Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica

Página principal: www.riiit.com.mx

El aprendizaje colaborativo y las Ciencias de la Tierra en la asignatura de Probabilidad y Estadística

Collaborative learning and Earth Sciences in the subject of Probability and Statistics

López-Saucedo, F., Batista-Rodríguez, J., Monsiváis-Durón, D., Almaguer-Carmenates, Y., Hernández-Rosales, A., Hernández-Rodríguez, J.
Escuela Superior de Ingeniería "Lic. Adolfo López Mateos", Universidad Autónoma de Coahuila; CP. 26800, Nueva Rosita Coahuila. felipe.lopez@uadec.edu.mx

Innovación tecnológica: Fortalecimiento del proceso enseñanza-aprendizaje a través de ejercicios multidisciplinarios que permiten extender el aprendizaje al campo de acción de un Ingeniero en Ciencias de la Tierra.

Áreas de aplicación industrial: Ciencias básicas, Ciencias de la Tierra, Minería, Geología.

Enviado: 20 Noviembre 2018.
Aceptado: 19 Mayo 2019.

Abstract

This paper illustrates an example of how to approach in a creative way the educational problems related to the learning of the subject of probability and statistics. The didactic exercise is applied in the academic environment of Earth Sciences, with the aim of strengthening the experience of meaningful learning of the fundamental concepts of the subject of probability and statistics. Creativity and motivation are fundamental aspects in the teaching-learning process in order to maintain the students' focus and interest in the topic addressed. For this reason, the application of a field practice is proposed to strengthen the interest of probability and statistics classes. The field practice was configured according to the collaborative learning model. The academic technique was applied to the students of the third semester of the degree courses for Engineer in Mineral and Energy Resources and Geological Engineer of the Escuela Superior de Ingeniería (UAdeC). The experimental work consisted in the configuration of 7 working groups; likewise, the participation of 2 students who already experienced field practice (control students) was integrated to evaluate the technical results of the students. Surveys and questionnaires were applied to evaluate the scope of collaborative learning and the teaching-learning process in the subject of probability and statistics. Finally, the conclusions related to the academic performance of the students and the acceptance of the field practice are presented.

Key words: Educational model, teaching-learning, basic sciences, Geology.

Resumen

El presente trabajo ilustra un ejemplo de cómo abordar de manera creativa los problemas educativos relacionados con el aprendizaje de la asignatura de probabilidad y estadística. El ejercicio didáctico se aplica en el entorno académico de las Ciencias de la Tierra, con el objetivo de fortalecer la experiencia del aprendizaje significativo de los conceptos fundamentales de la asignatura de probabilidad y estadística. La creatividad y la motivación son aspectos fundamentales en el proceso de enseñanza-aprendizaje para mantener el enfoque y el interés de los estudiantes en la temática abordada. Por esta razón, se propone la aplicación de una práctica de campo para fortalecer el interés de las clases de probabilidad y estadística. La práctica de campo se configuró de acuerdo al modelo de aprendizaje-colaborativo. La técnica académica se aplicó a los estudiantes del tercer semestre de los planes de estudio Ingeniero en Recursos Minerales y Energéticos e Ingeniero Geólogo de la Escuela Superior de Ingeniería (UAdeC). El trabajo experimental consistió en la configuración de 7 grupos de trabajo; así mismo, se integró la participación de 2 estudiantes que ya experimentaron el ejercicio de la práctica de campo (estudiantes de control), para evaluar los resultados técnicos de los demás estudiantes. Se aplicaron encuestas y cuestionarios para evaluar el alcance del aprendizaje colaborativo y del proceso enseñanza-aprendizaje en la asignatura mencionada. Finalmente se presentan las conclusiones relacionadas al rendimiento académico de los estudiantes y la aceptación de la práctica de campo.

Palabras clave: Modelo Educativo, enseñanza-aprendizaje, ciencias básicas, Geología.

Introducción

El proceso educativo previsto en el Modelo de la Universidad Autónoma de Coahuila establece una dinámica de participación activa del estudiante con trabajo dentro y fuera del aula, intensivo y permanente, a fin de establecer una interacción sostenida con sus objetos de estudio. Para lograr esto, el Modelo Educativo UAdeC sugiere aplicar algunas estrategias de enseñanza-aprendizaje que permiten desarrollar los hábitos mentales para el pensamiento creativo y crítico en un ambiente de colaboración (Modelo Educativo UAdeC, 2016).

Una de las metodologías que sugiere el Modelo Educativo UAdeC es el aprendizaje colaborativo, el cual se define como un proceso en el que los individuos comparten significados relevantes en tareas de resolución de problemas. La colaboración se da en un espacio colectivo, que es una estructura compartida que da soporte a las actividades necesarias para la resolución de problemas y que integra las metas, la descripción y las posibles acciones para resolver o argumentar el caso de estudio (Teasley y Roschelle, 1993).

En esta metodología de colaboración, los docentes definen tareas que logran atraer la atención de los alumnos, animando a los estudiantes a evaluar lo que han aprendido. Ellos ayudan a los estudiantes a escuchar diversas opiniones, a soportar cualquier crítica de una temática con evidencia, a comprometer en pensamiento crítico y creativo y a participar en diálogos abiertos y significativos (Collazos y col., 2008; John, 1998).

La investigación en las ciencias de la educación, muchas veces está enfocada a explicar fenómenos psicológicos, sociológicos lingüísticos, filosóficos y tecnológicos relacionados con el ámbito educativo. Sin embargo, en el aula se tienen situaciones de enseñanza y aprendizaje que están motivadas por la necesidad de dar solución a problemas didácticos específicos

(Lijnse, 2000). Por ejemplo, los problemas educativos relacionados con el aprendizaje de las ciencias básicas como la física (Sierra Vázquez, 2019); la educación de postgrado (Bernaza Rodríguez y Lee Tenorio, 2005); la implementación de las TIC en el aula (Paz, 2008), etc. En el contexto anterior, el presente trabajo muestra la experiencia de profesores y estudiantes frente a la aplicación de la metodología de aprendizaje colaborativo en el entorno de las Ciencias de la Tierra. Desde 2014 los docentes de los programas de estudio (PE); Ingeniero en Recursos Minerales y Energéticos (IRME) e Ingeniero Geólogo de la Escuela Superior de Ingeniería-UAdeC han desarrollado un ejercicio teórico-práctico, donde los estudiantes fortalecen el entendimiento de conceptos fundamentales de ciencia básica (e.g., conceptos de física, química, matemáticas y geología) por medio del contacto directo con un objeto de estudio, el cual puede ser una sección de suelo, agua de ríos, minerales, etc. Esta investigación, tiene como objetivo propiciar un entorno de trabajo colaborativo por medio de una práctica de campo para fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura de probabilidad y estadística. Dicha investigación se lleva a cabo a través de una práctica de campo orientada a realizar una descripción geológica de una llanura de inundación utilizando conocimientos de probabilidad y estadística.

Configuración de la práctica de campo.

Unidad Académica.

La Escuela Superior de Ingeniería forma parte de la Unidad Norte de la Universidad Autónoma de Coahuila, cuenta con 30 docentes (de los cuales 12 son PTC), 08 administrativos y 241 estudiantes inscritos en dos planes de estudio; Ingeniero en Recursos Minerales y Energéticos (IRME) e Ingeniero Geólogo. La institución tiene implementado 7 laboratorios: química, física, preparación mecánica de materiales, absorción atómica, litopreparación, geofísica y microscopia. Cuenta con un centro de cómputo con conexión de banda ancha de 12MB; y un laboratorio de modelado, equipado con 22 computadoras con softwares de topografía, sistemas de posición global y simuladores de yacimientos minerales y de hidrocarburos, entre otros.

Contenido programático de la asignatura

De acuerdo con el mapa curricular el contenido de la asignatura de Probabilidad y Estadística se compone por 6 Unidades: Unidad 1 Probabilidad; Unidad 2 Distribuciones de probabilidad; Unidad 3 Estadística descriptiva; Unidad 4 Inferencia estadística; Unidad 5 Muestreo aleatorio simple; Unidad 6 Regresión lineal y correlación. El objetivo de la asignatura es que: el alumno aplique los conceptos teóricos de probabilidad y estadística para comprender diversos fenómenos que ocurren en la naturaleza.

Caracterización del grupo de trabajo

En la etapa experimental (i.e., práctica de campo), hubo participación de 14 estudiantes del PE-IRME, 14 estudiantes del PE-Ingeniero Geólogo (ambos del 3er semestre) y 2 estudiantes de control (ambos del 5to semestre del PE-Ingeniero Geólogo). Cabe señalar que, los estudiantes de control tienen experiencia suficiente en las técnicas de medición empleadas en la práctica de campo. La metodología de aprendizaje que se utilizó fue el aprendizaje colaborativo (Bernaza Rodríguez, G., y Lee Tenorio F., 2005; Collazos y col., 2008; Maldonado Pérez, 2007). Así mismo, participaron 4 profesores de tiempo completo; 2 de ciencias básicas y 2 con especialidad en ciencias geológicas. Se configuraron 7 equipos de trabajo y cada equipo quedó compuesto por 4 estudiantes.

Descripción de la práctica de campo

La hipótesis que los autores plantean es la siguiente: que el desarrollo de una práctica de campo interdisciplinaria fortalecerá el proceso enseñanza-aprendizaje de la asignatura de probabilidad y estadística. Bajo este contexto, la configuración de la práctica de campo está orientada a fortalecer tres aspectos importantes: motivar el interés de los estudiantes en las asignaturas de ciencia básica; entender cómo se aplican los conceptos de probabilidad y estadística para describir un fenómeno natural; y fortalecer la comunicación entre el docente y estudiante.

El diseño de la práctica de campo fue responsabilidad de los docentes, quienes seleccionaron como objeto de estudio una llanura de inundación en el río Álamos. El área de estudio se localiza en las cercanías del poblado el Coyote, San Juan de Sabinas, Coahuila, como se ilustra en la Figura 1 (a). Se distribuyeron 7 equipos de trabajo (integrados por 4 estudiantes) al margen de la llanura de inundación, como se ilustra en la Figura 1 (b), con el objetivo de recopilar información cualitativa y cuantitativa para explicar procesos erosivos-deposicionales que se observan en la cuenca fluvial. Para evaluar el alcance del aprendizaje colaborativo se recopilaron encuestas de estudiantes que fueron expuestos a la práctica de campo y de estudiantes que tuvieron una experiencia convencional en clase. Los comentarios de los alumnos serán útiles para evaluar el impacto del aprendizaje colaborativo.

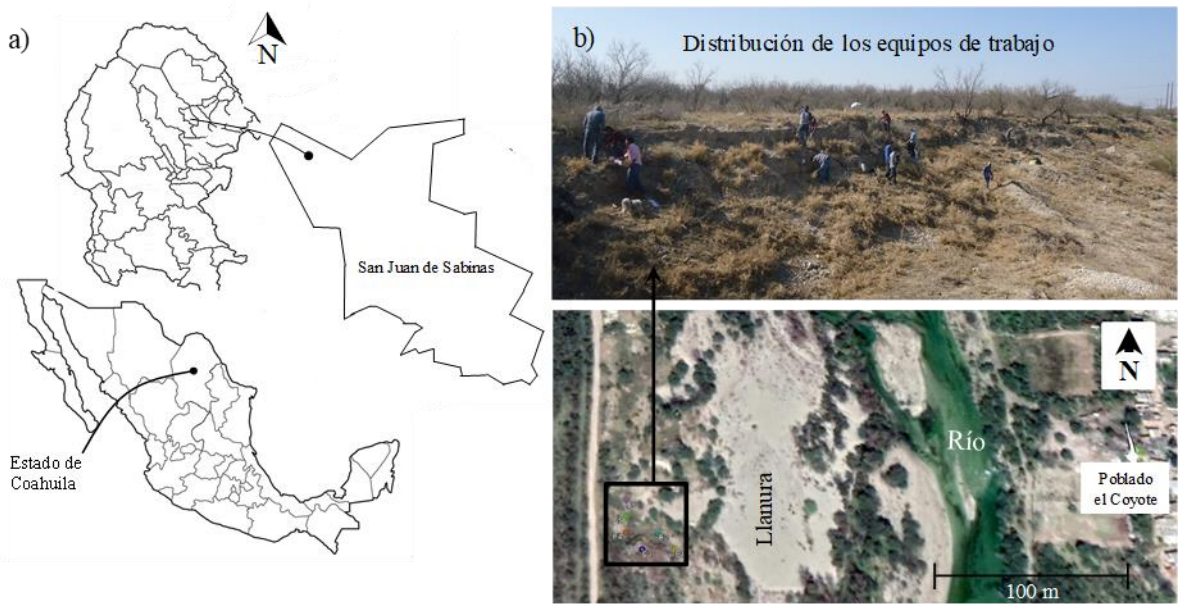


Figura 1. Ubicación de la región y área de estudio.

Materiales y equipos

Para realizar la descripción geológica del objeto de estudio los estudiantes recopilaron la información en un formato que integra los datos de la ubicación geográfica de los puntos documentados, características ambientales del entorno, caracterización cualitativa de los sedimentos y clastos, así como una caracterización general del depósito. La instrumentación utilizada constó de GPS, brújulas –Brunton– de geólogo, picas, libretas de campo, marcadores, palas y bolsas para muestras. Los estudiantes colectaron 2 kg de muestra por horizonte de acuerdo a la metodología establecida en la NOM-021-SEMARNAT-2000. Sin embargo, el número de horizontes puede variar de acuerdo al caso de estudio. La

experiencia particular del presente ejercicio indica que se ubicaron perfiles verticales donde se observan entre 4 y 5 horizontes, por lo tanto, la cantidad total de muestra varió entre 8 y 10 kg. Posteriormente, las muestras fueron llevadas al laboratorio de preparación mecánica de la Escuela Superior de Ingeniería para su acondicionamiento y resguardo.

Metodología experimental

Para fortalecer la explicación sobre la dinámica deposicional de los materiales que componen la llanura de inundación, se realizó un análisis granulométrico por horizonte. Los tamices elegidos para la prueba se colocan en secuencia con el tamiz de abertura mayor (9.51 mm) en la parte superior y el de abertura menor en la parte inferior (63 µm), como se esquematiza en la Figura 2. Para los horizontes donde predomina el contenido de grava los autores sugieren aplicar una segunda medición (que fortalecerá la interpretación del análisis granulométrico convencional), la cual permite medir el tamaño y la redondez de los clastos por medio de una técnica basada en análisis de imágenes. Esta técnica se ha utilizado para estudiar la mineralogía de diversas rocas y menas (del Bosque Hernández, 2016), y en el caso particular del carbón se han realizado estudios sobre la reflectancia de la vitrinita, y la distribución de los macerales, propiedades que definen la aplicación tecnológica del carbón (Campos Rodríguez, 2014; Campos Hernández, 2016).

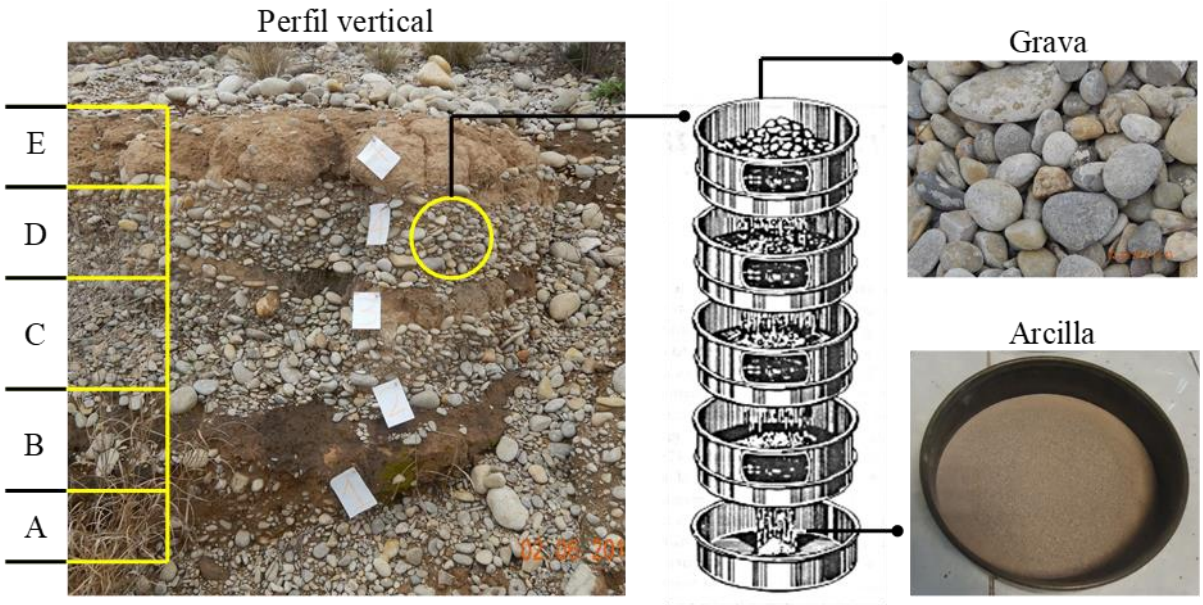


Figura 2. Análisis granulométrico por horizonte.

El Apéndice A describe el dispositivo para la adquisición de imágenes; Image-Pro Plus.6 fue utilizado como software para analizar las imágenes, el cual permite calcular el área (A) y el perímetro (P) de los clastos. Cabe señalar que los clastos seleccionados para el análisis de imágenes solamente son lo que se retienen en la malla de ⅜" del análisis granulométrico. Estos parámetros (A y P) permitirán calcular tanto el tamaño, como la forma de los clastos como se ilustra en la Figura 3(a).

Posteriormente por medio de la Ecuación 1, con la medición del área (*A*) se calcula el tamaño de los clastos en función del diámetro equivalente (*d*) (Grau y Heiskanen, 2002). Este parámetro permite dimensionar el tamaño del clasto. Considerando el ejemplo de la Figura 3(a),

el cálculo del área para el clasto seleccionado es de 16,490 pix, su conversión equivale a 9.81 cm^2, y de acuerdo al cálculo de la Ecuación 1, el clasto tiene un tamaño d = 3.53 cm.

$$d = 2\sqrt{\frac{A}{\pi}} \qquad \textbf{(Ec. 1)}$$

Así mismo, se calcula la redondez de los clastos (denotada con F_f) la cual, está en función del área (A) y el perímetro (P) por medio de la Ecuación 2 (Bailey y col., 2005).

$$F_f = \frac{4\pi A}{P^2} \qquad \textbf{(Ec. 2)}$$

F_f es un número adimensional que oscila entre 0 y 1, valores cercanos a 1 indican que los clastos tienen un grado alto de redondez. En contraste, valores menores a 1 indican que los clastos son angulosos (Carter y Yan, 2005). Para el caso del clasto seleccionado de la Figura 3(a), el perímetro calculado es de 462.74 pix, su conversión equivale a 11.29 cm. De acuerdo con la Ecuación 2, el factor de forma es de 0.9671, equivalente a la clasificación de Pettijohn y col. (1973), como un clasto "bien redondo y de baja esfericidad".

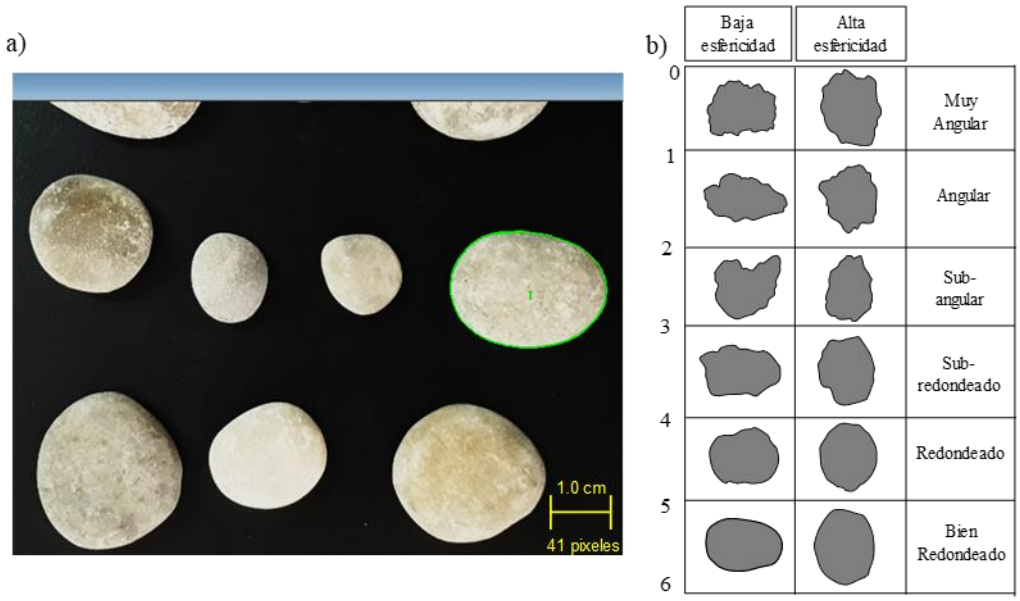


Figura 3. a) Medición del área y perímetros de los clastos. b) Modelo cualitativo de Pettijohn y col. (1973) para definir el grado de redondez y esfericidad de los clastos.

Asimilación de los conceptos de probabilidad y estadística.

La presente sección tiene el objetivo de orientar al estudiante para que pueda reproducir histogramas y polígonos de frecuencia, para representar de forma gráfica la distribución de los tamaños (d) y formas (F_f) de los clastos colectados. Con esta información los estudiantes cuentan con más argumentos cuantitativos que les permita profundizar en el análisis y discusión del fenómeno de meteorización y deposición que se definió en el caso de estudio. En este sentido, se realizó una cuidadosa revisión bibliográfica de la cual se deriva un análisis que permite la comprensión de los conceptos propios de estadística, con los cuales el estudiante debe familiarizarse (Ciro, 2012; Montgomery y Hines, 2005; Quevedo Urías y Pérez Salvador, 2008; Wackerly y col., 2010; Walpole y col., 2012).

- En principio, se identifica el valor mínimo y máximo de los datos de tamaño y redondez; una vez que se tienen los valores del máximo y el mínimo de los datos, representados por X_{max}, X_{min} respectivamente, se procede a calcular el rango, tanto para el tamaño como para redondez, dado por la siguiente ecuación: $Rango = X_{max} - X_{min}$.

- Posteriormente, se procede a calcular el número de intervalos $m = 1 + 3.33 \log n$, donde n representa el número total de datos de tamaño o redondez y m el número total de intervalos de clase en que se dividen los datos en cada caso. Después se calcula la amplitud de intervalo denotada por I, dada por la ecuación $I = \frac{Rango}{m}$.

- Una vez que se calculó la amplitud de los intervalos, se obtiene el límite inferior y superior de estos, que denotamos por L_{i_k} y L_{s_k} respectivamente para $k = 1, \dots, m$. Para el primer intervalo ($k = 1$) el límite inferior es $L_{i_1} = X_{min} - diferencia$, donde $diferencia = 0.001$, para el caso del límite superior $L_{s_1} = L_{i_1} + I$. Una vez que se tiene el límite inferior y superior para el primer intervalo, se repite el mismo proceso con el segundo intervalo ($K = 2$), es decir, $L_{i_2} = L_{s_1} + diferencia$ y $L_{s_2} = L_{i_2} + I$, y así sucesivamente, hasta el k-ésimo intervalo ($k = m$), es decir, $L_{i_m} = L_{s_{m-1}} + diferencia$ y $L_{s_m} = L_{i_m} + I$. En general $L_{i_k} = L_{s_{k-1}} + diferencia$ y $L_{s_k} = L_{i_k} + I$ para $2 \leq k \leq m$.

- Posteriormente se calcula la marca clase, el punto medio del intervalo, la cual está definida por la siguiente expresión.

$$MC = \frac{L_{i_k} + L_{S_k}}{2}$$

  - Para determinar el número de datos (n_i) que se tienen en cada intervalo se puede emplear el concepto de frecuencia absoluta (f_i), definida por $f_i = n_i$.

  - Así mismo, se puede emplear la frecuencia relativa, definida por $h_i = f_i/n$, donde la suma final debe ser 100%.

  - Otra opción es representar el total de los datos en términos de la frecuencia absoluta acumulada, es decir, la suma de las frecuencias absolutas de cada intervalo y de los anteriores intervalos que está dada por $F_i = \sum_{i=1}^{n} n_i$, la suma final debe ser igual al número total de datos en cada caso.

  - Finalmente otra forma para representar los datos es la frecuencia acumulada relativa, mediante la suma consecutiva de la frecuencia relativa por intervalo dada en y expresada matemáticamente como $H_i = \sum_{i=1}^{n} \frac{f_i}{n}$, la suma final debe ser igual a 100%.

Discusión de resultados

La Tabla 1 presenta los resultados obtenidos de los equipos de trabajo (estudiantes experimentales). Los resultados indican que 5 de los 7 equipos (i.e., el 71% de los estudiantes) cumplieron con todas las actividades de la práctica de campo. Esta observación sugiere que la mayoría de los estudiantes asimilaron de forma positiva la metodología del aprendizaje colaborativo.

Para dar cumplimiento al objetivo del ejercicio los estudiantes realizaron una interpretación geológica que incluye la discusión del análisis granulométrico, el tamaño y la redondez de los clastos. Durante esta etapa los estudiantes aplican los conocimientos básicos de geología, específicamente los vinculados con la acción geológica de los ríos como agente modelador del relieve, tales como los elementos conceptuales, madurez del cauce, tipos de depósitos fluviales, y la dinámica de los procesos erosivos-deposicionales que se manifiestan en una cuenca fluvial (Tarbuck, 2005). En este sentido, mostramos a continuación las observaciones generales en las que coincidieron la mayoría de los estudiantes:

- Desde el punto de vista geológico, los resultados (de la Tabla 1) concuerdan con materiales clásticos depositados en el cauce fluvial, específicamente aluvión de fondo. En esta parte de la cuenca fluvial, la velocidad y capacidad de transporte del agua permite el arrastre y deposición de clastos gruesos del tamaño de las gravas, mayores a 3/8" (de acuerdo al análisis granulométrico). El hecho que se encuentren actualmente en la parte interna de un meandro, es un indicador que el cauce ha manifestado migración espacial en el tiempo, típico de la dinámica fluvial de cauces maduros.

- Con respecto a los resultados de redondez, de acuerdo al modelo de Pettijohn y col. (1973), los clastos se clasifican como "bien redondos y de baja esfericidad". Desde el punto de vista geológico, esta redondez está estrechamente vinculada con el grado de transporte de los clastos a través del sistema de drenaje, así como a la madurez del cauce en este sector de la cuenca fluvial.

- El grado de transporte se da por la distancia existente entre las fuentes de suministros de sedimentos de la cuenca, donde el relieve es elevado y con altas pendientes, hasta las zonas llanas deposicionales. Todo está en concordancia con el medio deposicional, o sea, con lo que se manifiesta en un depósito de meandro, ubicado en una zona de llanura de inundación. En estos ambientes, los ríos desarrollan curvaturas (meandros) en sus cauces por predominio de la erosión lateral, en los cuales, con la pérdida del gradiente hidráulico depositan su carga detrítica.

Tabla 1. Resultados del análisis granulométrico realizado por los estudiantes experimentales (L+A = limo y arcilla).

		Análisis granulométrico (%)			Análisis textural			
Equipo	Horizonte	Grava	Arena	L + A	Color	Selección	Consolidación	Madurez
	D	28.71	69.71	1.56	---	---	---	---
1	C	20.24	76.85	2.89	---	---	---	---
	B	84.01	14.80	1.18	---	---	---	---
	D	10.65	85.69	3.65	Café	Muy bien seleccionado	Friable	Inmaduro
2	C	83.21	13.52	3.26	Beige	Bien seleccionado	Consolidado	Maduro
	A	90.64	7.87	1.48	Café	Moderadamente seleccionado	Consolidado	Maduro
	F	36.70	15.15	48.48	Beige	Bien seleccionado	Friable	Inmaduro
3	E	77.70	1.93	20.37	Beige	Moderadamente seleccionado	Friable	Maduro
	C	74.47	7.91	17.62	Gris	Moderadamente seleccionado	Consolidado	Maduro
	E	90.32	8.41	1.27	Café	Moderadamente seleccionado	Consolidado	Inmaduro
4	B	47.00	51.48	1.52	Café claro	Bien seleccionado	Consolidado	Maduro
	A	88.28	10.14	1.58	Café	Moderadamente seleccionado	Consolidado	Maduro
	G	58.17	37.05	4.76	---	---	---	---
5	E	35.96	62.76	1.27	---	---	---	---
	A	74.71	22.75	2.72	---	---	---	---
	F	79.19	5.18	15.6	Beige	Moderadamente seleccionado	Consolidado	Inmaduro
6	C	28.96	22.76	49.26	Café	Moderadamente seleccionado	Consolidado	Maduro
	A	54.30	14.61	31.07	Café	Moderadamente seleccionado	Consolidado	Maduro
	F	40.32	58.41	1.27	Café	Pobremente seleccionado	Poco consolidado	Inmaduro
7	C	88.28	10.14	1.58	Beige	Pobremente seleccionado	Consolidado	Inmaduro
	A	47.25	51.48	1.27	Beige	Pobremente seleccionado	Consolidado	Inmaduro

Evaluación de resultados: aplicación de los conceptos de probabilidad y estadística.

Los histogramas de frecuencia de tamaños y redondez de los clastos se presentan en la Figura 4; estos resultados se derivan del análisis de imágenes. Con este ejercicio los estudiantes fortalecen la comprensión sobre los histogramas de frecuencia, y la experiencia de procesar y representar grandes cantidades de datos de carácter cuantitativo (Montgomery y Runger, 2005; Martínez Bencardino, 2012; Quevedo y Pérez, 2008). Las observaciones más relevantes del análisis comparativo entre el histograma que reporta el estudiante de control frente al histograma del estudiante experimental se presentan en la Figura 4.

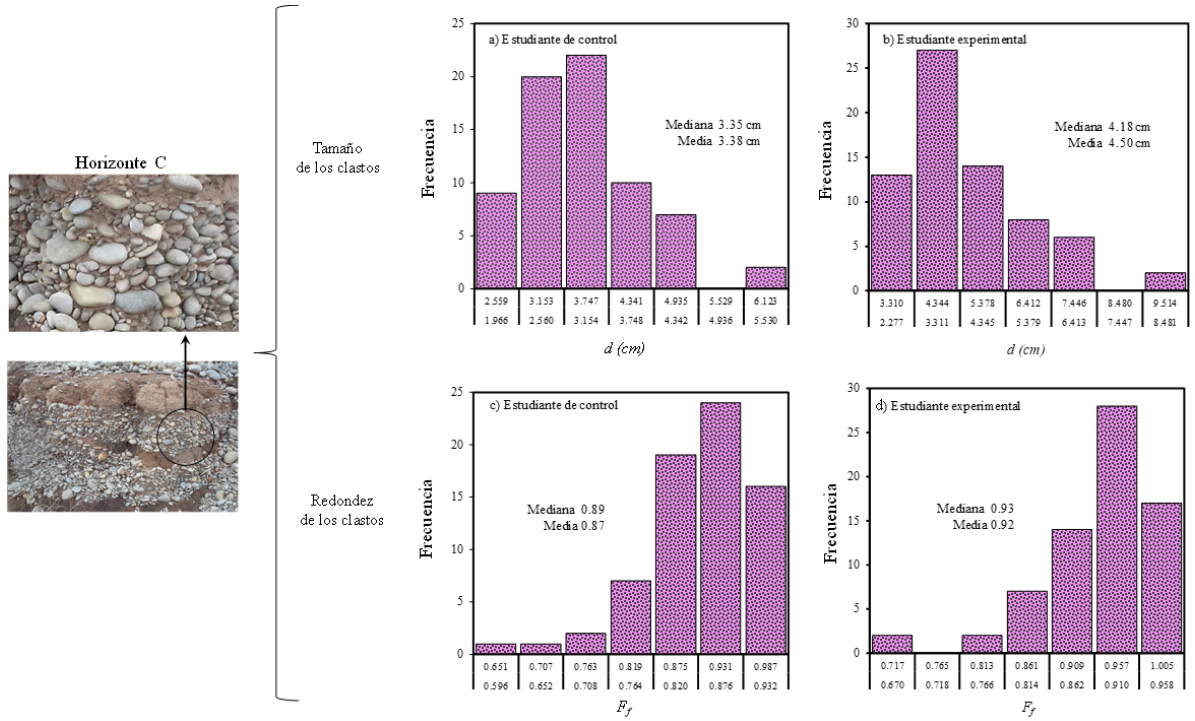


Figura 4. Histograma de frecuencias, se presenta el análisis de los resultados del Equipo 7, horizonte C; a) histograma de frecuencia del tamaño de clastos del estudiante de control; b) histograma de frecuencia del tamaño de clastos del estudiante experimental; c) histograma de frecuencia de la redondez del estudiante de control; d) histograma de frecuencia de la redondez del estudiante experimental.

La Figura 4(a) ilustra el histograma de frecuencias que representa el tamaño de los clastos, y que reporta el alumno de control. El cual, obtiene que el 31.43% de los datos se encuentra en el intervalo de (3.154,3.747], siendo este, el intervalo que más datos contiene. El 28.57% de los datos se encuentran en el intervalo de (2.560,3.153], sumando así 60% de los datos en estos dos intervalos. Cabe mencionar, que el 12.86% de los datos se agrupan en un intervalo menor, de (1.966,2.559]. Mientras que el 2.86% de los datos se agrupan en un intervalo mayor, de (5.530,6.123]. Finalmente, el estudiante de control, reporta un acumulado del 72.86% de datos en el intervalo (1.966,3.747].

Por su parte, el estudiante experimental, reporta que el 38.57% de los datos se encuentra en el intervalo de (3.311,4.344], siendo este, el intervalo que contiene más datos (ver Figura 4(b)). El 20% de los datos se encuentra en el intervalo de (4.345,5.378]. Mientras que el 18.57% de los datos se agrupan en el intervalo de (2.277,3.310]. Finalmente, el estudiante experimental reporta un acumulado del 77.14% de datos en el intervalo de (2.277,5.378]. Cabe mencionar que el 2.86% de los clastos se agrupan en un intervalo mayor, de (8.481,9.514].

En términos generales, los resultados de la Figura 4(a) y (b) son muy semejantes, pues, ambos histogramas muestran asimetría a la derecha; ya que la media es mayor a la mediana (Montgomery y Runger, 2005; Martínez Bencardino, 2012). En el contexto anterior, en ambos casos (estudiante de control y experimental), la mayoría de los datos se presentan en intervalos similares; de (3.154, 3.747] de acuerdo con el estudiante de control y de (3.311, 4.344] respecto al estudiante experimental.

La Figura 4(c) ilustra el histograma de frecuencias que representa la redondez de los clastos, y que reporta el alumno de control. El cual, obtiene que, el 34.29% de los datos de redondez se asocian al intervalo de (0.855,0.915], siento este, el intervalo

que contiene más datos. El 32.86% se encuentra en el intervalo de (0.916,0.975], es decir, entre estos dos intervalos suman el 67.15%. Cabe señalar que únicamente el 1.43% de los datos se agrupan en el intervalo de (0.553,0.613].

Mientras que el estudiante experimental, reporta que, el 32.86% de los datos de redondez se encuentran en el intervalo de (0.906,0.953] (ver Figura 4(d)). Así mismo, el 32.86% se agrupa en el intervalo de (0.9531,1.0001], siendo estos dos intervalos los que concentran la mayor cantidad de datos. Por lo tanto, se reporta un acumulado del 65.72%. Cabe mencionar que únicamente el 2.86% de los datos de redondez se agrupa en el intervalo de (0.6705,0.7175].

En términos generales, los resultados de la Figura 4(c) y (d) son muy semejantes, pues ambos histogramas presentan una distribución asimétrica a la izquierda, es decir, la media es menor a la mediana (Montgomery y Runger, 2005; Martínez Bencardino, 2012).

En el contexto anterior, en ambos casos (estudiante de control y experimental), la mayoría de los datos se presentan en intervalos similares; de (0.876,0.931] de acuerdo con el estudiante de control y de (0.910,0.957] respecto al estudiante experimental.

Evaluación de resultados: proceso enseñanza-aprendizaje

Para evaluar el alcance del aprendizaje colaborativo y del proceso enseñanza-aprendizaje en la asignatura de probabilidad y estadística, se recopilaron encuestas de estudiantes que tuvieron una experiencia convencional en clase (Encuesta 2014) y de estudiantes que fueron expuestos a la práctica de campo (Encuesta 2016), como se observa en la Figura 5.

La Figura 5.a interpreta que la práctica de campo ha contribuido con actividades didácticas y técnicas de medición amigables para que los estudiantes no pierdan interés durante el curso. La Figura 5.b indica que los estudiantes reconocen la importancia del aprendizaje colaborativo, el cual les ha permitido desarrollar habilidades que con el método convencional de aprendizaje difícilmente podrían impulsar. Una vez que el entorno de aprendizaje es adecuado, los estudiantes lograron introducir conocimientos de otras asignaturas durante el curso de probabilidad y estadística, la Figura 5.c ilustra la opinión de los estudiantes. En este sentido, la práctica de campo demanda que los estudiantes continuamente revisen sus notas y apuntes de asignaturas que ya cursaron, para desarrollar adecuadamente la discusión e interpretación de resultados. La Figura 5.d indica que los estudiantes expresan su aprobación por la metodología de aprendizaje, la cual los posiciona a trabajar en un entorno real, y en el campo de acción de un ingeniero de Ciencias de la Tierra.

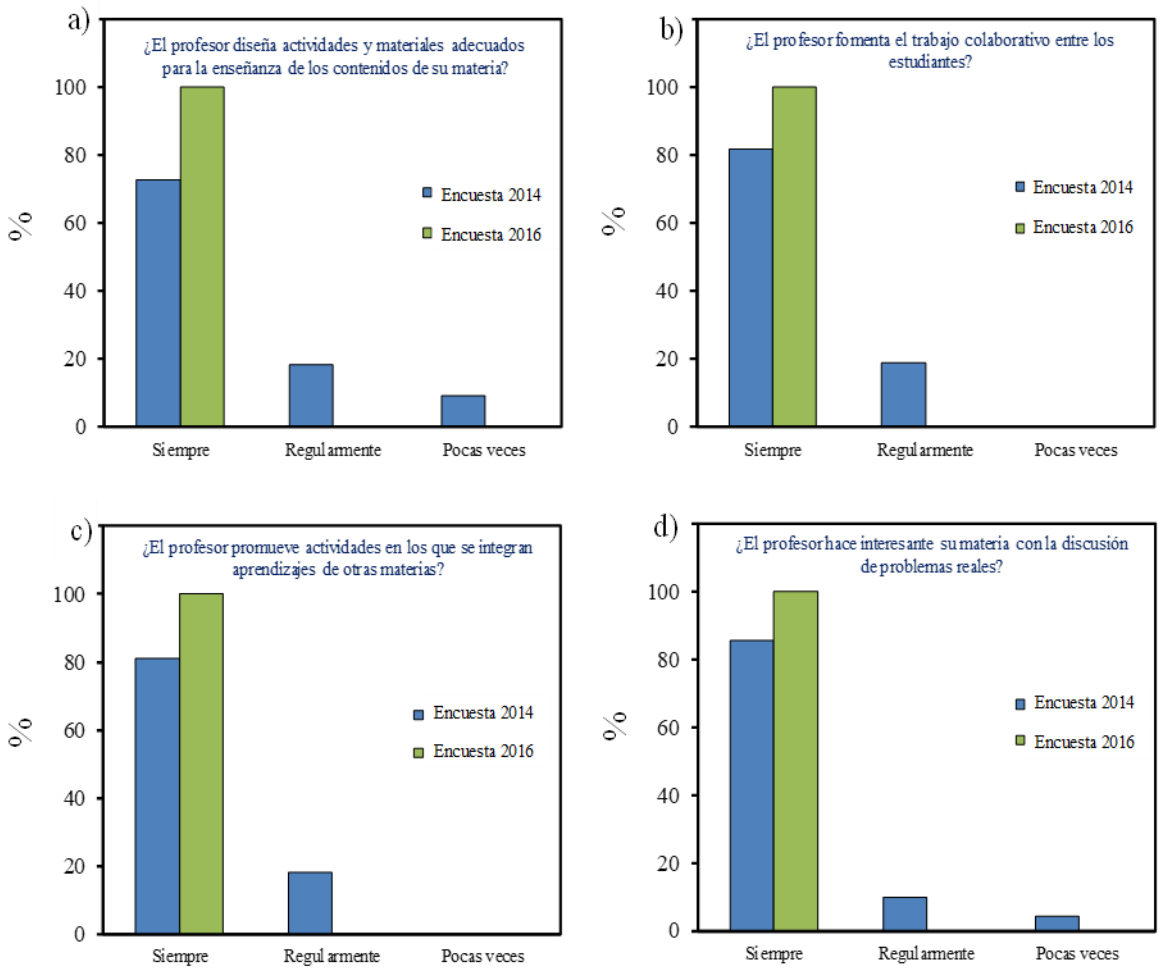


Figura 5. Resultados de la evaluación del aprendizaje (http://www.uadec.mx/docentes/).

Conclusiones

Los autores concluyen que la práctica de campo aporta elementos que estimulan al estudiante a sostener la motivación y el interés sobre el aprendizaje de las asignaturas de ciencia básica, la cultura de trabajo en equipo y el respeto a la naturaleza.

- El ejercicio le permite al estudiante conducir su propia experiencia de aprendizaje en la asignatura de probabilidad y estadística, motivado por el conocimiento y su aplicación en situaciones reales de las Ciencias de la Tierra. Por lo tanto, se concluye que la aplicación de los conceptos de probabilidad y estadística adquiere relevancia porque fortalece los argumentos para la interpretación de los fenómenos naturales.
- El desarrollo del ejercicio integrador simula las actividades propias de un proyecto de investigación en el área de las Geociencias; este proceso incluye etapas de documentación geológica y muestreo, acondicionamiento de las muestras, análisis de laboratorio, procesamiento estadístico de datos hasta la interpretación geológica. Esto permite integrar y aplicar los conocimientos básicos de geología recibidos hasta el tercer semestre de la carrera, además del desarrollo de habilidades prácticas en la solución de un problema concreto.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Programa de Fortalecimiento de la Calidad Educativa (PFCE) por el apoyo en la adquisición de equipos de laboratorio. Así mismo, se reconoce el esfuerzo y compromiso de los estudiantes y docentes de la Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Coahuila, por su pasión por el conocimiento de la geología, la minería y la metalurgia.

Bibliografía

- Modelo educativo de la Universidad Autónoma de Coahuila. (2016). Recuperado, de http://www.uadec.mx/modelo-educativo/.
- Teasley, S.D. y Roschelle, J. (1993). *Computers as cognitive tools*. USA: Lawrence Erlbaum.
- Collazos O. C. A., Guerrero L., Vergara A. (2008). *Aprendizaje Colaborativo: un cambio el rol del profesor*. Curso Gestión de Páginas Web Educativas. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, México.
- Maldonado Pérez, M. (2007). El trabajo colaborativo en el aula Universitaria. Laurus, Vol. 13, No. 23, pp. 263-278.
- Lijnse, P. (2000). *Didactics of science: the forgotten dimension in science education research? En: Millar,R., Leach, J. y Osborne, J. (Eds.).* Improving Science Education. The contribution of research. Philadelphia: Open University Press.
- Sierra Vázquez, J., y Barojas Weber, J. *Aprendizaje Colaborativo de la Física. Recuperado de https://www.academia.edu/6910039/APRENDIZAJE_COLABORATIVO_DE_LA_F%C3%8DSICA.*
- Bernaza Rodríguez, G., Lee Tenorio F. (2005). "El aprendizaje colaborativo: una vía para la educación de postgrado". *Revista Iberoamericana de Educación*, No. 37/3, pp. 1-17.
- Paz, K.S. (2008). "Hacia las comunidades de Aprendizaje Colaborativo". Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landívar, Boletín Electrónico No. 08, pp. 1-16.
- Del Bosque Hernández, (2016). *Caracterización Fisicoquímica Y Mineralógica de muestras de carbón de la Formación Olmos (Subcuenca Saltillito - Lampacitos).* Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Coahuila.
- Campos Rodríguez, (2015). *Análisis petrográfico de carbones por medio de un protocolo de medición de análisis de imágenes*. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Coahuila.
- Campos Hernández, (2016). *Aplicación de un protocolo basado en análisis de imágenes para caracterizar macérales en carbón mineral*. Tesis de maestro en ciencia y tecnología de la metalurgia, Universidad Autónoma de Coahuila.
- Tarbuck Edward, Lutgens Frederick, Tasa Dennis, (2005), *Ciencias de la Tierra, una introducción a la geología física*, Madrid, Pearson.
- Pettijohn, F. J., 1957. *Sedimentary Rocks*, 2nd Ed. New York: Harper Geoscience. P. 675.

- Grau R.A., Heiskanen K., (2002). “Visual Technique for measuring bubble size in flotation machines”. Minerals Engineering, No. 15, pp. 507-513.

- Bailey M., Gomez C.O., Finch J.A., (2005). “Development and application of an image analysis method for wide bubble size distributions”. Minerals Engineering, No. 18, pp. 1214-1221.

- Carter R.M., and Yan Y., (2015). "Measurement of particle shape using digital imaging techniques". *Journal of Physics*, 177-182.

- Martínez Bencardino C., (2012). *Estadística y muestreo*, (13ª edición), Ecoe Ediciones, p. 900. ISBN 978-958-648-702-3.

- Montgomery D.C., Runger G. C., (2005). *Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería*, ISBN 0-471 -54041-2.

- Quevedo Urias, H., Pérez Salvador, B. R., (2008), Estadística para ingeniería y ciencias, 1a edición, México Patria.

- Wackerly, D., Mendenhall, W., Scheaffer, R., (2010), Estadística matemática con aplicaciones, 7a edición, México, Cengage Learning Editores.

- Walpole, R., (2011), Probability and Statistics for Engineers and Scientistics, 9a edición, Boston, MA, Pearson.

- Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT (2000). Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis.

- Resultados de Evaluación al profesor, Constancias, Cursos y Talleres de la Universidad Autónoma de Coahuila. (2017). Recuperado, de http://www.uadec.mx/docentes/.

Glosario

Erosión:	Es un proceso natural; forma parte del reciclaje constante de los materiales de la Tierra que denominamos el ciclo de las rocas. Una vez formado el suelo, las fuerzas erosivas, en especial el agua y el viento, mueven los componentes del suelo de un lugar a otro.
Horizontes:	Las diferencias verticales, que normalmente van siendo más pronunciadas conforme pasa el tiempo, dividen el suelo en zonas o capas conocidas como horizontes.
Llanura de inundación:	Parte de un valle que se anega durante una inundación
Meandro:	Las corrientes que fluyen sobre llanuras de inundación, ya sean erosivas o deposicionales, se mueven en trayectorias curvas denominadas meandros
Meteorización:	Fragmentación física (desintegración) y alteración química (descomposición) de las rocas de la superficie terrestre, o cerca de ella.
Perfil de suelo:	Es una sección vertical de este tipo a través de todos los horizontes

Apéndice A.

La Figura A.1 describe el dispositivo para la toma de imágenes, el cual está constituido por una urna de madera de 30 cm^3. En la parte superior se acopla una cámara CANON EOS 60D, y por dentro de la urna se tiene instaladas dos lámparas.

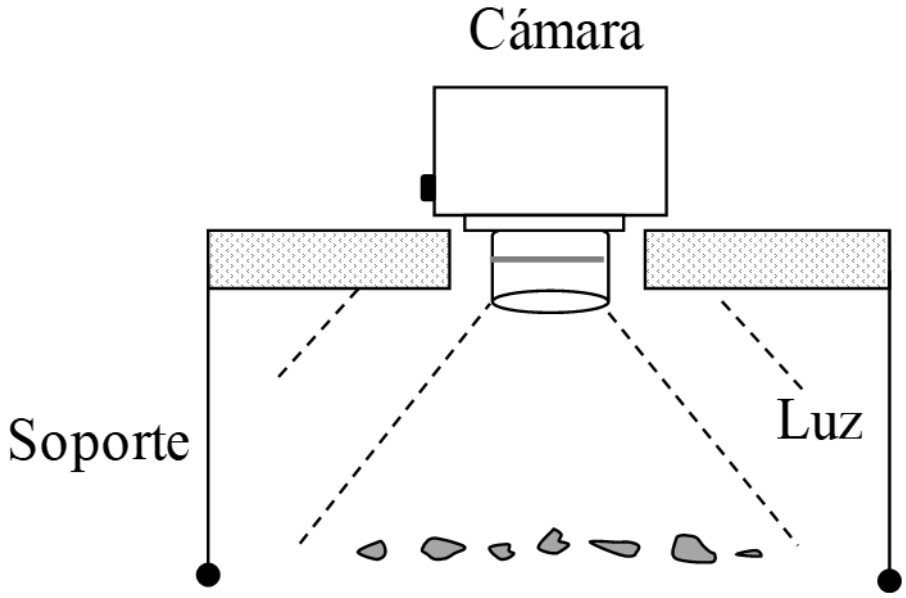
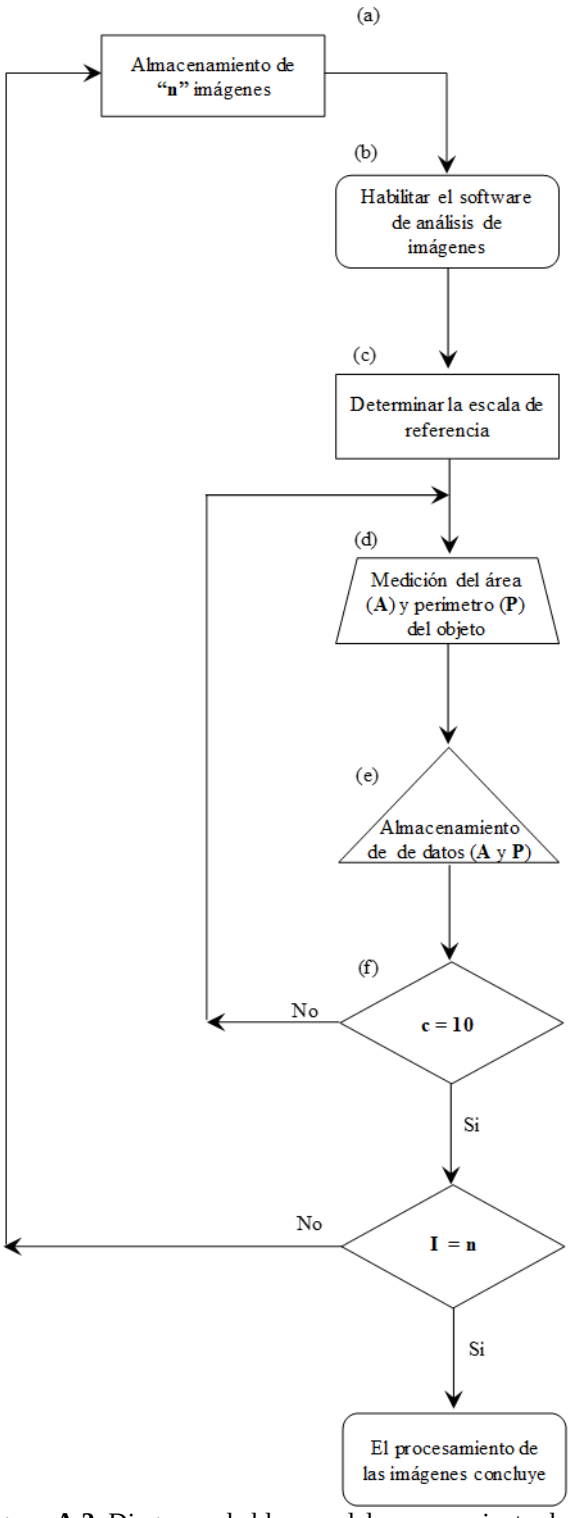


Figura A.1. Esquema del sistema de adquisición de imágenes.

El diagrama de bloques que se ilustra en la Figura A.2 describe la metodología off-line que permite procesar las imágenes. El procesamiento describe el cálculo del área (A) y perímetro (P) de los objetos; parámetros que permitirán calcular tanto el tamaño, como la forma de los clastos.



a) Se adquiere una base de "n" imágenes, cada imagen integra la presencia de 10 clastos, lo cual se define en el diagrama de bloques como c = 10.

b) La primera operación que se realiza es habilitar la imagen en RGB. Posteriormente se establece la escala de referencia, bajo una longitud conocida se mide su equivalencia en pixeles. De modo que se puede establecer una relación directa entre pixeles y centímetros (e.g., 1cm equivale a 90 pix).

c) La siguiente operación es medir el área y el perímetro para cada clasto por medio del sub-menú "measure", seleccionar la instrucción "count/size-measure" y posteriormente seleccionar la medición de área (A) y perímetro (P).

d) Los resultados se obtienen en pantalla seleccionando la opción "View-Measurement Data". Una vez definido los valores de A y P, los datos se almacenan en una hoja de cálculo.

e) La siguiente instrucción establece la condición "c = 10", es decir, el primer ciclo del diagrama de bloques inicia con la medición (de A y P) del clasto 1 y termina con la medición (de A y P) del clasto 10, para concluir el análisis de la imagen 1

f) Cuando la condición c = 10 se cumple, entonces se estable una segunda condición "I = n", es decir el segundo ciclo del algoritmo inicia con el procesamiento de la imagen 1 y termina con el procesamiento de la imagen "n". Cuando esta condición se cumple, entonces el proceso concluye finalmente.

Figura A.2. Diagrama de bloques del procesamiento de las imágenes para calcular el área (A) y perímetro (P) de los clastos.