



Huella ecológica y papel hecho a mano: dos actividades para una educación STEAM en un contexto de sustentabilidad

Saulo Hermosillo Marina^a, Pablo González Yoval^a

^a UNAM, ENP plantel 2. Río Churubusco 654 Colonia Zapata Vela, CP 08040 Ciudad de México, México.

ARTICLE INFO

Received: Julio 28, 2018

Accepted: Abril 29, 2019

Available on-line: Mayo 1, 2019

Keywords: Huella ecológica, papel artesanal, sustentabilidad.

E-mail addresses:

saulo@unam.mx

yoval@unam.mx

ISSN 2007-9842

© 2019 Institute of Science Education.
All rights reserved

ABSTRACT

The ecological footprint is an indicator of environmental impact, built from completing a questionnaire, and that in an educational context is useful to sensitize a student about the generation of a useful device for society requires the expenditure of resources, materials and energy that can only be obtained from ecosystems. The authors develop a work model, already published, that promotes a culture associated with sustainability in students, and that uses the ecological footprint as the first stage, in a version that processes the data in an Excel spreadsheet and expresses the result in the form of tables and / or graphics. Subsequently, a debate is proposed that includes the analysis of the results obtained, in order to plan activities and habits that allow reducing the values obtained in the ecological footprint. In this work we present one of these actions, and that is to elaborate paper by hand at microscale. 66 students with an age between 16 and 17 attending the baccalaureate participated, which carried out the following activities: a) Selection and collection of the type of vegetable waste to be processed, b) Obtaining the cellulose fiber, c) Mixing the fiber extracted with water and a binder such as cactus sap, d) Production of the leaves by means of fine mesh frames and their subsequent drying. With this action, the student values the cost of materials and energy that is required to obtain a single sheet of paper.

La huella ecológica es un indicador del impacto ambiental, construido a partir de completar un cuestionario, y que en un contexto educativo es útil para sensibilizar a un estudiante acerca de que la generación de un artefacto útil para la sociedad requiere del gasto de recursos, materiales y de energía que solo se pueden obtener de los ecosistemas. Los autores desarrollamos un modelo de trabajo, ya publicado, que fomenta una cultura asociada a la sustentabilidad en los estudiantes, y que emplea a la huella ecológica como primera etapa, en una versión que procesa los datos en una hoja de cálculo de Excel y expresa el resultado en forma de tablas y/o gráficos. Posteriormente, se plantea un debate que incluya el análisis de los resultados obtenidos, para así planificar actividades y hábitos que permitan disminuir los valores obtenidos en la huella ecológica. En este trabajo presentamos una de estas acciones, y que es elaborar papel a mano a microescala. Participaron 66 estudiantes con una edad entre los 16 y 17 años que cursan el bachillerato, los cuales realizaron las siguientes actividades: a) Selección y recolección del tipo de desperdicio vegetal a procesar, b) Obtención de la fibra de celulosa, c) Mezclar la fibra extraída con agua y un aglutinante como savia de nopal, d) Producción de las hojas por medio de bastidores de malla fina y su posterior secado. Con esta acción, el alumno valora el costo de materiales y energía que se requiere para obtener una sola hoja de papel.

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los temas a resolver en la agenda de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), es la crisis derivada de políticas de desarrollo económico que se han fundamentado en la premisa de que los recursos naturales son inagotables. El modificar estas políticas de desarrollo implica que se tengan que realizar transformaciones en el estilo de vida de las diferentes sociedades del planeta. Hace algunas décadas, derivado de lo anterior, se impulsó y consolidó el concepto de Educación para un Desarrollo Sostenible, y que fue aplicado en lo que se designó como Decenio de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible, 2004-2014. Durante ese período de tiempo, se generaron documentos que guiaron y orientaron el diagnóstico y las acciones para el logro de una educación vinculada al desarrollo sostenible.

Asimismo, se sugirió que la educación debe contribuir a que las personas adquieran habilidades como un pensamiento crítico y creativo, comunicación, gestión de conflictos y estrategias de solución de problemas, evaluación de proyectos, con la finalidad de que participen activamente en la vida de la sociedad para el logro de un desarrollo sustentable. De forma paralela, debe fomentar en las personas la apropiación de valores como el respeto a la tierra y la vida en toda su diversidad. Y como un desafío, no limitarse a la educación ambiental y lograr una educación para el desarrollo sostenible.

La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) ha emprendido la adecuación de sus programas de estudio en los niveles educativos que imparte, como es el bachillerato de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP). Los programas de estudio de esta institución fueron promulgados en 1986, y recién se terminó el proceso de adecuación para los grados correspondientes al nivel preparatoria, quedando pendientes los grados de secundaria. Algunos aspectos temáticos considerados en las asignaturas relacionadas con Biología son: el cambio climático, la pérdida de la biodiversidad, y el desarrollo sostenible. Por lo cual, hay una necesidad institucional de proponer instrumentos didácticos coherentes con estas adecuaciones.

Los autores desarrollamos una metodología y/o modelo de trabajo (Hermosillo & González, 2016) cuya finalidad es fomentar en los estudiantes de este ciclo de estudios, una cultura asociada a la sustentabilidad y el desarrollo sustentable. El modelo considera la sensibilización del alumno por medio de materiales audiovisuales y/o textuales, así como el análisis de sus actividades cotidianas en la casa y la escuela. Para la primera etapa del modelo se requiere el cálculo de la huella ecológica por parte de los estudiantes. Esta etapa es diagnóstica. La siguiente etapa es reflexiva; esta ocurre con base en el análisis y discusión de los resultados de la huella ecológica, desde una perspectiva individual y grupal. Con estos elementos empíricos y teóricos, se plantea un debate que incluya su realidad cotidiana en la escuela. La etapa siguiente es la acción, la cual se plantea a partir de la definición de cuáles actividades son viables, con la meta de disminuir los valores obtenidos en la huella ecológica, y los hábitos que se han identificado que ocurre en su escuela, y en su grupo. Para este escrito nos referiremos a un producto que es común en la educación y que es el papel.

Desde una perspectiva teórica, la huella ecológica es un indicador del impacto ambiental que ocasionan las necesidades humanas en los ecosistemas del planeta, vinculada con la capacidad de la Tierra de regenerar los recursos que están siendo utilizados. Hay diferentes versiones de la huella ecológica; en Hermosillo y González (2016) presentamos un breve análisis al respecto y del cual sintetizamos los siguientes aspectos.

La huella ecológica se calcula a partir de un procedimiento aritmético que se relaciona y fundamenta con los sistemas ecológicos o ecosistemas. Un primer aspecto por considerar es que para poder brindar un servicio (un mercado que ofrecen productos agrícolas o ganaderos) o la fabricación de un artefacto (las cajas que transportan los productos agrícolas o ganaderos), se necesitan flujos de materia prima y energía, los cuales son extraídos de los ecosistemas. Otro aspecto, es que los ecosistemas deben ser capaces de asimilar los residuos generados en tres etapas: a) Durante el proceso de generación del servicio o artefacto, b) Mientras ocurre el uso servicio o artefacto, y c) Una vez que el servicio o artefacto haya culminado su vida útil. Por último, para brindar el servicio o producir el artefacto, se requiere de un espacio con infraestructura, lo cual implica que ocurra una reducción de la superficie disponible de los sistemas ecológicos productivos.

El índice de la huella ecológica tiene su propia unidad de medida, la cual corresponde a una hectárea global. Esta representa la superficie requerida del planeta para asimilar el impacto de las actividades humanas, reflejadas en los tres supuestos mencionados en el párrafo anterior. Otra forma de medida es la equivalencia en planetas, siendo este el número de planetas Tierra que se requieren para mantener a toda la humanidad, si todo estuvieran un estilo de vida similar a la

persona que realizó el cálculo. En nuestra experiencia de aplicación de la actividad de la huella ecológica, esta unidad de planetas influye más que la unidad de hectáreas globales en una valoración de lo que consume un estudiante. Sin embargo, la hectárea global, permite un mejor manejo comparativo por parte del estudiante, de las diferentes categorías de la huella ecológica.

El fundamento del cálculo de la huella ecológica es complejo y en un contexto educativo es conveniente simplificar su metodología, para que efectivamente cumpla la función de ser un dato científico que oriente a la reflexión del consumo de recursos y su repercusión en los sistemas ecológicos. De manera general, podemos mencionar que el cálculo del indicador de la huella ecológica se realiza mediante las respuestas a preguntas que proporcionan información de lo que consume y genera de residuos. Las preguntas están agrupadas en diferentes categorías: a) Uso del agua, b) Consumo de alimentos, c) Transporte, d) Vivienda, e) Uso de la energía, f) Ropa, g) Productos, y h) Ocio y recreación. Una característica deseable en el cálculo de la huella ecológica es que se tenga la posibilidad de obtener los resultados para cada una de las categorías, además del cálculo final. Por otra parte, el cálculo de la huella ecológica propicia que un estudiante valore lo que implica el satisfacer una necesidad humana. Esto significa el percatarse de que la generación de un producto o servicio requiere el gasto de recursos, materiales y de energía, los cuáles solo pueden obtenerse de los ecosistemas.

En el artículo de Hermosillo y González (2016) analizamos diferentes instrumentos para calcular la huella ecológica. Para tener la posibilidad de comparar con resultados obtenidos anteriormente, empleamos una versión que sustenta los cálculos en una hoja de cálculo Excel (Colorado, 2016) y que expresa el resultado en hectáreas globales y planetas. Aunque esta versión tiene como desventaja estar desfasada en alguno de los hábitos de consumo de un estudiante de bachillerato, brinda la posibilidad de interactuar en un contexto de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) y de un manejo orientado a una herramienta para elaborar tablas y gráficos.

En el marco teórico de las acciones para fomentar una cultura de la sustentabilidad y la educación ambiental, el propiciar que los estudiantes conozcan y apliquen las 3 R (reducir, reutilizar y reciclar) ha probado ser un mecanismo adecuado para cambiar los estilos de vida de una sociedad que considera que los recursos naturales son infinitos. García (1999) describe la aplicación de un taller de reciclado a estudiantes de nivel medio superior aplicado a diferentes materiales. Para los propósitos de ejecución de nuestro modelo, esta etapa de reciclaje de papel la consideramos como un primer acercamiento a la tecnología y habilidades que requiere conocer y manejar un estudiante para elaborar papel con base en fibras vegetales. Una vez que recicla el papel el estudiante, tiene los antecedentes conceptuales y tecnológicos para que proponga un proyecto de elaboración de papel a microescala, por el gasto de agua, y que incluya la incorporación de los ejes de matemáticas y arte en la hoja de papel que elabore. Asimismo, con base en el desarrollo de este proyecto se fomentará una cultura de sustentabilidad.

García, Reyes y Burgos (2017) argumenta que una propuesta educativa, en un marco de la educación STEM (del inglés, Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática), debe incluir aspectos como: a) Centrar el proceso de aprendizaje en el estudiante por medio de su participación en la resolución de problemas provenientes del mundo real, b) Integrar los componentes de STEM, ya que ayuda a la resolución de los problemas planteados, y preferentemente hacia la inter o transdisciplinariedad, y c) Los objetos de estudio deben ser parte efectiva de alguno de los campos STEM. Los mismos autores hacen la mención del surgimiento del enfoque STEAM a partir de incorporar a las Artes como parte de estos ejes. Por lo anterior, y derivado del análisis de la actividad propuesta para trabajar el modelo de cultura de sustentabilidad en el aula, consideramos que es un ejemplo de una actividad STEAM, ya que involucra los aspectos mencionados como requisitos del modelo STEM, y además incluye este componente artístico en la elaboración de hojas de papel.

II. METODOLOGÍA

El modelo se aplicó a 66 estudiantes, ubicados en dos grupos de bachillerato, inscritos en una asignatura de Biología que corresponde al 5to año del plan de estudios de la ENP. La edad de los estudiantes estuvo en el intervalo de 15 a 17 años. En primer término, se proporcionó a los estudiantes la siguiente dirección electrónica: <http://huellaecologicaenp2.blogspot.com/2018/08/la-huella-ecologica-del-ser-humano.html>, que corresponde al formato

de blog de las instrucciones y material para llevar a cabo las actividades. En esta dirección electrónica se explica, mediante un vídeo y un artículo de texto, la problemática asociada con el uso de los recursos naturales como si fuesen infinitos. Asimismo, los materiales explican qué es la huella ecológica, su importancia como marco de referencia de las acciones humanas y su consecuencia en el deterioro ambiental (cambio climático y pérdida de la biodiversidad, entre otras afectaciones), y como calcularla de forma manual. Un tercer enlace proporcionado en esa dirección electrónica es la hoja de cálculo para que completara los datos requeridos, y así obtuviese los parámetros asociados a la huella ecológica. Por lo cual, otra de las instrucciones que se los indicó, es que, con base en la consulta de los materiales, completaran las preguntas de la hoja de cálculo, y que los trajesen al aula, ya sea impresos o en forma digital para su discusión en clase.

En una primera sesión presencial de 50 minutos, se analizó con los estudiantes de cada grupo, la perspectiva que ofrecían los materiales (vídeo y artículo) de cuál es el efecto que está provocando el estilo de vida de la sociedad y cómo afectaría la viabilidad del planeta tierra cómo lo conocemos. Asimismo, se revisó que se hubiese realizado de forma adecuada el cálculo de su huella ecológica con base en la hoja de Excel de la dirección electrónica, e indicando las modificaciones respectivas para aquellos estudiantes que hubiesen tenido dificultades para realizar el cálculo de su huella ecológica.

Para la segunda sesión presencial de 50 minutos, con base en los antecedentes se sugirió el tema de las tres R (reducir, reutilizar y reciclar), abordando de forma específica el papel. Se proyectó un vídeo de cómo reciclar papel y se proporcionaron otras direcciones electrónicas para que en una actividad extra-clase elaborasen papel reciclado. Esta actividad se planificó para que los estudiantes la ejecutarán en equipo, aunque cada estudiante debía obtener al menos una hoja de papel. Las etapas fueron las siguientes: a) Seleccionar y recolectar el tipo de desperdicio vegetal a procesar, b) Obtener la fibra de celulosa, c) Mezclar la fibra extraída con agua y/o un aglutinante como savia de nopal, d) Producir las hojas por medio de bastidores de malla fina y su posterior secado.

En una tercera sesión presencial, los estudiantes trajeron al aula el papel reciclado elaborado. Este fue valorado en su calidad de escritura y flexibilidad. Asimismo, se elaboraron e interpretaron tablas y gráficas con base en el proceso de elaboración del papel. Por otra parte, se proporcionaron instrucciones para elaborar el informe con un estilo de artículo científico, por las secciones solicitadas y la consulta de otras referencias bibliográficas.

III. RESULTADOS

Entre los resultados obtenidos destaca que para los grupos de esta investigación el número de tierras promedio fue de 4.9, mínimo 0.9 y máximo 8.7. Los rubros de consumo de alimentos (41.9%) y transporte (24.9) fueron los que ocasionaron que el valor de la huella ecológica se incrementará; ambos rubros constituían un poco más del 65%. Estos valores difieren de otros que hemos obtenido con estudiantes de 6to año, en la misma escuela en donde el rubro de consumo de alimentos no está en primero lugar, aunque sí coinciden con el rubro de transporte como segundo lugar.

De forma consecuente, fueron los rubros sobre los cuales los estudiantes se manifestaron con mayor frecuencia para realizar modificaciones a su estilo de vida. Asimismo, los estudiantes resaltaban el hecho de que había aspectos de consumo de energía que no estaban considerados y otros que había que eliminar. Del primero el uso de cargadores para celulares, y del segundo, calentadores o ventiladores, que por su entorno climático no son empleados. Por otra parte, los estudiantes manifestaron la actitud de tomar acciones que transformen su estilo de vida a uno más sostenible con el planeta, como el elaborar composta.

Con respecto a la elaboración del papel hecho a mano, para valorarla como actividad STEAM, se consideraron las características y análisis que implican su proceso. Mencionamos a continuación algunas evidencias derivadas de los informes que entregaron los equipos. Para el rubro ciencia la evidencia está en el razonamiento científico. Que está asociado con la investigación documental de cómo elaborar papel. De esta forma, elementos de la evidencia son: la búsqueda y presentación de la información sobre las características de la celulosa, cómo esta afecta la textura y grosor del papel, y el planteamiento de la hipótesis de causa-efecto derivado de la composición de celulosa en el papel a reciclar.

Con relación al rubro *tecnología e ingeniería*, se destaca con la aplicación y procesado de la materia prima (papel de reciclaje) en dispositivos mecánicos o eléctricos de triturado, secado y aplanado del papel. Además de las diferentes

técnicas que existen en la literatura, de las cuales implica seleccionar la más adecuada para la construcción del papel. El rubro *arte* se enlaza al combinar estética con utilidad al papel elaborado en forma de libretas, tarjetas, separadores etc. Las matemáticas están presentes cuando se efectúan cálculos en la cantidad de papel obtenido, el pesado y medición de fibra y sustancias aglutinantes, análisis de la calidad del papel, entre otros aspectos. A continuación, se describen estos resultados de algunas de estas etapas con enfoque STEAM.

En la figura 1 y 2 se muestran los tipos de materiales y equipos utilizados para la elaboración de papel (rubro tecnología e ingeniería). Se destaca el trabajo colaborativo de los alumnos al momento de elaborar sus hojas en casa, así como el uso de materiales y equipos domésticos, lo cual disminuye los costos de producción.



FIGURA 1. Equipos y materiales usados en la elaboración de papel y trabajo colaborativo de alumnos.



FIGURA 2. Trabajo colaborativo de alumnos para elaborar el papel.

En las figuras 3 y 4 se muestra el tipo de papel obtenido por los alumnos (rubro arte). Cabe destacar que algunos estudiantes añadieron colorante vegetal a las fibras para que las hojas de papel tuviesen diferentes tonalidades. En la figura 5 se muestra una libreta con el papel que elaboraron



FIGURA 3 y 4. Bastidor y diferentes hojas de papel obtenidas por los alumnos. El color de las hojas varía por la adición de colorantes de tipo vegetal.



FIGURA 5. Ejemplo de uso del papel elaborado mediante la construcción de una libreta.

En la figura 6 se muestran los informes escritos entregados en un formato tipo artículo científico. De forma paralela enviaron su contraparte digital en un archivo. Esta actividad se valoró como coherente con el rubro de ciencia, al incluir en el informe los siguientes aspectos: a) Una búsqueda de información sobre la importancia del papel y

evidencias de reciclado del mismo, b) Contiene objetivos e hipótesis de trabajo, c) Describe el método y procedimientos utilizados en la elaboración de papel, d) Presenta resultados sobre cantidad de hojas elaboradas, tipo de papel que fue utilizado en el reciclaje, control de calidad y formas de uso, e) Incluyen discusión y conclusiones de sus resultados obtenidos.

Se pueden destacar los siguientes aspectos que los alumnos comentaron en sus informes: el gasto energético que es menor, comparado con papel industrializado; gasto de agua significativo al momento de su elaboración; calidad de su papel con relación a papel industrializado, el cual es más corrugado y presenta ciertos problemas al momento de escribir sobre el mismo; logro de flexibilidad y resistencia en el papel elaborado por ellos, dependiendo de las cantidades de fibra, aglutinante y agua utilizada; la toma de consciencia con respecto a la importancia de reciclar e intentar disminuir su huella ecológica con este tipo de acciones.

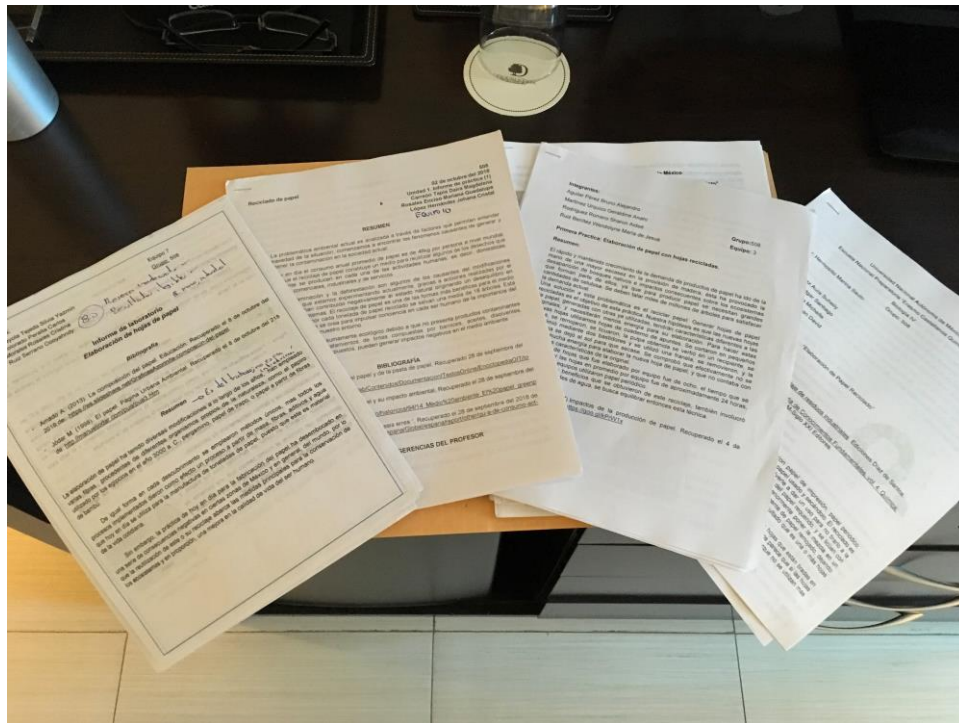


FIGURA 6. Presentación de los informes de trabajo de los equipos de alumnos sobre elaboración de papel.

Otro aspecto del informe es la forma en la cual los estudiantes manejaron la información obtenida en la elaboración del papel. La figura 7 presentan ejemplos del tipo de procesamiento de datos para analizarlos (rubro matemáticas). Las tablas destacan de manera comparativa el tipo de materiales utilizados por los equipos de alumnos y el número de hojas recicladas que fueron obtenidas. Los gráficos complementan la información presentada en las tablas. Esta actividad permite un trabajo colaborativo y socialización al momento de compartir información en el aula, lo cual permitió hacer análisis comparativos entre sus productos obtenidos. Es importante destacar el tipo de papel utilizado que fue obtenido en sus casas, tal es el caso de periódicos, hojas impresas, hojas de cuadernos usados, entre otros.

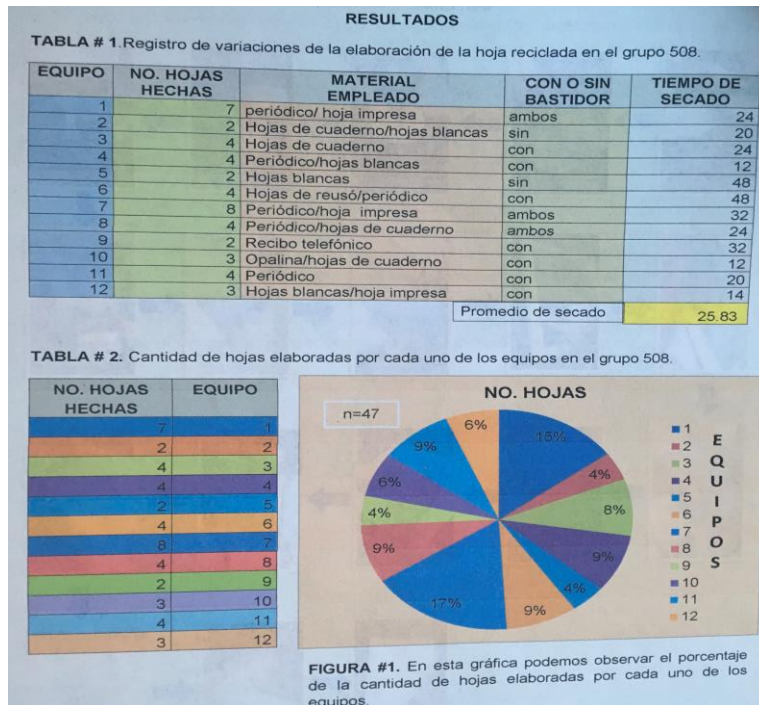
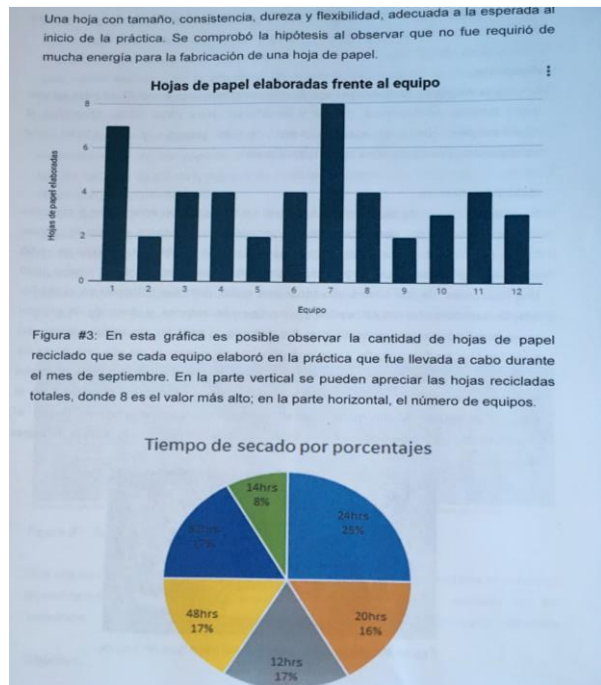
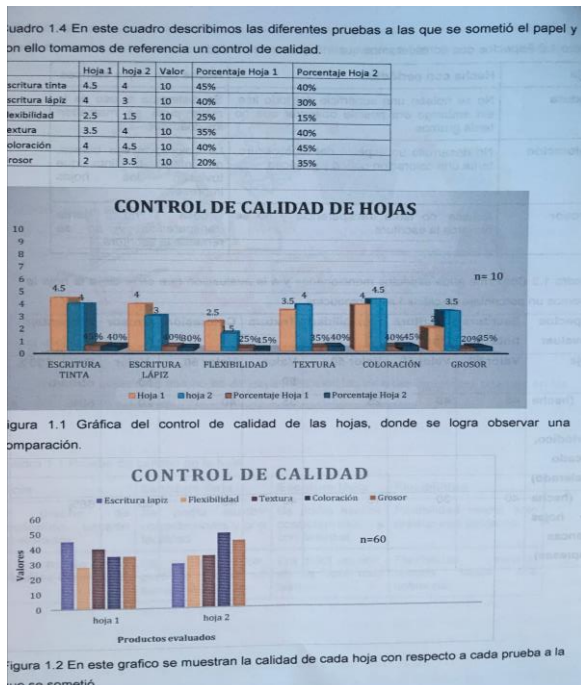


FIGURA 7. Ejemplo de tablas y gráficos obtenidos en los resultados de los equipos de alumnos.

Las figuras 8 y 9 muestra otro tipo de resultados obtenidos por los equipos de alumnos. Presentan un comparativo del número de hojas recicladas que fueron elaboradas por cada equipo y el tiempo de secado de sus materiales. Se destacan las pruebas utilizadas para el control de calidad de sus productos, los cuales tienen que ver con someterlas a escritura con tinta y lápiz, textura, flexibilidad, coloración y grosor de sus hojas. En estas etapas se hace evidente el uso de la medición para la obtención de sus resultados, lo cual le da un respaldo al tipo de productos elaborados con respecto a su calidad.



FIGURAS 8 y 9. Ejemplos de tablas y gráficos elaboradas por los alumnos sobre calidad de sus hojas.

IV. CONCLUSIONES

El uso de la estrategia de llenado de la huella ecológica permitió en primera instancia, la sensibilización de los alumnos con relación al impacto que pueden estar generando al planeta con sus acciones diarias. Fue motivo de impacto y discusión grupal, el tipo de ropa y la forma en la que se alimentan, debido a que estas acciones diarias pueden tener una repercusión negativa importante en la tierra.

Se destaca el uso de STEAM en una actividad de sustentabilidad, tal es el caso del reciclaje de papel. Dicha actividad si es desarrollada de forma adecuada con la asesoría del profesor, puede permitir la toma de conciencia de los alumnos sobre la importancia del reciclaje y cómo contribuir a disminuir su huella ecológica con acciones diarias.

AGRADECIMIENTOS

A las autoridades del plantel 2 “Erasmus Castellanos Quinto” y la DGENP por las facilidades otorgadas para la realización de estas actividades, y el apoyo brindado para la asistencia a foros académicos para la valoración de esta ponencia.

REFERENCIAS

Colorado, F. (2016). Calculo de la Huella ecológica personal. Recuperado de <<https://desarrollosostenibleumng.wordpress.com/2016/02/04/calculo-de-la-huella-ecologica-personal/>>

García Cartagena, Y., Reyes González, D., & Burgos Oviedo, F. (2017) Actividades STEM en la formación inicial de profesores: nuevos enfoques didácticos para los desafíos del siglo XXI. *Revista Electrónica Diálogos Educativos*, 18(3), pp. 37-48.

García Campeán, A. (1999). Taller de reciclado en el nivel medio superior y su implementación para la elaboración de material didáctico. Tesis de Maestría en la Enseñanza de las Ciencias con Especialidad en Biología. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León México. Recuperada en <http://eprints.uanl.mx/6237/1/1080092579.PDF>

Hermosillo Marina, S., & González Yoval, P. (2016). Modelo de acciones generadas en el aula para promover una cultura de la sustentabilidad en estudiantes de bachillerato. *Indagatio Didactica*, 8(1), 1850-1861.