

Cafelab, un proyecto de sostenibilidad ambiental y tejido social

Cafelab, an environmental sustainability and social fabric project

Cafelab, um projeto de sustentabilidade ambiental e tecido social

Ramón Majé Floriano

Institución Educativa Municipal Montessori, ramonmaje@gmail.com

Universidad Surcolombiana – Programa Ondas Huila, programaondashuila@usco.edu.co

ORCID: 0000-0001-5891-708X

Jorge Andrés Lizcano Vargas

Institución Educativa Municipal Montessori, jorgelizcano1983@hotmail.com

Universidad Surcolombiana – Programa Ondas Huila, programaondashuila@usco.edu.co

José Alejandro Hortua Prada

Institución Educativa Municipal Montessori, cafelabmontessori@gmail.com

Universidad Surcolombiana – Programa Ondas Huila, programaondashuila@usco.edu.co

Resumen.

El municipio de Pitalito Huila basa su economía en el sector agrícola, donde el café es el cultivo principal. En términos generales, el proceso del café demanda nueve grandes pasos incluyendo la renovación, en el 50% de los mismos se presentan cinco subproductos que están generando afectaciones a los ecosistemas acuáticos y terrestres de la zona. De acuerdo con lo anterior, nace el proyecto CAFELAB COLOMBIA con el objetivo de contribuir a la disminución de la contaminación ambiental generada por los diversos subproductos del café, en las veredas San Francisco, Santa Inés y Holanda de Pitalito. Para cumplir con el propósito de la investigación, la propuesta se enmarcó en un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo e interpretativo, sin desconocer el aporte que el enfoque cualitativo realiza al estudio. Así mismo, se crearon dos fases, (1) Inmersión o diagnóstico, donde se entrevistaron a 200 familias para conocer la disposición final de los cinco subproductos identificados, (2) transferencia, donde se elaboraron ideas de emprendimiento o prototipos cuya base principal son los residuos sólidos y líquidos del cafeto. Como resultado, se obtuvieron prototipos de: bebidas aromáticas, herbicidas naturales, bioplástico, energía eléctrica, briquetas, obras pictóricas y enseres para el hogar. A nivel Institucional, la propuesta permitió el estudio y replanteamiento del currículo. Se modificó la malla curricular, siendo el aprendizaje basado en proyectos, el eje central que contribuye al desarrollo de los niveles de competencias específicas en los estudiantes. Así mismo, se modificó el plan de aula que siguen los maestros, pasando de un modelo tradicional, a un modelo que busca un análisis real del contexto sociocultural de la comunidad, para abordar problemáticas que permiten responder de manera innovadora y sostenible a los desafíos que plantea el mundo globalizado.

Palabras Clave.

Competencias Científicas, Café, Contaminación Ambiental.

Abstract.

The municipality of Pitalito Huila bases its economy on the agricultural sector, where coffee is the main crop. In general terms, the coffee process requires nine major steps including renovation, in 50% of them there are five by-products that are affecting the area's aquatic and terrestrial ecosystems. In accordance with the above, the CAFELAB COLOMBIA project was born with the aim of contributing to the reduction of environmental pollution generated by the various coffee by-products, in the San Francisco, Santa Inés and Holanda de Pitalito districts. To fulfill the purpose of the research, the proposal was framed in a descriptive and interpretive quantitative approach, without ignoring the contribution that the qualitative approach makes to the study. Likewise, two phases were created, (1) Immersion or diagnosis, where 200 families were interviewed to find out the final disposition of the five identified by-products, (2) transfer, where entrepreneurial ideas or prototypes, whose main basis are the solid and liquid waste from the coffee tree. As a result, prototypes of aromatic beverages, natural herbicides, bioplastics, electrical energy, briquettes, pictorial works, and household items were obtained. At the Institutional level, the proposal allowed the study and rethinking of the curriculum. The curriculum was modified, project-based learning being the central axis that contributes to the development of specific skill levels in students. Likewise, the classroom plan followed by teachers was modified, moving from a traditional model to a model that seeks a real analysis of the sociocultural context of the community, to address problems that allow an innovative and sustainable response to the challenges that poses the globalized world.

Keywords.

Scientific Competencies, Coffee, Environmental Pollution.

Resumo.

O município de Pitalito Huila baseia sua economia no setor agrícola, onde o café é a principal cultura. Em termos gerais, o processo cafeeiro requer nove grandes etapas, incluindo renovação, em 50% delas há cinco subprodutos que estão afetando os ecossistemas aquáticos e terrestres da região. De acordo com o exposto, o projeto CAFELAB COLOMBIA nasceu com o objetivo de contribuir para a redução da poluição ambiental gerada pelos diversos subprodutos do café, nos distritos de São Francisco, Santa Inés e Holanda de Pitalito. Para cumprir o objetivo da pesquisa, a proposta foi enquadrada em uma abordagem quantitativa descritiva e interpretativa, sem desconsiderar a contribuição que a abordagem qualitativa traz para o estudo. Da mesma forma, foram criadas duas fases, (1) Imersão ou diagnóstico, onde 200 famílias foram entrevistadas para conhecer a disposição final dos cinco subprodutos identificados, (2) transferência, onde ideias empreendedoras ou protótipos cuja base principal são os sólidos e resíduos líquidos do cafeeiro. Como resultado, foram obtidos protótipos de: bebidas aromáticas, herbicidas naturais, bioplásticos, energia elétrica, briquetes, obras pictóricas e utensílios domésticos. No nível Institucional, a proposta permitiu o estudo e repensar o currículo. O currículo foi modificado, sendo a aprendizagem baseada em projetos o eixo central que contribui para o desenvolvimento de níveis de habilidades específicas nos alunos. Da mesma forma, o plano de aula seguido pelos professores foi modificado, passando de um modelo tradicional para um modelo que busca uma análise real do contexto sociocultural da comunidade, para abordar problemas que permitam uma resposta inovadora e sustentável aos desafios que se colocam no mundo globalizado.

Palavras-chave.

Competências Científicas, Café, Poluição Ambiental.

Introducción

Actualmente en el país existen una serie de problemas ambientales, siendo uno de los más importantes la excesiva generación de residuos sólidos. Al observar esta situación, se considera que las Instituciones Educativas deben cumplir un rol más dinámico y activo en el cuidado del medio ambiente; por tal motivo, este proyecto busca involucrar a la comunidad educativa, para que cumpla un papel protagónico y activo en el desarrollo sostenible de su contexto.

De acuerdo con lo anterior, la Institución Educativa Municipal Montessori sede San Francisco en Pitalito Huila, quiso entrar en la dinámica investigativa a través del estudio del producto que se consolida como la fuente de ingresos para todo el sector rural donde está localizada: el café. Al determinar que el proceso general del café demanda nueve grandes pasos, en la mitad de estos se producen grandes cantidades de subproductos, los cuales, en su gran mayoría son arrojados a las vertientes de agua, incinerados o simplemente utilizados para acabar con la vegetación de la zona. En ese sentido, el grupo de investigación CAFELAB COLOMBIA tiene como objetivo contribuir a la disminución de la contaminación ambiental generada por los diversos subproductos del café, reincorporándolos a la cadena productiva en las veredas San Francisco, Holanda y Santa Inés del municipio de Pitalito Huila. Las veredas mencionadas son focalizadas debido a que los estudiantes provienen de estos sectores. En total se cuenta con una población objetivo de 357 estudiantes y 530 familias que se benefician directamente del proyecto.

Para cumplir con el objetivo central de investigación, el proyecto se dividió en dos grandes fases: la primera corresponde a la inmersión, en la que se determina la disposición final de los subproductos del café (pulpa, mucílago, cascarilla, cuncho y tallos de café). Para esta fase se elaboró un cuestionario con ocho preguntas en la que se indagó por lo mencionado líneas anteriores. En la fase dos, denominada transferencia a la comunidad, los investigadores reincorporan los "residuos" a la cadena productiva a través de una idea de emprendimiento. En particular, se reutiliza la pulpa de café en dos sentidos: la elaboración de bebidas aromáticas y en la generación de energía eléctrica. Con la cascarilla de café se aprovecha su capacidad energética en la elaboración de briquetas. Con el cuncho del café se elaboran artesanías típicas de la región y obras pictóricas. Finalmente, se aprovechan los tallos de café en la fabricación de enseres como mesas, sillas y estantes para el hogar.

Planteamiento del problema

El municipio de Pitalito es dependiente del sector agrícola, donde el café es el cultivo principal. Como lo refiere el plan de desarrollo municipal:

Pitalito es el municipio con mayor producción de café en Colombia seguido de Acevedo, y no solo vende grandes volúmenes de grano, sino que su producción tiene una calidad de café suave y excelso que le ha significado ser "Taza de Oro" en varias oportunidades (2020, p.20).

Como se manifiesta, Pitalito es un gran productor y exportador de café; sin embargo, es necesario indagar sobre la contaminación que se genera durante todo el proceso del grano. En particular, en un beneficiadero tradicional, se emplean altos volúmenes de agua, se manejan inadecuadamente la pulpa (parte externa o cáscara del fruto maduro) y el mucílago (sustancia viscosa que segrega en el despulpado), conlleva a la contaminación del agua de las zonas aledañas, generando afectaciones como:

Muerte de los animales acuáticos y de las plantas por falta de oxígeno en el agua y por la alta acidez en los desechos.

Disminución de la calidad del agua para el consumo doméstico.

De hecho, como lo manifiesta Rodríguez y Zambrano:

Por cada millón de sacos de café que Colombia exporta, se generan aproximadamente 55.000 t de mucílago fresco, que si no se utilizan adecuadamente producirían una contaminación equivalente a la generada en un año, en excretas y orina, por una población de 310.000 habitantes (2010, p.3).

De igual forma ocurre con la cascarilla que no es utilizada, ya que es tratada como un desecho y cuya finalidad es la incineración, en algunas ocasiones sin aprovechamiento de la energía producida por esta materia en combustión. Así mismo, el "cuncho" o "borra" del café (es el último material luego de la preparación de la bebida) se convierte en residuo sólido, cuya disposición sin un aprovechamiento adecuado aumenta los índices de contaminación. Finalmente, durante el proceso de poda o zoca (definida como la técnica más común para regenerar los cafetales y recobrar su productividad), los tallos generalmente son utilizados como combustible o en su defecto se descomponen al aire libre.

En Colombia, la Federación Nacional de cafeteros, ha realizado esfuerzos significativos para ayudar al caficultor a la tecnificación de las fincas, y al tratamiento de los residuos del grano; sin embargo, para el pequeño y mediano caficultor demanda tiempo y dinero realizar este tipo de acciones, conlleva al tratamiento inadecuado de los subproductos.

De acuerdo con lo anterior, se estableció como objetivo general: contribuir a la disminución de la contaminación ambiental generada por los diversos subproductos del café en las veredas San Francisco, Holanda y Santa Inés del municipio de Pitalito Huila. Así mismo, se plantearon dos objetivos específicos:

1. Establecer el estado actual acerca de la disposición de los diversos subproductos del café en las diferentes etapas del cultivo y su proceso de postcosecha.
2. Construir ideas de emprendimiento sustentables, a partir de la reincorporación en la cadena productiva de los subproductos del café.

A continuación, se presenta una revisión bibliográfica en la que se muestran resultados de algunas investigaciones elaboradas en el ámbito internacional y nacional, respecto a las prácticas agrícolas específicamente las relacionadas con el tratamiento y uso de los subproductos del café. Dado que hay abundante información en la web, se resaltarán dos que guardan una estrecha relación con el problema a investigar.

A nivel internacional, se realiza la consulta del artículo científico denominado "El beneficiado del café ¿Fue un factor de contaminación en la segunda mitad del siglo XIX?", escrito por José Gabriel Román Madrigal. En su texto, el autor plantea como objetivo determinar que la contaminación de las aguas en Costa Rica se debe en gran medida por el beneficiado del café. En palabras de Madrigal:

Los desechos más importantes producidos en el beneficiado son: a) Pulpa: es el desecho más molesto y en mayor volumen, aproximadamente representa el 40% del peso total del fruto. b) Agua del despulpado: contiene relativamente una alta cantidad de sólidos sedimentados, azúcares, materia soluble y en general materia orgánica en abundancia, lo cual lo hace altamente contaminante. c) Agua de lavado de la fermentación: contiene gran cantidad de geles coloidales de pectinas y otros productos, los cuales son sustancias comparativamente menos contaminantes (2004, p. 11).

Lo anterior permite inferir que durante la transformación del grano a producto comercial (beneficio del café), se utilizan grandes volúmenes de agua para el lavado, la fermentación y el desprendimiento de las aguas mieles. Como sucede en Pitalito, un alto porcentaje de caficultores utilizan la técnica de la vía húmeda para beneficiar, y se conoce que estos líquidos generalmente se vierten a los cuerpos de agua, dada la cercanía existente entre los beneficiaderos y los afluentes.

A nivel nacional, un referente importante es la federación nacional de cafeteros, y en su nombre el programa de investigación científica. A través de la investigación, el programa busca desarrollar entre otros elementos, alternativas para la reincorporación de los subproductos del café. Al respecto, el artículo "los subproductos del café: fuente de energía renovable" escrito por Rodríguez y Zambrano revela datos importantes acerca de los 5 subproductos que son de interés para este proyecto. Por ejemplo, señalan:

Por cada millón de sacos de 60 kg de café almendra que Colombia exporta, se generan 162.900 t de pulpa fresca, que si no se utilizan adecuadamente producirían una contaminación equivalente a la generada durante un año, en

excretas y orina, por una población de 868.736 habitantes (2010, p.2).

Lo anterior ratifica lo descrito en el planteamiento del problema, donde de manera empírica se puede evidenciar el uso inadecuado que se le brinda a la pulpa del café, donde se conoce que, una vez realizado el beneficio, este subproducto es arrojado a los cuerpos de agua o expuestos al medio ambiente.

A continuación, se presenta una revisión bibliográfica inicial en la que muestran resultados de algunas investigaciones que sustentan y delimitan este estudio, y que se enmarcan en el cafeto, así como en los subproductos que se van generando durante la producción del grano. A nivel internacional y nacional, existen diversos estudios que definen con claridad el origen del café. En particular Cortina y Herrera precisan que:

El café pertenece a la gran familia de las Rubiáceas, compuesta por 500 géneros y más de 6000 especies, la mayoría de origen tropical y con una amplia distribución geográfica. De toda la familia de las Rubiáceas, el género *Coffea* es el de mayor importancia económica (2013, p. 118).

Para el caso colombiano, y gracias a la variedad de climas que se encuentran a lo largo del territorio, es posible afirmar que el café es uno de los productos de exportación. En Pitalito Huila, la altura promedio es de 1200 m a 1400 m que lo convierte en una zona privilegiada para el crecimiento de la planta y este producto se consolida como el eje central de la economía local, tanto que más de 7400 familias dependen del mismo.

Ahora bien, Moreno y Clavijo realizan una extensa explicación sobre la estructura del fruto del café. Al respecto:

El fruto de café es una drupa en la cual los tejidos externos en la madurez se separan, por una capa mucilaginoso, del endocarpio, delgado, duro y coriáceo, llamado pergamino. El fruto del cafeto está compuesto por el pericarpio (pulpa de café), el mesocarpio (mucílago de café), el endocarpio (pergamino o cascarilla) y el endospermo (café almendra). La pulpa de la cereza madura está formada por el exocarpio (epidermis), que es la capa externa del fruto y representa el 43,2% del fruto en base húmeda. El color de la epidermis varía desde verde o amarillo hasta rojo o rojo intenso y algunas veces hasta violeta o negro. El color depende de la variedad de café y del grado de madurez del fruto (2016, p. 31).

Lo anterior muestra la compleja estructura que posee el café; sin embargo, durante todo el proceso de beneficio, tan solo se aprovecha el grano, convirtiendo los restantes elementos en un subproducto o residuo sólido y líquido. Es de aclarar que el beneficio del café es el proceso agroindustrial que realiza todo caficultor en sus predios, para transformar el fruto recolectado a café pergamino seco. En palabras de los expertos caficultores de Pitalito (estudiantes investigadores de CAFELAB COLOMBIA y sus padres), el proceso del café es el siguiente:

El primer paso es la etapa de germinación. Primero se consigue la semilla que puede ser de la finca o certificada, se busca un lugar apropiado para ubicar el germinador, su techo debe estar cubierto por hojas de plátano o poli sombra para que el clima no afecte su crecimiento. Se planta la semilla en arena para que sea fácil su extracción, se espera de 40 a 45 días, a los 20 se encuentra en etapa de fósforo y al finalizar los 45 días se obtiene la chapola (Majé, 2019).

En el segundo paso se debe escoger muy bien la chapola que permita desarrollar el follaje de la germinación, para ser trasladada al semillero durante dos o tres meses con todos sus cuidados como el agua, el abono, la fumigación y la sombra para finalmente trasplantarse al terreno (Majé, 2019).

El tercer paso es la plantación de café, en donde se debe sembrar en buenos tiempos de lluvia, para esto se requiere excelentes cuidados para que a lo largo de 18 meses a 2 años se obtenga una buena producción de cosecha, dependiendo de los factores climáticos.

Después de la siembra, esperamos aproximadamente 2 años para la recolección, se espera que los frutos lleguen al punto de maduración, donde la cereza se torna un color rojo profundo. Estos frutos son seleccionados para recolectar (Majé, 2019).

El quinto paso para seguir es el despulpado, el cual se desarrolla en una máquina despulpadora la cual separa la almendra de la pulpa. Es allí donde se genera el primer problema ambiental, donde caficultores de la zona generalmente arrojan este material a las zonas ambientales, lo mismo ocurre con las aguas mieles o mucílago del café, que es el obtenido durante los lavados del grano (Majé, 2019). La afirmación anterior se puede corroborar con los planteamientos de Rodríguez y Zambrano:

El promedio de la producción de pulpa es de 2,25 t/ha-año en Colombia. Por cada millón de sacos de café almendra que Colombia exporta, se generan 162.900 t de pulpa fresca, que si no se utilizan adecuadamente producirían una contaminación equivalente a la generada durante un año, en excretas y orina, por una población de 868.736 habitantes (2010, p. 2).

El sexto paso es el secado, el cual determina la calidad y suavidad del café. Después del despulpado, se toma la almendra y se pone a secar esperando que la cascarilla o cisco se desprenda de la misma. Es allí donde se presenta el segundo residuo, donde el caficultor vende su producto con cascarilla, puesto que no tiene la maquinaria suficiente para continuar el proceso". Cuando se llega a los expendios de café, generalmente se incinera este material, sin aprovechar su capacidad calórica que en palabras de Rodríguez et ál. (2010) es de 17,90 MJ/kg (Majé, 2019).

El paso siguiente es el tueste. Se lleva la almendra al horno para que allí tome su tonalidad y su consistencia, y de esta manera se obtenga el producto final. Finalmente, se tritura el grano para así sustraer su aroma y sabor característico, resultante de esto se obtiene el cuncho del café. Es allí donde se obtiene el siguiente

subproducto, el cual es arrojado a los sifones luego de la preparación y consumo (Majé, 2019).

Un cafeto normal puede alcanzar una altura de 5 m en adelante; además, pasados 4 años de producción puede bajar su tasa de productividad, por ello se lleva a cabo el proceso de la poda o zoca, que consiste en cortar el cafeto a determinada altura para que vuelva a retoñar. Y es allí donde se genera un nuevo subproducto: los tallos del café. En términos de Rodríguez et ál. (2010) en Colombia se reporta un promedio de densidad de 5000 árboles podados por cada hectárea, que generalmente se descomponen al aire libre, sin aprovechar su alta resistencia para la construcción de enseres en el reemplazo del plástico.

Aspectos metodológicos

Vílchez (2007) en su documento afirma que la investigación educativa tiene como finalidad prioritaria apoyar los procesos de reflexión y crítica para tratar de mejorar la enseñanza y el aprendizaje. Por su parte García, Jiménez, Rojas, & Tapiero (2007) afirman que “en el ámbito educativo existe una variedad de clasificaciones o modalidades de investigación, los cuales obedecen a criterios establecidos de manera arbitraria”. De acuerdo con los autores, en esta investigación se puede establecer la siguiente clasificación:

El primer criterio se precisa de acuerdo con la finalidad de la investigación y esta puede ser básica o aplicada. En particular, el presente proyecto de investigación centra la atención en una investigación de tipo aplicada, porque su finalidad radica en realizar una intervención a un problema de tipo ambiental, para contribuir a la disminución de los índices de contaminación ocasionados por los diversos subproductos del café.

Un segundo criterio de clasificación se define según el carácter de la medida. De acuerdo con esta clasificación, la investigación puede ser cuantitativa o cualitativa. En ese sentido, se opta por un estudio de corte cuantitativo, de tipo descriptivo e interpretativo. El proceso de diagnóstico a través de la interacción con los actores implicados y la descripción e interpretación de la información recolectada permite la consolidación de la idea de investigación o ideas de emprendimiento, considerando que ello se constituye en un elemento más en el proceso de reflexión, crítica y argumentación sobre los hallazgos que se obtengan durante la investigación. Es de resaltar, que, al buscar un mayor acercamiento con la comunidad, no se desconoce el aporte que el enfoque cualitativo puede realizar al estudio; en ese sentido, la entrevista y la observación son métodos eficaces para recolectar, interpretar, analizar y complementar el diagnóstico.

Población

Se impacta a la comunidad educativa y población aledaña a las sedes de la institución ubicadas en las veredas San Francisco, Holanda y Santa Inés del municipio de Pitalito. El dinamismo de la economía de las veredas se sustenta en el sector agrícola siendo el cultivo más representativo el café. De acuerdo con estudios realizados por los presidentes de las juntas de acción comunal, la vereda Santa Inés cuenta con 422 habitantes repartidos en 90 viviendas, mientras que en San Francisco habitan cerca de 1670 pobladores en 350 viviendas y Holanda cuenta con alrededor de 90 viviendas. En total se cuenta con una población externa de 530 viviendas aproximadamente.

Muestra

Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó la herramienta de “cálculo de muestras” que provee la empresa Netquest. En particular, para una población de 530 viviendas, con una heterogeneidad del 50%, un margen de error del 5% y un nivel de confianza del 95%, se sugiere una muestra de 278. Lo anterior se puede interpretar de la siguiente manera: si se aplica el cuestionario a 530, el 95% de las veces el dato que se quiere medir estará en el intervalo $\pm 5\%$ respecto al dato que se observe en el cuestionario. Ahora bien, para la selección de las viviendas se toman como referencias las siguientes variables de identificación:

- Que entre su propiedad sembraran y recolectaran el grano de café.
- Que decidieran participar de manera voluntaria de la investigación (lo anterior se convirtió en una referencia fuerte, dado que la mayor parte de la población trabaja todo el día en los cultivos).
- Que los menores de edad estudiaran en la sede San Francisco y habitaran en una de las tres veredas.

De acuerdo con lo anterior, se realizaron 200 encuestas en las viviendas que cumplieron con las variables mencionadas. Para ello se realizó la técnica de muestreo aleatorio simple entre los estudiantes de las tres veredas.

Fases de la investigación

Fase I: Diagnóstico. Esta fase responde al primer objetivo específico. En particular, se realiza el trabajo de campo para conocer la disposición final de los cinco subproductos identificados. Para cumplir con la misma, se sigue la teoría de las situaciones didácticas, las cuales son actividades que sirven para enseñar y por ende para aprender. (Brousseau, 1982, citado en Castillo y Popayán, 2017). Esta teoría se desarrolla en cuatro pasos:

- La situación de acción enmarca el momento de lectura de fuentes de información primaria respecto al problema identificado. De igual forma, se realiza un primer ejercicio de campo, para observar detenidamente la problemática.
- En la situación de formulación, se elabora el instrumento de recolección de información.
- En la situación de Validación, se identifica la población objetivo y la muestra.
- En la situación de institucionalización, se realiza una actividad de socialización en la cual se elabora el diagnóstico.

Fase II: Transferencia a la comunidad. Esta fase responde al segundo objetivo específico. De acuerdo con los resultados obtenidos en la fase anterior, se elaboran ideas de emprendimiento o prototipos cuya base principal son los residuos sólidos y líquidos del café.

Diseño de instrumentos

Fase I. Para esta fase se elaboró un instrumento basado en la entrevista, el cual fue sometido a juicio de expertos y cuyo pilotaje se desarrolló en una muestra de 60 caficultores con características similares a las de este estudio. A través del instrumento, el caficultor tenía la posibilidad de explicar con detalle y de manera abierta su respuesta. De manera operativa, este instrumento contó con 8 preguntas, divididas en dos cuerpos: una primera parte que indagaba por su nivel de escolaridad y formación en TIC (es intencional, con el objetivo de crear talleres en torno a la reutilización de los subproductos) y una segunda parte que indagaba por la disposición final de los residuos del café. Lo anterior se puede visualizar en el siguiente enlace:

https://drive.google.com/file/d/1R1bfDse6T48EL3jj3_2Mi9btKLgPK6ld/view?usp=sharing

Fase II. Para la elaboración de los prototipos, se diligenciaron bitácoras, se obtuvieron registros fotográficos de la materia prima, del proceso de elaboración y del producto terminado. De esta manera se elaboró una ficha técnica del prototipo. Esta ficha contiene los siguientes elementos:

1. Nombre del producto.
2. Descripción del producto.
3. Composición
4. Características principales.

5. Tipo de conservación.
6. Procedimiento de elaboración.
7. Vida útil esperada
8. Recomendaciones de uso.

Lo mencionado se puede visualizar en el siguiente enlace:

https://drive.google.com/file/d/1DXBkdMqMqFE3HHfRrNWJdlZ_InSppgEW/view?usp=sharing

Organización de la información

Fase I. El instrumento principal del estudio permite establecer dos categorías de análisis:

1. Escolaridad y grado de apropiación de TIC. Esta categoría permite caracterizar a la población; y desde allí, generar un posible espacio de formación en el uso de las TIC, con el propósito de dar a conocer a través de los medios tecnológicos los diferentes prototipos construidos.
2. Subproductos del café. En este apartado, se tienen en cuenta las diferentes respuestas sobre la disposición final de los residuos, y se toman las que guardan una estrecha relación para categorizarlas (por ejemplo, varias respuestas apuntan a arrojar la pulpa del café al medio ambiente).

Para las dos categorías mencionadas, se acepta el aporte que realiza el enfoque cuantitativo, específicamente la estadística descriptiva y el pensamiento numérico desde las razones y proporciones para los prototipos.

Fase II. para la elaboración de las ideas de emprendimiento, se empleó el método de retos STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, por sus siglas en inglés). Estos retos contienen 4 pasos:

- Diseño: a través de una herramienta computacional, se propone el mejor producto; es decir, se lleva a cabo diseño de empaques, envases, mediciones con sensores.
- Prototipo: en este punto, y desde la práctica de laboratorio, se elabora el prototipo seleccionado.
- Prueba: el prototipo es sometido a ensayo.
- Evaluación: consiste en un ejercicio de metacognición que permite reiniciar el ciclo de pasos anteriores, con el objetivo de establecer cambios y mejoras.

Los pasos de los retos STEM quedan registrados en la ficha técnica de cada producto. Para respetar las habilidades y ritmos de aprendizaje de los investigadores, se crean equipos de trabajo basados en la teoría de Ned Herrmann (1995) definiendo en ellos roles específicos:

- Director científico
- Secretaria: quien se encarga de diligenciar las actas de protocolo.
- Vocero.
- Responsable de materiales.

Resultados y Discusión

Fase I

Escolaridad y grado de apropiación de TIC

Las preguntas 1 y 2 indagaban por el grado de escolaridad y por el nivel de apropiación de las TIC. Así mismo, la pregunta 3 brindaba la oportunidad para que el entrevistado se interesara por un curso de capacitación. Según lo señalado, el 80% de la muestra se distribuye en el ciclo de la básica primaria. En la voz de la muestra, se brindaron argumentos del tipo «somos campesinos que no tuvimos la suerte de estudiar, de prepararnos». De igual forma «tuvimos que salir de nuestras regiones para llegar a estos lugares por culpa de la violencia».

En conformidad con la pregunta 2, que cuestionaba por el grado de apropiación de las TIC (en particular se indagó por el uso del celular, tableta y computadora personal), se encontró que el 75% se encuentra en el intervalo (0-2). Lo anterior guarda correspondencia con la pregunta 1 en cuanto al nivel de escolaridad de los habitantes de las veredas focalizadas.

La pregunta 3 indagaba por la posibilidad de aprender sobre herramientas computacionales. Se trata entonces de una pregunta intencional, donde se busca generar un programa de formación que apunte al desarrollo de competencias digitales y desde allí, se den a conocer los prototipos desarrollados en la fase II. En ese sentido, el 55% manifestó interés en contraste con el 45% restante quien manifestó entre otras cosas «no puedo asistir por tiempo», «ya estoy muy viejo para eso».

Categoría subproductos del café

La pregunta 4 indagaba por la disposición final de la pulpa de café, luego de pasar por el beneficiadero tradicional. En ese sentido, el 75% manifiesta que lo utiliza como abono orgánico y el 25% restante lo vierte al medio ambiente. En un beneficiadero

se emplean altos volúmenes de agua para el proceso, se manejan inadecuadamente la pulpa y el mucílago, lo que conlleva a la contaminación del agua de las zonas cafeteras. En palabras de Rodríguez y Zambrano:

Se sabe que el promedio de la producción de la pulpa es de 2,25 t/año y que por cada saco de 60kg de café que se exporta, se generan 162.900 toneladas de pulpa fresca, que si no se utilizan adecuadamente producirían una contaminación equivalente a la generada en un año, en excretas y orina, por una población de 868.736 habitantes (2010, p.2).

Ahora bien, durante el proceso del abono orgánico, la pulpa se expone al aire libre por alrededor de seis meses, ocasionando entre otras cosas aumento de microorganismos indeseables y malos olores, atracción de moscas y otros insectos que pueden ser perjudiciales para la salud; sin embargo, se ha demostrado que la pulpa deshidratada contiene varios componentes que pueden ser aptos para el consumo humano, de allí que se establece la posibilidad de crear una idea de emprendimiento. Lo anterior guarda correspondencia con la pregunta 5, la cual cuestionaba por la reutilización de la pulpa. En particular, el 55% manifiesta que no la utilizaría para fines alimenticios, justificando su elección en «no sabemos cómo utilizarla», «si nos enseñaran tal vez lo haría», «tal vez haría aromáticas o yogurt».

La pregunta 6 indagaba por la disposición final de la cascarilla de café. Al respecto, el 100% de los encuestados manifiesta que la vende con el fruto luego del secado. Lo anterior se justifica por el hecho de no poseer la maquinaria suficiente para continuar con el proceso de tostión y molienda del grano. Ahora bien, como afirma Rodríguez et al.:

El endocarpio del fruto constituido por la cascarilla o cisco y la película plateada es otro subproducto con excelentes propiedades combustibles. El cisco representa en peso el 4,2% del fruto fresco. Para este subproducto, reportan una capacidad calórica de 17,90 MJ/kg. (2010, p.4)

Finalmente, las preguntas 7 y 8 indagaban por la disposición final del cuncho o borra y los tallos de café. En particular, el 100% de los encuestados manifestó que los subproductos mencionados son arrojados por el sifón (borra) y como leña o expuestos al medio ambiente para su descomposición.

Fase II

En esta fase se llevaron a cabo los retos STEM desde 4 pasos (diseño, prototipo, prueba y evaluación). De esta manera, se obtuvieron las siguientes ideas de emprendimiento:

Pulpa de café. Martínez, Hernández, Aguilar y Rodríguez (2019) advierten que la pulpa del café presenta valores nutricionales interesantes, que, al ser utilizados en forma de extractos, son aptos para el consumo humano debido a su capacidad antioxidante, la

cual favorece la disminución de la enfermedades cardiovasculares, inflamatorias, neurodegenerativas. En particular:

La pulpa es considerada como el principal subproducto del café, representa cerca de 30% del peso seco de la baya entera o alrededor de 40% en frutos frescos. Los valores nutricionales presentes en la pulpa del café son carbohidratos (50%), fibra (20%), proteínas (7-10%), grasas (1.4-2.5%) y cafeína (0.68-1.3%) (2019, p.1).

Considerando la literatura, se optó por la elaboración de un té de pulpa de café.

Pulpa y mucílago. En Colombia, el centro nacional de investigaciones del café es la encargada de llevar a cabo los procesos y avances técnicos que permiten reincorporar los subproductos del café. En particular:

La pulpa y el mucílago del café pueden producir electricidad, cuando se ponen en contacto con dos metales distintos, dentro de un recipiente aislado. Los mejores resultados se logran entre cobre y zinc o cobre y hierro galvanizado o latón (Calle, 1973, p.1).

De acuerdo con lo anterior, se llevó a cabo la elaboración de una batería eléctrica.

Cascarilla. Rodríguez y Zambrano (2010) plantean que la cascarilla es un subproducto que aporta una capacidad calórica de 17,90 MJ/kg. En ese sentido, se llevó a cabo la elaboración de briquetas o leños de cascarilla de café.

Cuncho. Dado que la Institución donde se desarrolla esta investigación tiene como visión el desarrollo de valores culturales y artísticos. Al respecto, se aprovecharon los "tintes" extraídos del cuncho, para lograr pinturas que permitirían crear obras pictóricas.

Tallos. Finalmente se aprovechó la resistencia del material para la construcción de diferentes enseres.

Discusión

A pesar de que el debate sobre qué deben aprender hoy en día los niños y niñas en la escuela está abierto, no parece que deba ser lo mismo que aprendieron, los que hoy son adultos. El consenso, en este sentido, es cada vez más amplio. Aparentemente, los sistemas educativos, configurados todavía en sus rasgos fundamentales para dar respuesta a la economía industrial, están encontrando muchas dificultades para aportar el valor que les exige la sociedad actual en una economía global basada en el conocimiento. Actualmente se tiene toda la información al alcance y no parece razonable malgastar energías en almacenarla en la memoria, cuando lo que se ha convertido en crítico es cómo discernir y qué hacer con la gran cantidad de información disponible. En este escenario, adquieren importancia los saberes necesarios para encontrar la información, comprenderla y analizarla críticamente.

Toma especial relevancia la capacidad de recombinar esta información y de utilizarla de manera creativa. Ganan valor las habilidades a la hora de comunicarse y colaborar para poder responder de manera innovadora y sostenible a los desafíos que plantea un mundo tan cambiante, en una coyuntura tan compleja como la actual.

No se sabe todavía demasiado bien cómo tendrá que ser la escuela del futuro, pero imaginarla de nuevo parece cada vez más prioritario para que, repensando las metodologías de enseñanza y aprendizaje, la organización escolar, las estrategias de evaluación y la colaboración con el entorno, los centros educativos puedan ser capaces de ofrecer las competencias que el siglo XXI exige a los ciudadanos. Se tienen escuelas que ya están ensayando respuestas a estas y otras preguntas, pero el reto no parece que pueda quedar resuelto con un proceso de reforma. La innovación que hay que cubrir plantea una transformación de mayor profundidad en el sistema educativo y, en último término, en la dinámica de la vida cotidiana de cada escuela. De acuerdo con lo anterior, CAFELAB COLOMBIA quiso entrar en la dinámica de dar respuesta a las preguntas planteadas líneas anteriores; en ese sentido, este proyecto de investigación se consolida como una oportunidad para repensar en un doble propósito: el papel de la escuela en la formación integral del niño y el cuidado del medio ambiente. En ese sentido, desde la propuesta de investigación, se está realizando aportes significativos a los objetivos de desarrollo sostenible, específicamente una educación de calidad, salud y bienestar, agua limpia y saneamiento, energía asequible y no contaminante, trabajo decente y crecimiento económico, acción por el clima, vida de ecosistemas terrestres, alianzas para lograr los objetivos.

Conclusiones

Respecto al primer objetivo específico, se puede afirmar que se cumplió a través de la fase I de investigación. Con el diagnóstico se infiere que es perentorio explorar actividades sustentables para la disminución de los impactos negativos generados por el sector cafetero teniendo en cuenta las diferentes etapas del cultivo y su proceso de postcosecha.

Respecto al segundo objetivo específico, se cumplió a través de la elaboración de prototipos o ideas de emprendimiento a saber: (1) Pulpa de café: obtención de té o bebida aromática, (2) Pulpa y mucílago: obtención de energía eléctrica, (3) Cascarrilla: elaboración de briquetas ecológicas, (4) Cuncho: preparación de pinturas para elaborar obras pictóricas, (5) Tallos de café: construcción de mesas y sillas.

A nivel Institucional, la propuesta permitió el estudio y replanteamiento del currículo. Se modificó la malla curricular, siendo el aprendizaje basado en proyectos, el eje central que contribuye al desarrollo de los niveles de competencias específicas en los estudiantes. Así mismo, se modificó el plan de aula que siguen los maestros, pasando

de un modelo tradicional, a un modelo que buscara un análisis real del contexto sociocultural de la comunidad, para abordar problemáticas que nos permitieran responder de manera innovadora y sostenible a los desafíos que nos plantea un mundo tan cambiante como el actual. Bajo esta mirada, el maestro asumió un rol de investigador, que se plantea interrogantes desde su propia práctica, relaciona los aprendizajes de los estudiantes con la vida misma y, reflexiona sobre su actuar y sobre su influencia en la vida del otro. De igual forma, el estudiante dejó de ser un receptor pasivo de información, para convertirse en un investigador, un ser que comprende su realidad y ayuda a transformarla de manera creativa.

Recomendaciones y Proyecciones

CAFELAB COLOMBIA es un grupo que busca seguir investigando en el contexto cafetero, dada la zona de influencia. De esta manera, se recomienda a las futuras investigaciones:

1. En el trabajo de campo, agregar mediciones de volumen de residuos sólidos y líquidos que se exponen al medio ambiente, así como la posibilidad de realizar un seguimiento detallado a los niveles de PH de los cuerpos de agua, la pérdida de la calidad del aire para citar dos ejemplos.
2. Para las mediciones anteriores, se recomienda controlar las variables con microcontroladores como Micro: bit y/o Arduino, como ya se viene desarrollando al interior del grupo de investigación.

Finalmente, se proyecta la consolidación de nuevos prototipos que contribuyan a la disminución de la contaminación ambiental generada por los subproductos del café. En particular se estudia actualmente:

1. La elaboración de compostaje a partir de la pulpa del café y los residuos domiciliarios.
2. La elaboración de un herbicida natural, el cual permite disminuir el uso de químicos como el glifosato.
3. La elaboración de bioplástico y papel a partir de la pulpa del café.

Referencias Bibliográficas

Calle, H. (1973). *Baterías eléctricas con pulpa y mucílago de café*. Cenicafé. Recuperado de <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/845/1/avt0025.pdf>

Castillo, V., & Popayán, Y. (2017). Aplicación de la teoría de las situaciones didácticas a las Ciencias Sociales. *Revista Educere*, 21(70), 539-555.

- Concejo Municipal de Pitalito. (2020). *Plan de desarrollo municipal*. Recuperado de <http://www.sempitalito.gov.co/PDM%202020-2023.pdf>
- Cortina, H., & Herrera, J. (2013). Taxonomía y clasificación del café. En *Manual del cafetero colombiano. Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura*. Tomo I. recuperado de <http://cafeazulejo.com.co/wp-content/uploads/2018/02/Manual-cafe-colombiano-1.pdf>
- García, B., Jiménez, H., Rojas, G., & Tapiero, E. (2007). *Referentes para la investigación educativa y pedagógica*. Florencia: digital editores.
- Herrmann, N. (1995). *The creative brain. Lake Lure*. North Caroline: The Ned Herrmann Group.
- Madrigal, J. (2004). El beneficiado del café ¿Fue un factor de contaminación en la segunda mitad del siglo XIX? *Diálogos Revista Electrónica de Historia*, 4(2), 1-38.
- Martínez, S., Hernández, F., Aguilar, C, y Rodríguez, R. (2019). Extractos de pulpa de café: Una revisión sobre antioxidantes polifenólicos y su actividad antimicrobiana. *Revista investigación y ciencia*, 27(77), 73-79.
- Moreno, N., & Romero, A. (2016). *Evaluación de diferentes métodos para la transformación de la pulpa de café en abono orgánico en fincas cafeteras* (tesis de maestría). Universidad de Manizales, Manizales, Colombia.
- Majé Floriano, R. (2019, 12 de abril). *Pasos y problemas ambientales en la producción del café*. YouTube. <https://youtu.be/S41kIGKVxg>
- Rodríguez, N., & Zambrano, D. (2010). *Los subproductos del café: fuente de energía renovable*. Gerencia técnica, programa de investigación científica de la federación nacional de cafeteros. Recuperado de <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0393.pdf>
- Vílchez, N. (2007). *Enseñanza de la geometría con utilización de recursos multimedia. Aplicación a la primera etapa de educación básica* (Tesis Doctorado). Universidad pública de Tarragona, España.

Recepción: 10/11/2021 - **Aceptación:** 05/02/2022

Para citar este artículo / To reference this article / Para citar este artigo

Maje, R., Lizcano, J. A., & Hortua, J. A. (2022). Cafelab, un proyecto de sostenibilidad ambiental y tejido social. *Revista Latinoamericana de Educación Científica, Crítica y Emancipadora (LadECiN)*, 1(1), pp. 223-239.