5) Valore la enseñanza del docente en relación a la manipulación de los materiales, instrumental y equipos en el laboratorio que favorece su trabajo autónomo, (6) Asigne el nivel de aplicación de los contenidos teóricos impartidos en clase a la práctica, (7) Valore el desempeño del docente al supervisar el desarrollo de la práctica, (8) Valore el material didáctico proporcionado por la docente, (9) ¿Cómo considera el contenido temático de la práctica?, (10) ¿El material biológico propuesto para la práctica se adecúa a las posibilidades de acceso de los estudiantes?, (11) Establezca el nivel de claridad, comprensibilidad y facilidad de evaluar los objetivos propuestos en la práctica de laboratorio, (12) ¿La metodología empleada para la práctica se adecúa al nivel de claridad y comprensión que precisa el estudiante?, (13) ¿Qué le ha parecido el protocolo de la práctica?, (14) ¿La bibliografía proporcionada por el docente es adecuada a los contenidos de la práctica?, (15) Señale si la

estructura de las tablas a cumplimentar se adecúan a la comprensión de los estudiantes, (16) ¿Cómo ha sido su desempeño al aplicar los conocimientos teóricos recibidos en clase a la práctica de laboratorio?, (17) Valore el logro de los objetivos propuestos en el tiempo designado para la práctica, (18) Fije su grado de aprendizaje activo en el laboratorio, (19) Defina su grado de aprendizaje autónomo en el laboratorio después de haber clarificado todas sus inquietudes con el docente, (20) Señale su grado de aprendizaje en el laboratorio a través del experimento, (21) Valore la utilidad de los conocimientos adquiridos para su futuro desempeño profesional, (22) Pondere la utilidad de los conocimientos adquiridos para su desempeño en otras asignaturas de la carrera, (23) Valore la organización durante el desarrollo de la práctica, (24) Valore el estado de la infraestructura del laboratorio, (25) Valore el estado de los microscopios, (26) ¿Cómo ha sido el clima de trabajo durante la ejecución de la práctica de laboratorio?, (27) ¿Cómo ha sido la relación con sus compañeros?, (28) ¿Cómo ha sido la relación estudiante-docente?, (29) ¿Cómo ha sido la disciplina del paralelo durante el desarrollo de la práctica?, (30) ¿Cuál ha sido su grado de satisfacción con la práctica?, (31) ¿Cuál ha sido su percepción general sobre el aprendizaje en esta práctica?, (32) En términos generales ¿cómo valora la práctica de laboratorio?, (33) Valore la calificación otorgada por el docente a su trabajo en el laboratorio y al informe presentado.

La encuesta efectuada fue anónima y durante su ejecución el docente salió del aula, siendo el presidente del paralelo el encargado de recoger las encuestas cumplimentadas y entregarlas al docente. La opinión de cada participante fue considerada en todos los análisis como una unidad independiente operativa. A los datos se les aplicó la técnica de escalamiento óptimo para explorar la estructura de correlación entre las variables cualitativas, estableciendo la importancia relativa de cada variable en la disimilitud entre los paralelos mediante un análisis de correspondencias múltiples, al ser todas las variables del modelo nominales múltiples. Las dimensiones extraídas por el modelo (D1 y D2) se analizaron mediante la técnica de Anova de una Vía para determinar la variación a nivel de paralelo. Aplicando el análisis de discriminante por pasos se determinó: (1) el paralelo al cual cada estudiante presenta una mayor probabilidad de pertenecer, (2) la disimilitud entre los paralelos, y (3) la importancia relativa de cada variable cualitativa a la distinción entre paralelos.

La técnica de Anova de una vía fue aplicada después de asegurarnos que los valores de cada dimensión presentaban una distribución normal (contraste de Shapiro-Wilk) y se cumplía con el criterio de homogeneidad de varianzas (Prueba de Levene) (Dytham, 2003; Grafen y Hails, 2003). Se emplearon los paquetes estadísticos STATISTICA versión 7.0 (StatSoft, Tulsa, Oklahoma) y SPSS versión 20.0 (SPSS, Chicago, Illinois). El coeficiente de correlación fue considerado alto para $r \geq 0,75$, moderado cuando $0,50 \leq r < 0,75$, y bajo cuando $r < 0,50$. Los resultados fueron considerados significativos si la probabilidad de la hipótesis nula fue menor que 0,05.

PRÁCTICA DE LABORATORIO DE GRANOS DE ALMIDÓN

A continuación se describe brevemente el material biológico usado, los equipos, los materiales, y los reactivos. Luego se dan detalles del procedimiento empleado.

Material biológico

El material biológico objeto de estudio consistió en tubérculos de *Ipomoea batata*, *Pachyrhizus erosus*, y *Xanthosoma sp.*, raíces tuberosas de *Manihot esculenta*, semillas de *Zea mays* y *Cucurbita pepo* y la pulpa del fruto de *Persea americana*.

Equipos

Se precisa el uso de los siguientes equipos: balanza analítica, licuadora, frigorífico convencional, estufa/horno, desecador, baño de María y microscopio óptico.

Materiales

Se precisa el uso de los siguientes materiales: tamiz de 75 mm, espátulas, placas de Petri, vasos de precipitado de 1 ml, 2 ml, 10 ml, 1 L, y 5 L, mortero, cuchillo de cocina, tubos de ensayos, bolsas de plástico con cierre hermético, crisol, gradilla, guantes, cuaderno de notas y bolígrafo. Estudiantes y docente deberán de llevar bata de laboratorio a la práctica.

Reactivos

Agua destilada, etanol al 65%, solución de yodo al 0,1 N y al 0,05%. Ninguno de los reactivos requiere medidas de protección especiales.

Procedimiento

Extracción de los granos de almidón: Los tubérculos de *Ipomoea batata*, *Pachyrhizus erosus*, y *Xanthosoma sp.*, y la raíz de *Manihot esculenta* se pelan, lavan y pesan (500 g por especie) pasando cada muestra por un rayador manual. Las semillas de *Zea mays* y *Cucurbita pepo* se lavan y pesan (500 g por especie), así como la pulpa de *Persea americana* (500 g), tritúndose en un mortero o en una licuadora por separado. Cada suspensión se dispersa en cinco veces su volumen en agua destilada y la fibra e impurezas se eliminan pasando cada muestra a través de un tamiz de 75 mm. Se reserva en tubos de ensayos 5 ml de cada muestra por especie, los cuales se tapan y se conservan en un frigorífico a 2°C. Se desecha el sobrenadante y después se lava el sedimento (almidón) varias veces con agua destilada para eliminar impurezas. El almidón extraído de cada especie se extiende sobre una bandeja (una por cada especie) y se seca al aire libre durante varios días o en una se estufa a una temperatura de 25°C durante una noche, esta última opción es recomendada cuando la práctica se cumplimenta en tres sesiones en dos o tres días consecutivos. Las muestras secas de cada especie se pulverizan por separado en un mortero y se tamizan. El almidón seco se envasa en bolsas cerradas con cierre hermético (una bolsa por especie) guardándolas a temperatura ambiente hasta su análisis, en caso de ser usado inmediatamente no se precisa de este paso.

Test de solubilidad: Se sigue la metodología de Wijesinghe et al. (2015). Se pesan cinco muestras por especie de 1 gramo cada una y se vierten en vasos de precipitado con 1 ml, 2 ml, 10 ml, 1 litro y 5 litros de agua destilada a 30°C, se agita manualmente; se observa y anota la solubilidad de cada una. Se repite el procedimiento empleando como disolvente etanol al 65%. Los datos se plasman en la Tabla 1 A y B.

Tabla 1: Variación interespecífica de la solubilidad del almidón. A: en agua. B: en etanol 65%.

A: Especie	VP (1 ml)	VP (2 ml)	VP (10 ml)	VP (1000 ml)	VP (5000 ml)
<i>Cucurbita pepo</i>					
<i>Ipomoea batata</i>					
<i>Manihot esculenta</i>					
<i>Pachyrhizus erosus</i>					
<i>Persea americana</i>					
<i>Xanthosoma sp.</i>					
<i>Zea mays</i>					

B: Especie	VP (1 ml)	VP (2 ml)	VP (10 ml)	VP (1000 ml)	VP (5000 ml)
<i>Cucurbita pepo</i>					
<i>Ipomoea batata</i>					
<i>Manihot esculenta</i>					
<i>Pachyrhizus erosus</i>					
<i>Persea americana</i>					
<i>Xanthosoma sp.</i>					
<i>Zea mays</i>					

Test de absorción de agua: El test se efectuó siguiendo el protocolo de Wijesinghe et al. (2015). Se pesan 7 placas de Petri. Se toman 2 gramos de muestra por especie y se distribuyen uniformemente sobre cada placa de Petri; se repite la pesada. Cada placa se coloca en un desecador con una humedad relativa del 98% y temperatura ambiente. Las muestras se pesan con regularidad hasta que alcancen un peso constante. La diferencia de peso observada en cada muestra constituirá una medida de su capacidad de absorción de humedad. Los datos se plasman en la Tabla 2.

Test del yodo: Se sigue la metodología de Wijesinghe et al. (2015). Se pesa un gramo de almidón por especie y se vierte cada uno en un vaso de precipitado que contenga 15 ml de agua destilada, dejándola hervir y a posteriori enfriar. Una vez frío se le añade unas gotas de solución de yodo 0,1 N a la masa gelatinosa que se formó. Se determinará si las muestras se tiñen o no de azul. Se anotan las observaciones en la Tabla 3.

Contenido de cenizas: Se pesan cada uno de los crisoles que se van a emplear y a continuación se pesan 2 gramos de muestra por especie, añadiéndola a cada crisol. Los crisoles con las muestras se vuelven a pesar. Cada crisol se coloca en un horno a temperatura de 200°C durante 6 horas. Después se pesa cada crisol con la muestra incinerada y se determina el contenido de cenizas (ver datos en la Tabla 4)

Tabla 2: Variación interespecífica de la humedad absorbida por el almidón. PPP: peso de la placa de petri, g. PPPM: peso de la placa de Petri+muestra, g. PPPMH: peso de la placa de Petri+muestra+humedad absorbida, g.

ESPECIE	PPP (g)	PPPM (g)	PPPMH (g)	Humedad Absorbida (g) (PPPMH-PPPM)
<i>Cucurbita pepo</i>				
<i>Ipomoea batata</i>				
<i>Manihot esculenta</i>				
<i>Pachyrhizus erosus</i>				
<i>Persea americana</i>				
<i>Xanthosoma sp.</i>				
<i>Zea mays</i>				

Tabla 3: Variación interespecífica de la tinción del almidón en una solución de yodo.

ESPECIE	SE TIÑE DE AZUL	NO SE TIÑE DE AZUL
<i>Cucurbita pepo</i>		
<i>Ipomoea batata</i>		
<i>Manihot esculenta</i>		
<i>Pachyrhizus erosus</i>		
<i>Persea americana</i>		
<i>Xanthosoma sp.</i>		
<i>Zea mays</i>		

Tabla 4: Variación interespecífica del contenido de cenizas en muestras de almidón. PC: peso del crisol, mg. PCM: peso del crisol+muestra, mg. PCI: peso del crisol+muestra incinerada. Cenizas% = $(PCI-PC/PCM-PC) \times 100$.

ESPECIE	PC	PCM	PCI	CENIZAS (%)
<i>Cucurbita pepo</i>				
<i>Ipomoea batata</i>				
<i>Manihot esculenta</i>				
<i>Pachyrhizus erosus</i>				
<i>Persea americana</i>				
<i>Xanthosoma sp.</i>				
<i>Zea mays</i>				

Estudio de gelatinización: Se sigue el protocolo de Otegbayo et al. (2010). Por cada especie se preparan suspensiones de muestra de 2-20% (p / v) en tubos de ensayo con 5 ml de agua destilada cada uno y se mezclan con un agitador durante 5 min, manteniéndose durante 1 h en Baño de María en ebullición seguido por un enfriamiento rápido bajo presión de agua fría. A posteriori los tubos se introducen en una cámara frigorífica a 4°C durante un máximo de 2 h. Al término los tubos se colocan en posición invertida. La menor concentración de gelificación es la concentración a la cual la muestra no se desplaza del interior del tubo. Las observaciones se plasman en la Tabla 5.

Variaciones Morfológicas Granulares del Almidón a través del Microscopio de Luz (LM): Una gota de la solución de almidón de cada tubo de ensayo se coloca en un portaobjeto, tiñendo los almidones con una gota de solución de yodo al 0,05%. En el protaobjeto se coloca glicerina y se mezcla con las soluciones de

almidón y de yodo, lo que permite rotar los granos de almidón para su visualización al microscopio óptica (LM), encima se coloca el cubreobjetos. Las observaciones se efectúan bajo el microscopio óptico usando la magnificación de 10x-100x, para esta última se emplea aceite de inmersión. Se estudian al azar 10 granos de almidón por especie. La caracterización de los almidones se refuerza mediante imágenes tomadas al microscopio electrónico de barrido que son proporcionadas por el docente (Figs. 1 y 2)

Tabla 5: Variación interespecífica de la concentración de gelificación del almidón. 0: la muestra se desplaza en el interior del tubo. 1: la muestra no se desplaza en el interior del tubo.

ESPECIE	TUBO (2%)	TUBO (4%)	TUBO (6%)	TUBO (8%)	TUBO (10%)	TUBO (12%)	TUBO (14%)	TUBO (16%)	TUBO (18%)	TUBO (20%)
<i>Cucurbita pepo</i>										
<i>Ipomoea batata</i>										
<i>Manihot esculenta</i>										
<i>Pachyrhizus erosus</i>										
<i>Persea americana</i>										
<i>Xanthosoma sp.</i>										
<i>Zea mays</i>										

Tabla 6: Variación interespecífica de las características morfológicas del grano de almidón.

ESPECIE	LGT (μm)	ANC (μm)	TIP	FRM	PDH	FDH	FIS	LAM
<i>Cucurbita pepo</i>								
<i>Ipomoea batata</i>								
<i>Manihot esculenta</i>								
<i>Pachyrhizus erosus</i>								
<i>Persea americana</i>								
<i>Xanthosoma sp.</i>								
<i>Zea mays</i>								

Las variables cuantitativas a estudiar son las siguientes: la longitud de cada grano (eje más largo), anchura (eje perpendicular al anterior) y diámetro (solo en granos circulares). Las variables cualitativas a estudiar son (Piperno, 2009; Aceituno Bocanegra y López Sáez, 2012): tipo (simple/compuesto), forma, posición del hilum (céntrica o excéntrica), forma del hilum (arco, cruz, estrellado, puntiforme, lineal, cicatriz), presencia/ausencia de grietas o fisuras, presencia/ausencia de lamellae. Los datos se plasman en la Tabla 6. La forma del grano de almidón es muy variable (Piperno, 2009; Aceituno Bocanegra y López Sáez, 2012): campana (forma semiesférica), circular (diámetro igual en cualquiera de sus puntos), alargado (con forma irregular), irregular (sin morfología definida), ovalado (forma redondeada con ejes mayor y menor), poliédrico (angular con caras o 'facetas de presión' visibles), poligonal (angular sin facetas visibles), cónico (forma de cono), elipsoidal (forma de elipse), y reniforme (forma de riñón). LGT: longitud. ANC: ancho. TIP: tipo (simple/compuesto). FRM: forma (campana, circular, alargado, irregular, ovalado, poliédrico, poligonal, cónico, elipsoidal, y reniforme). PDH: posición del hilum (céntrica/excéntrica). FDH: forma del hilum (arco, cruz, estrellado, puntiforme, lineal, cicatriz). FIS: fisura (presente/ausente). LAM: lamellae (presente/ausente).

Análisis e interpretación de los resultados: Se analizan e interpretan los datos de las Tablas 1-6 a nivel de especie y entre las especies. El estudiante puede elaborar gráficos que ayuden a la interpretación de los resultados, si así lo prefiere. El siguiente cuestionario guiará a los estudiantes en el análisis e interpretación de los resultados.

Cuestionario: 1. Valore la variación interespecífica de la solubilidad del almidón en agua y alcohol, ¿cuáles especies presentan la mayor y menor solubilidad en función de cada disolvente?, justifique su respuesta. 2. ¿Cuáles especies presentan la mayor y menor capacidad de absorción de humedad?, interprete los resultados. 3. ¿Qué variaciones interespecíficas observó en relación a la tinción del almidón con una solución de yodo?, fundamente su respuesta. 4. Compare y valore las variaciones a nivel interespecífico del

contenido de cenizas del almidón. 5. ¿Cuál es la concentración de gelificación del almidón para cada una de las especies estudiadas?, si encuentra diferencias interespecíficas fundamente los resultados. 6. Compare y valore la variación interespecífica de los caracteres cuantitativos y cualitativos de los granos de almidón. 7. Describa las características morfológicas del grano de almidón de cada una de las especies estudiadas.

Preparación del informe: El informe debe de tener la siguiente estructura: introducción, justificación, objetivos, materiales y métodos, resultados, discusión, conclusiones, anexos, y bibliografía.

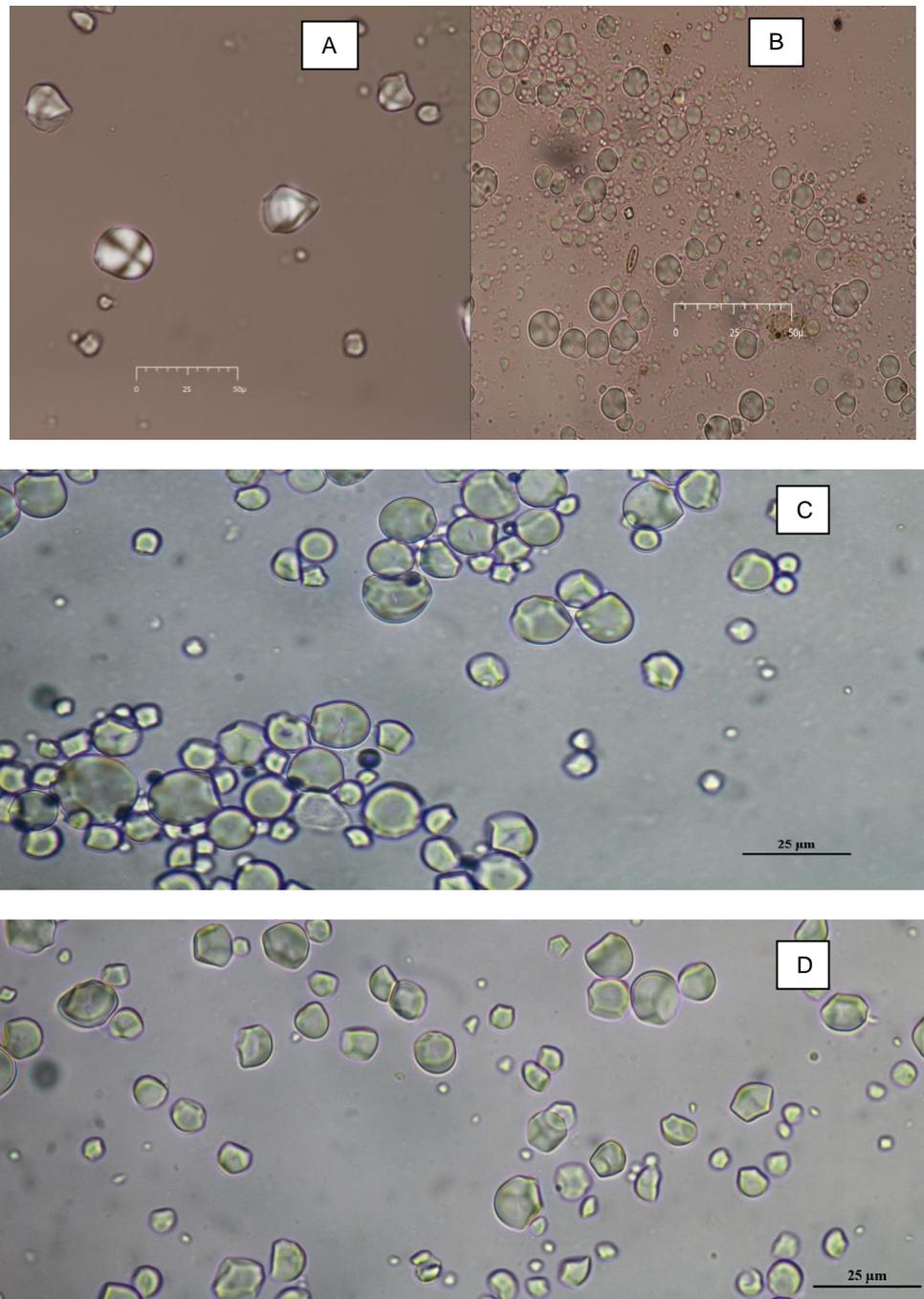


Fig. 1: Granos de almidón de *Manihot esculenta* Crantz (A: tubérculo) X600 (TL), *Xanthosoma* sp. (B: tubérculo) X400 (TL), *Ipomoea batatas* (L.) Lam. (C: tubérculo) X400 (PL), *Pachyrhizus erosus* (L.) Urb. (D: tubérculo) X600 (TL). TL: microscopio de transmisión. PL: microscopio de luz polarizada. Imágenes por cortesía de Clarissa Cagnato, PhD.

RESULTADOS

La Tabla 7 muestra que la percepción general de los estudiantes en relación a la práctica de laboratorio de granos de almidón por el método de la clase invertida fue claramente favorable, aunque destinaron un tiempo muy limitado a la preparación previa a su realización, solo el 1,33% de los estudiantes destinó hasta 2 horas en este concepto. Ninguna de las variables objeto de estudio fue valorada desfavorablemente.

Las variables P4, P10, P17-P19, P26, P29 fueron eliminadas del modelo para el análisis estadístico por tener varianza cero, al existir criterio unánime en los estudiantes respecto a: (1) la orientación del docente previo a la práctica, (2) la accesibilidad al material biológico, (3) el logro de los objetivos en el tiempo establecido, (4) que el aprendizaje en el laboratorio fue activo y autónomo, (5) que el clima de trabajo en el laboratorio fue adecuado, y (6) que la disciplina estuvo en correspondencia con las normas.

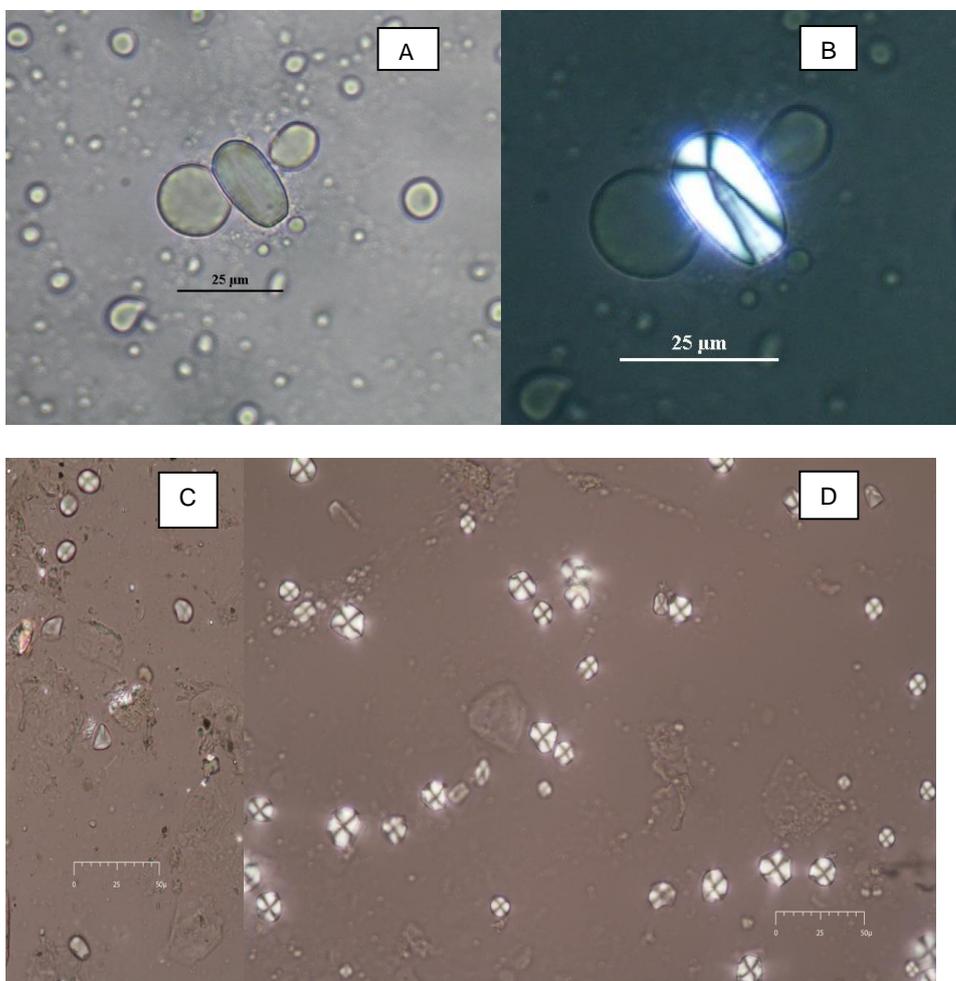


Fig. 2: Granos de almidón de *Persea americana* Mill. (fruto) X600 (A: TL, B: PL), *Cucurbita pepo* L. (C: semilla) X400 (PL), *Zea mays* subsp. *mays* (D: semillas) X400 (PL). TL: microscopio de transmisión. PL: microscopio de luz polarizada. Imágenes por cortesía de Clarissa Cagnato, PhD.

Tabla 7: Percepciones de los estudiantes respecto a la importancia, realización y valoración de los resultados de la práctica de laboratorio de granos de almidón correspondiente a la asignatura de Botánica General mediante el método de clase invertida.

Variable	Parámetro	Frecuencia (%)
P1: Especifique el tiempo que le dedicó a la preparación previa a la práctica de laboratorio.	Entre 30 minutos y 1 hora	128 (85,33%)
	Menos de 30 minutos	20 (13,33)
	Entre 1 hora y 2 horas	2 (1,33%)
P2: Establezca su grado de preparación previa a la práctica siguiendo las sugerencias de la docente.	Adecuado	133 (88,86%)
	Muy adecuado	17 (11,33%)
P3: Determine su grado de comprensión cuando el docente explicó las normas y el trabajo a realizar.	Adecuado	26 (17,33%)
	Muy adecuado	124 (82,66%)

Tabla 7 (continuación)

P4: Valore la explicación ofrecida por el docente en la clase teórica sobre la programación, los objetivos a lograr, las actividades a desarrollar, la metodología a emplear, la bibliografía, la distribución del tiempo y el sistema de calificación de la práctica de laboratorio previo a su realización.	Muy adecuado	150 (100%)
P5: Valore la enseñanza del docente en relación a la manipulación de los materiales, instrumental y equipos en el laboratorio que favorece su trabajo autónomo.	Ni adecuado ni inadecuado	3 (2,00%)
	Adecuado	66 (44,00%)
	Muy adecuado	81 (54,00%)
P6: Asigne el nivel de aplicación de los contenidos teóricos impartidos en clase a la práctica.	Adecuado	81 (54,00%)
	Muy adecuado	69 (46,00%)
P7: Valore el desempeño del docente al supervisar el desarrollo de la práctica.	Adecuado	1 (0,66%)
	Muy adecuado	149 (99,33%)
P8: Valore el material didáctico proporcionado por la docente.	Adecuado	46 (30,66%)
	Muy adecuado	104 (69,33%)
P9: ¿Cómo considera el contenido temático de la práctica?	Adecuado	112 (74,66%)
	Muy adecuado	38 (25,33%)
P10: ¿El material biológico propuesto para la práctica se adecúa a las posibilidades de acceso de los estudiantes?	Muy adecuado	150 (100%)
P11: Establezca el nivel de claridad, comprensibilidad y facilidad de evaluar los objetivos propuestos en la práctica de laboratorio.	Adecuado	70 (46,66%)
	Muy adecuado	80 (53,33%)
P12: ¿La metodología empleada para la práctica se adecúa al nivel de claridad y comprensión que precisa el estudiante?	Adecuado	91 (60,66%)
	Muy adecuado	59 (39,33%)
P13: ¿Qué le ha parecido el protocolo de la práctica?	Adecuado	105 (70,00%)
	Muy adecuado	45 (30,00%)
P14: ¿La bibliografía proporcionada por el docente es adecuada a los contenidos de la práctica?	Adecuado	85 (56,66%)
	Muy adecuado	65 (43,33%)
P15: Señale si la estructura de las tablas a cumplimentar se adecúa a la comprensión de los estudiantes.	Adecuado	72 (48,00%)
	Muy adecuado	78 (52,00%)
P16: ¿Cómo ha sido su desempeño al aplicar los conocimientos teóricos recibidos en clase a la práctica de laboratorio?	Adecuado	79 (52,66%)
	Muy adecuado	71 (47,33%)
P17: Valore el logro de los objetivos propuestos en el tiempo designado para la práctica.	Muy adecuado	150 (100%)
P18: Fije su grado de aprendizaje activo en el laboratorio.	Muy adecuado	150 (100%)
P19: Defina su grado de aprendizaje autónomo en el laboratorio después de haber clarificado todas sus inquietudes con el docente.	Muy adecuado	150 (100%)
P20: Señale su grado de aprendizaje en el laboratorio a través del experimento.	Adecuado	83 (55,33%)
	Muy adecuado	67 (44,66%)

Tabla 7 (continuación)

P21: Valore la utilidad de los conocimientos adquiridos para su futuro desempeño profesional.	Ni adecuado ni inadecuado	50 (33,33%)
	Adecuado	84 (56,00%)
	Muy adecuado	16 (10,66%)
P22: Pondere la utilidad de los conocimientos adquiridos para su desempeño en otras asignaturas de la carrera.	Ni adecuado ni inadecuado	51 (34,00%)
	Adecuado	89 (59,33%)
	Muy adecuado	10 (6,66%)
P23: Valore la organización durante el desarrollo de la práctica.	Ni adecuado ni inadecuado	18 (12,00%)
	Adecuado	85 (56,66%)
	Muy adecuado	47 (31,33%)
P24: Valore el estado de la infraestructura del laboratorio.	Algo inadecuado	10 (6,66%)
	Ni adecuado ni inadecuado	26 (17,33%)
	Adecuado	106 (70,66%)
	Muy adecuado	8 (5,33%)
P25: Valore el estado de los microscopios.	Algo inadecuado	12 (8,00%)
	Ni adecuado ni inadecuado	31 (20,66%)
	Adecuado	107 (71,33%)
P26: ¿Cómo ha sido el clima de trabajo durante la ejecución de la práctica de laboratorio?	Adecuado	150 (100%)
P27: ¿Cómo ha sido la relación con sus compañeros?	Adecuado	58 (38,66)
	Muy adecuado	92 (61,33%)
P28: ¿Cómo ha sido la relación estudiante-docente?	Ni adecuado ni inadecuado	40 (26,66%)
	Adecuado	100 (66,66%)
	Muy adecuado	10 (6,66%)
P29: ¿Cómo ha sido la disciplina del paralelo durante el desarrollo de la práctica?	Adecuado	150 (100%)
P30: ¿Cuál ha sido su grado de satisfacción con la práctica?	Adecuado	71 (47,33%)
	Muy Adecuado	79 (52,66%)
P31: ¿Cuál ha sido su percepción general sobre el aprendizaje en esta práctica?	Adecuado	37 (24,66%)
	Muy Adecuado	113 (75,33%)
P32: En términos generales ¿cómo valora la práctica de laboratorio?	Adecuado	61 (40,66%)
	Muy adecuado	89 (59,33%)
P33: Valore la calificación otorgada por el docente a su trabajo en el laboratorio y al informe presentado.	Algo inadecuado	12 (8,00%)
	Ni adecuado ni inadecuado	19 (12,66%)
	Adecuado	55 (36,66%)
	Muy adecuado	64 (42,66%)

Los estudiantes presentaron criterios disímiles en relación a las variables P5, P21, P22-P25, P28 y P33, las cuales mostraron un rango de variación más amplio. Un destacado porcentaje de estudiantes no conoce con claridad si los conocimientos adquiridos de la ejecución y resultados de la práctica les serán de utilidad para su futuro profesional (33,33%), mostrando sus dudas en relación a la aplicabilidad de lo aprendido a

otras asignaturas de su carrera (34,00%). Otro grupo de estudiantes se ha mostrado indiferente en relación a: (1) la organización del desarrollo de la práctica (12,00%), (2) el estado de la infraestructura del laboratorio (17,33%), (3) el estado de los microscopios (20,66%), (4) el vínculo estudiante-docente (26,66%), y (5) la calificación proporcionada por el docente a su trabajo en el laboratorio y al informe presentado (12,66%). El 6,66% y el 8,00% considera “algo inadecuado” el estado de la infraestructura del laboratorio y de los microscopios, respectivamente. Además, un 8,00% de los estudiantes consideró que no fueron justamente evaluados por el docente.

El rendimiento de los estudiantes en la práctica de laboratorio fue muy bueno, obteniendo calificaciones entre 4 a 5 puntos (siendo esta última la máxima calificación), aunque 12 estudiantes (8% del total) no presentó un informe con la calidad requerida por lo que su calificación fue inferior al resto de los alumnos (3,5 puntos, aprobado), aunque ninguno suspendió la actividad.

La técnica de escalamiento óptimo mediante el análisis de componentes múltiples (al ser todas las variables del modelo nominales múltiples), extrae dos dimensiones (Fig. 3 y 4), D1 (Alfa de Cronbach= 0,57; autovalor=2,37) y D2 (Alfa de Cronbach= 0,53; autovalor=2,04) con una varianza explicada inferior al 9% (D1: 8,60%, D2: 7,87%), donde todas las variables muestran una correlación muy baja ($r < 0,50$) con cada una de las dimensiones, siendo las variables P23 y P24 las que muestran mayor poder de discriminación entre paralelos (Fig. 3), no existiendo una clara distinción entre los paralelos en relación a la percepción de la práctica de laboratorio efectuada mediante el método de la clase invertida (Fig. 4), lo cual es muy positivo al demostrar un criterio bastante homogéneo entre los estudiantes, indicando el logro de los objetivos propuestos. La matriz de clasificación del discriminante indica que entre el 24% al 76% de los estudiantes de los paralelos A-F estuvieron clasificados en sus respectivos grupos, siendo el paralelo F el que alcanza los valores más altos (Fig. 5). El análisis ANOVA de una vía corrobora los resultados (Fig. 5) al mostrar significación estadística entre los paralelos a nivel multivariante (λ de Wills=0,39; $F_{10,286}=17,31$; $p \leq 0,0001$), siendo estadísticamente significativo el test univariante para las dimensiones D1 (R^2 ajustado=0,27; $F_{5,144}=12,02$; $p \leq 0,0001$) y D2 (R^2 ajustado=0,42; $F_{5,144}=22,81$; $p \leq 0,0001$), aunque el R^2 ajustado ha sido bajo.

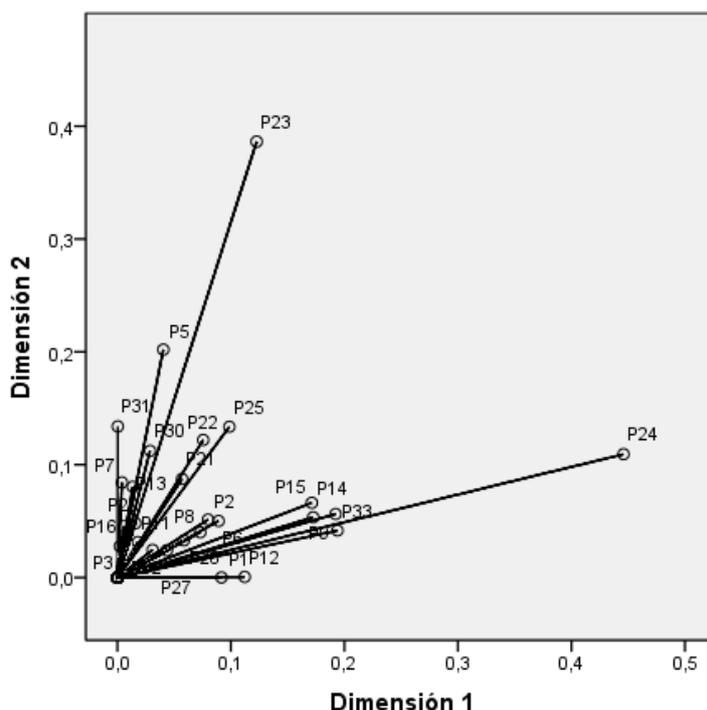


Fig. 3: Medidas de discriminación de las variables del modelo con un $r < 0,50$. D1: Alfa de Cronbach=0,57; autovalor=2,37; varianza explicada=8,60%. D2: Alfa de Cronbach=0,53; autovalor=2,04; varianza explicada=7,87%.

DISCUSIÓN

La actitud del estudiante en relación al estudio y al cumplimiento de las obligaciones docentes se inicia desde el hogar y se continúa en todos los niveles de enseñanza. En la práctica de laboratorio de “Granos de Almidón” de la asignatura de Botánica General se ha elegido el modelo de clase invertida, teniendo en consideración las necesidades de aprendizaje que plantean los estudiantes universitarios a través de los estudios efectuados en distintos países e instituciones (Núñez et al., 2014; Arbizy y Lobato, 2003; Etxabe

Urbieto, 2001). Los objetivos propuestos se lograron de forma altamente satisfactoria con el compromiso de los estudiantes con su aprendizaje autónomo disponiendo de los materiales del contenido del curso de forma electrónica, siendo ellos los receptores de una educación personalizada adaptada a los distintos ritmos de aprendizaje acotados en el tiempo, lo cual está en correspondencia con los resultados de otros investigadores (Ej.: Estrada et al., 2016; Rosales et al., 2016; Hernández et al., 2014; Lazzari, 2014; Núñez et al., 2014). Aunque Sabater-Mateu et al. (2017) concluyeron que el método de la clase invertida no es efectivo para todo tipo de estudiante ya que requiere de su madurez, un autocontrol de su aprendizaje, de su compromiso y seriedad con la asignatura, aunque fue favorable para la adquisición de conocimientos en la asignatura de Enfermería. En la experiencia descrita en esta investigación se ha logrado involucrar de forma positiva a todos los estudiantes en un entorno donde se combina la docencia directa con el aprendizaje autónomo, activo y constructivista, potenciando la interacción estudiante-docente y estudiante-estudiante. Probablemente un incremento en el trabajo colaborativo entre los estudiante, podría significar mayor impacto en el desarrollo de los procesos cognitivos, reflejándose en la mejora de los resultados de sus evaluaciones.

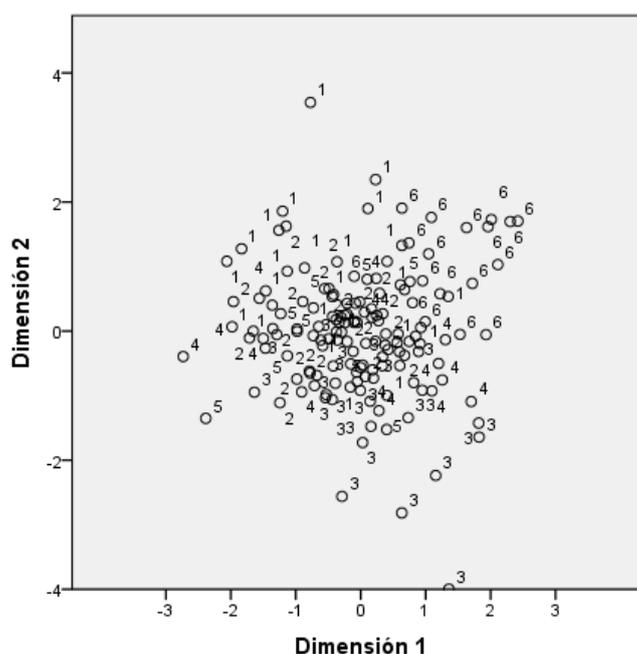


Fig. 4: Dispersión de los estudiantes de cada paralelo basado en el conjunto completo de variables analizadas que muestran correlación con las dimensiones del modelo, con una varianza explica del 8,60% (Dimensión 1) y del 7,87% (Dimensión 2). Paralelo A: 1, paralelo B: 2, paralelo C: 3, paralelo D: 4, paralelo E: 5, y paralelo F: 6.

Otros investigadores han plasmado en sus trabajos los resultados favorables de este método de enseñanza. Entre ellos destacamos a Stone (2012), Blázquez Ferrer et al. (2016), y Edwards et al. (2016) por sus investigaciones en Ciencias Biológicas. Stone (2012) obtuvo un incremento de la asistencia a clase del 93,30% al 95,30% en la asignatura Enfermedades de Origen Genético y del 74,60% al 80,00% en la asignatura Biología General debido a este método de enseñanza. En la primera asignatura se logró el 100% de retención y en la segunda el 8,1% de los estudiantes se retiró en la clase tradicional frente al 3,6% en la clase inversa. Blázquez Ferrer et al. (2016) en la actividad académica titulada “Alcaloides tropánicos de Solanáceas”, aplicada a estudiantes de tres universidades, recibieron una calificación de 4,1 en la escala del 0-5; siendo la aportación de la actividad al aprendizaje global de la asignatura la variables con menor puntaje.

Edwards et al. (2016) implementaron este método en las asignaturas de Biología Molecular, Ecología, Introducción a la microbiología, Métodos de Investigación de Campo y Biotecnología, obteniendo un 100% de retención de estudiantes durante cuatro años. En el caso particular de la asignatura de Biología Molecular tradicionalmente el 15,20% de los estudiantes suspendían la asignatura frente 2,90% por el modelo invertido, a lo que hay que añadir que el 10,10% de los estudiantes se retiró de la sección tradicional frente al 1,50% de la sesión invertida. En general, el impacto observado versó en un alto rendimiento académico, menores tasas de fracaso, mayor retención y mayor confianza en el estudiante. En nuestra experiencia se ha logrado que la totalidad de los estudiantes asistieran con entusiasmo a las tres sesiones de laboratorio que abarcó la práctica, donde el 92% de los estudiantes alcanzaron calificaciones superiores al aprobado. Se destaca que Ward et al. (2014) emplearon estrategias de aprendizaje híbridas basadas en enseñanza-investigación vinculando los departamentos de Biología y Matemáticas, existiendo

ganancias significativas en conocimiento por parte de los estudiantes en las asignaturas impartidas por el departamento de Biología, particularmente en un mayor entendimiento de los conceptos básicos botánicos; desarrollando habilidades en generar y validar hipótesis, analizar datos estadístico y en comunicación científica.

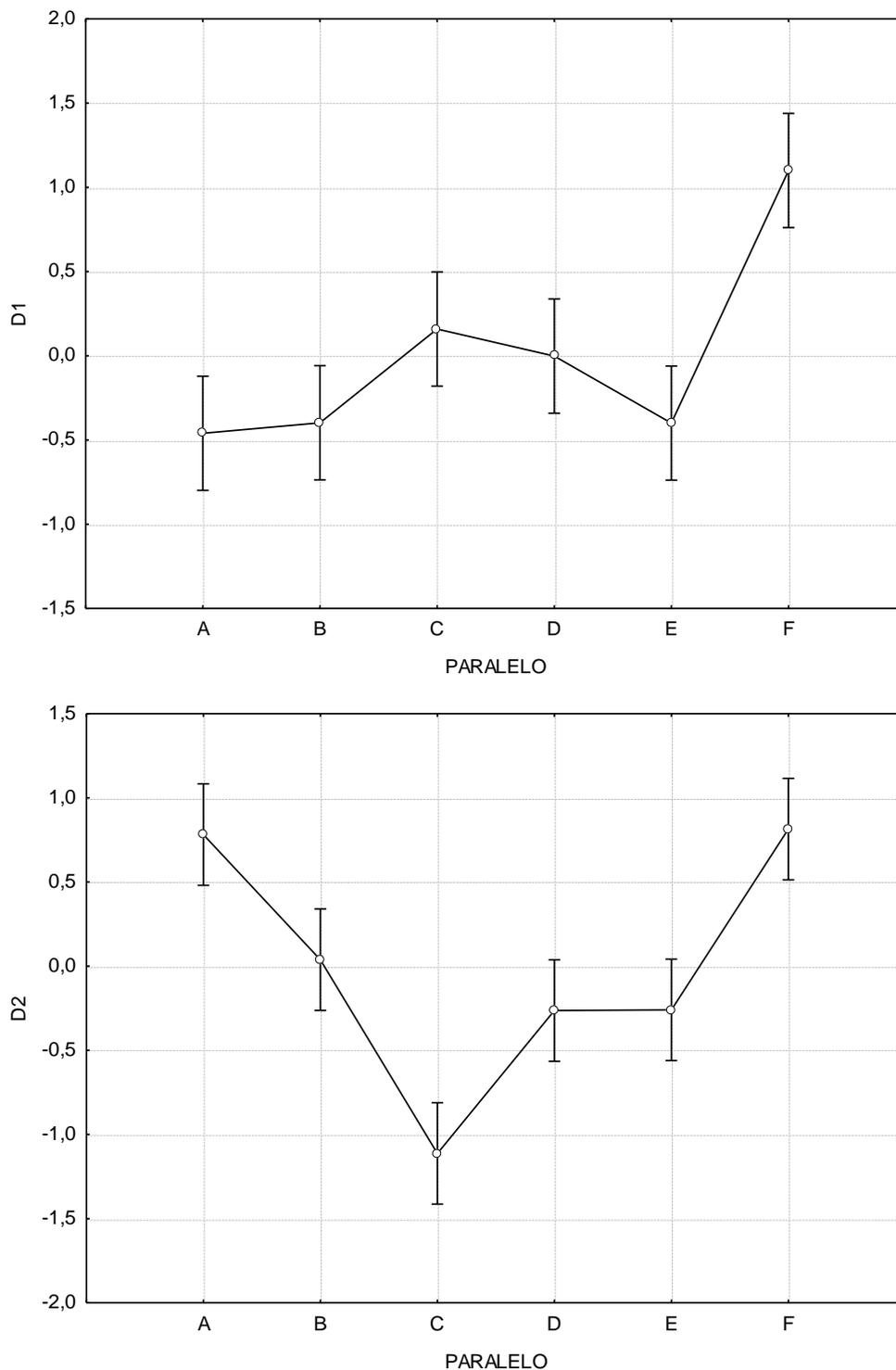


Fig. 5: Descomposición efectiva de la hipótesis en el ANOVA (λ de Wills=0,39; $F_{10,286}=17,31$; $p \leq 0,0001$). Las barras verticales denotan el intervalo del confianza al 0,95.

El método de la clase invertida también se ha aplicado con éxitos en otras ramas de las ciencias interrelacionadas con las Ciencias Biológicas. Prieto Espinosa et al. (2016) lograron un 79% de satisfacción por parte de los estudiantes en la asignatura de “Fundamentos de Informática”. Observando una mejora sustancial del rendimiento académico respecto a años precedentes, pasando del 57% de aprobados al 83% que superan satisfactoriamente la asignatura. Rivero et al. (2016) obtuvieron por este método una

satisfacción del 93% y del 86% en las promociones del 2014 y del 2015 respectivamente, correspondientes a la formación básica de Psicología. Melo y Sánchez (2017) aplicaron la metodología de clase invertida en la enseñanza de técnicas avanzadas en laboratorios de análisis de residuos de medicamentos veterinarios y contaminantes, donde solo el 48,40% de los estudiantes consideraron la metodología empleada como adecuada frente a un 38,70% y 12,90% que son indiferentes o la consideran algo adecuada, respectivamente. Siendo favorable la percepción de aprendizaje (66,60%) y la satisfacción general del estudiantado (81,13%). Resultados análogos muestran nuestra experiencia que evidencia la satisfacción de los estudiantes con la práctica en general y con la metodología empleada, siendo altamente satisfactorio para el 59,33% de los estudiantes y satisfactorio para el 40,66 % de los participantes.

CONCLUSIONES

Las conclusiones de la experiencia han sido las siguientes: (1) la metodología y el protocolo propuesto para la práctica de laboratorio de granos de almidón han sido satisfactorios, favoreciendo el aprendizaje conceptual que se refleja en las calificaciones; (2) ha sido factible la realización de la práctica con la metodología propuesta que queda avalada por la satisfacción de los estudiantes; (3) la experiencia propuesta plantea un clima de aprendizaje satisfactorio para el estudiante basado en la aplicación de un modelo de clase invertida y en un contexto de aprendizaje cooperativo y autónomo, fomentando el pensamiento crítico y complejo y su autorregulación; (4) el conjunto de ensayos que contempla la práctica contribuyen a la formación de ciertas competencias transversales de ámbito procedimental, actitudinal y motivacional.

Se recomienda enfatizar en la aplicabilidad de la experiencia en el futuro profesional de los estudiantes, así como en la vinculación de la misma con otras asignaturas de la carrera; además de promover su motivación para que inviertan mayor tiempo en su aprendizaje autónomo previo a la práctica.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad de Cartagena (Colombia) por su invitación y acogida que han permitido efectuar esta investigación. Especial agradecimiento a los Doctores Darío Manuel Méndez Cuadro, Jesús Olivero Verbel, Germán Sierra Anaya y Edgar Parra Chacón por proporcionar los medios necesarios para que la estancia e investigación desarrollada en la Universidad de Cartagena fueran fructíferas. También se expresa gratitud a los Profesores Michel Laurin y Antonio Salgado Serrano por sus acertados comentarios. Por último, se agradece a Claudia Medina Rodríguez, Marlene Durán Lengua, a la familia Escandón-Miranda y a todos los colegas de la Facultad de Farmacia por todos los gratos momentos compartidos.

REFERENCIAS

- Aceituno Bocanegra, F.J. y J.A. López Sáez, Caracterización morfológica de almidones de los géneros *Triticum* y *Hordeum* en la Península Ibérica, *Trabajos de Prehistoria*, 69(2), 332-348 (2012)
- Agama-Acevedo, E., Y. Salinas-Moreno, G. Pacheco-Vargas y L.A. Bello-Pérez, Características físicas y químicas de dos razas de maíz azul: morfología del almidón, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(3), 317-329 (2005)
- Arbizy, F. y C. Lobato, El proceso enseñanza-aprendizaje en la Universidad del País Vasco: demandas y necesidades docentes desde la perspectiva del alumnado, *Revista de Psicodidáctica*, 15-16, 171-188 (2003)
- Artal Sevil, J.S., O. Casanova López, R.M. Serrano Pastor y E. Romero Pascual, Dispositivos móviles y flipped classroom. Una experiencia multidisciplinar del profesorado universitario, *EDUTEC-e Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, ISSN: 1135-9250 (en línea), 59, 1-13, 2017, www.edutec.es/revista. Acceso: 6 de septiembre (2017)
- Ayorinde, J.O., M.A. Odeniyi y Y.J. Oyeniyi, Material and compression properties of native and modified plantain starches, *Farmacia*, 61(3), 574-590 (2013)
- Bergmann, J. y A. Sams, Remixing Chemistry Class: Two Colorado Teachers Make Vodcasts of Their Lectures to Free Up Class Time for Hands-On Activities, *Learning & Leading with Technology*, 36(4), 22-27 (2009)
- Blázquez Ferrer, M.A., R.M. Giner Pons, y otros 10 autores, Flipped classroom en el aprendizaje multidisciplinar colaborativo en diferentes Grados Universitarios, XIV Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria, 2414-2423. Universidad de Alicante, Alicante (2016)

- Bravo, A., G. Ramírez, C. Faúndez y H. Astudillo, Propuesta didáctica constructivista para la adquisición de aprendizajes significativos de conceptos en Física de Fluidos, doi: 10.4067/S071850062016000200012, Formación Universitaria (en línea), 9(2), 105-114 (2016)
- Burbules, N.C., El aprendizaje ubicuo y el futuro de la enseñanza, *Encounters*, 13, 13-14 (2012)
- Butler, D.L. y L. Schnellert, Collaborative inquiry in teacher professional development, *Teaching and Teacher Education*, 28(8), 1206-1220 (2012)
- Chilingaryan, K. y E. Zvereva, Methodology of flipped classroom as a learning technology in foreign language teaching, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 237(21), 1500-1504 (2017)
- Edwards, M., I. Alshiraihi, G. Bowser y M.A. Brown, Flipping the STEM classroom: pilot study findings, *Social Science Learning Education Journal*, 1(12), 1-4 (2016)
- Estrada, M., Diego Monferrer, D. y M.A. Moliner, El Aprendizaje Cooperativo y las Habilidades Socio-Emocionales: Una Experiencia Docente en la Asignatura Técnicas de Ventas, doi: 10.4067/S071850062016000600005, Formación Universitaria (en línea), 9(6), 43-62 (2016)
- Etxabe Urbieta, J.M., Trabajos prácticos como recetas y como investigaciones, *Revista de Psicodidáctica*, 11-12, 87-96 (2001)
- Hernández, M.R., Rodríguez, V.M., Parra, F.J. y P. Velázquez, Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) en la Enseñanza-Aprendizaje de la Química Orgánica a través de Imágenes, Juegos y Videos, doi: 10.4067/S071850062014000100005, Formación Universitaria (en línea), 7(1), 31-40 (2014)
- Hernández-Medina, M., J.G. Torruco-Uco, L. Chel-Guerrero y D. Betancur-Ancona, Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México, *Ciência y Tecnología de los Alimentos, Campiñas*, 28(3), 718-726 (2008)
- Izidoro, D.R., B.J. Demczuk, C.W.I. Haminiuk, M.R. Sierakowski, R.J. Sossela de Freitas y A.P. Scheer, Granules morphology and rheological behaviour of green banana (*Musa cavendishii*) and (*Zea mays*) corn starch gels, *Ciência e Agrotecnologia*, 31(5), 1443-1448 (2006)
- Lazzari, M., Combinación de Aprendizaje Cooperativo e Individual en una Asignatura de Química de Materiales, doi: 10.4067/S0718-50062014000400005, Formación Universitaria (en línea), 7(4), 39-46 (2014)
- Mejía, C.G., D.E. Michalón Dueñas, R.A. Michalón Acosta, R. López Fernández, D.E. Palmero Urquiza y S. Sánchez Gálvez, Espacios de aprendizaje híbridos. Hacia una educación del futuro en la Universidad de Guayaquil, *Medisur*, 15(3), 1-6 (2017)
- Melo, L. y R. Sánchez, Análisis de las percepciones de los alumnos sobre la metodología flipped classroom para la enseñanza de técnicas avanzadas en laboratorios de análisis de residuos de medicamentos veterinarios y contaminantes, *Educación Química*, 28(1), 30-37 (2017)
- Midgley, C., M. Middleton, M. Gheen y R. Kumar, Stage environment fit revisited: a goal theory approach to examining school transitions, en: *Goals, Goal Structure and Pattern of Adaptive Learning* por C. Midgley (Ed.), pp. 109-142. Mahwah, Erlbaum, New Jersey (2002)
- Milman, N.B., The flipped class room strategy: What is it and how can it best be used? *Distance Learning*, 9(3), 85-87 (2012)
- Millán-Testa, C.E., M.G. Méndez-Montealvo, M.A. Ottenhof, I.A. Farhat y L.A. Bello-Pérez, Determination of the molecular and structural characteristics of okenia, mango, and banana starches, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(3), 495-501 (2005)
- Núñez, J.C., G. Vallejo, P. Rosário, E. Tuero y A. Valle, Variables del estudiante, del profesor y del contexto en la predicción del rendimiento académico en Biología: análisis desde una perspectiva multinivel, *Revista de Psicodidáctica*, 19(1), 145-172 (2014)
- Nwokocha, L.M., N.A. Aviara, C. Senan y P.A. Williams, A comparative study of properties of starches from Irish potato (*Solanum tuberosum*) and sweet potato (*Ipomea batata*) grown in Nigeria, *Starch/Stärke*, 66(7-8), 714-723 (2014)

Ortega Tovar, M.A., Valor nutricional de la pulpa fresca de aguacate, Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial del Aguacate), 741-748. Consejería de Agricultura y pesca, Junta de Andalucía, Granada-Málaga (2003)

Otegbayo, B., O. Lana, y W. Ibitoye, Isolation and physicochemical characterization of starches isolated from plantain (*Musa paradisiaca*) and cooking banana (*Musa sapientum*), *Journal of Food Biochemistry*, 34, 1303–1318 (2010)

Perry, N.E., Classroom processes that support self-regulation in young children, *British Journal of Educational Psychology*, 10, 45-68 (2013)

Piperno, D., Crop plants with phytoliths (and starch grains) in Central and South America: a review and an update of the evidence, *Quaternary International*, 193(1-2), 146-159 (2009)

Pozo, J.I. y C. Monereo, Aprender a aprender: cuando los contenidos son el medio, *Aula de Innovación Educativa*, 190, 35-37 (2010)

Prieto Espinosa, A., B. Prieto Campos y B. del Pino Prieto, Una experiencia de flipped classroom, XXII Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática, 237-244. Almería, 6-8 de julio (2016)

Rivero, C., A. Chávez, A. Vásquez y S. Blumen, Las TIC en la formación universitaria. Logros y desafíos para la formación en psicología y educación, *Revista de Psicología*, 34(1), 185-199 (2016)

Rosales, F.G., Mercado, V.M., Monasterolo, R.R, y S.L. Ribotta, Implementación de un Laboratorio de Física en Tiempo Real para el Aprendizaje Activo de Circuitos Eléctricos, doi:10.4067/S071850062016000600002, *Formación Universitaria (en línea)*, 9(6), 3-12 (2016)

Sabater-Mateu, M.P., J.J. Curto-García, A. Rourera-Roca, M.C. Olivé-Ferrer, S. Costa-Abós, S. Castilho-Ibáñez y A. del Pino-Gutiérrez, Aula invertida: experiencia en el Grado de Enfermería, *Revista d'Innovació Docent Universitària*, 9, 115-123 (2017)

Santana, A.L. y M.A.A. Meireles, New starches are the trend for industry applications: a review, *Food and Public Health*, 4(5), 229-241 (2014)

Soares, C.A., F.H. Gonçalves Peroni-Okita, M. Borba Cardoso, R. Shitakubo, F.M. Lajolo y B.R. Cordenunsi, Plantain and banana starches: granule structural characteristics explain the differences in their starch degradation patterns, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 6672-6681 (2011)

Stone, B., Flip your classroom to increase active learning and student engagement, 28th Annual Conference on Distance Teaching & Learning. The Board of Regents of the University of Wisconsin System, 1-5. University of Wisconsin, Wisconsin (2012)

Torrano, F., J.L. Fuentes y M. Soria, Aprendizaje autorregulado: estado de la cuestión y retos psicopedagógicos, *Perfiles Educativos*, 39(156), 160-173 (2017)

Ward, J.R., H.D. Clarke y J.L. Horton, Effects of a research-infused Botanical Curriculum on undergraduates' content knowledge, STEM competencies, and attitudes toward Plant Sciences, *CBE-Life Sciences Education*, 13, 387–396 (2014)

Wijesinghe, J.A.A.C., I. Wicramasinghe y K.H. Saranandla, Kithul flour (*Caryota urens*) as a potential flour source for food industry, *American Journal of Food Science and Technology*, 3(2), 10-18 (2015)

Zimmerman, B.J., Becoming self-regulated learned: an overview, *Theory into Practice*, 41(2), 64-72 (2002)

Zorrilla, E.G. y C.A. Mazzitelli, ¿Qué opinan los alumnos ingresantes a carreras de formación docente en Ciencias Naturales sobre las prácticas de laboratorio?, *Rev. de Enseñanza de la Física*, 28(1), 77-83 (2016)