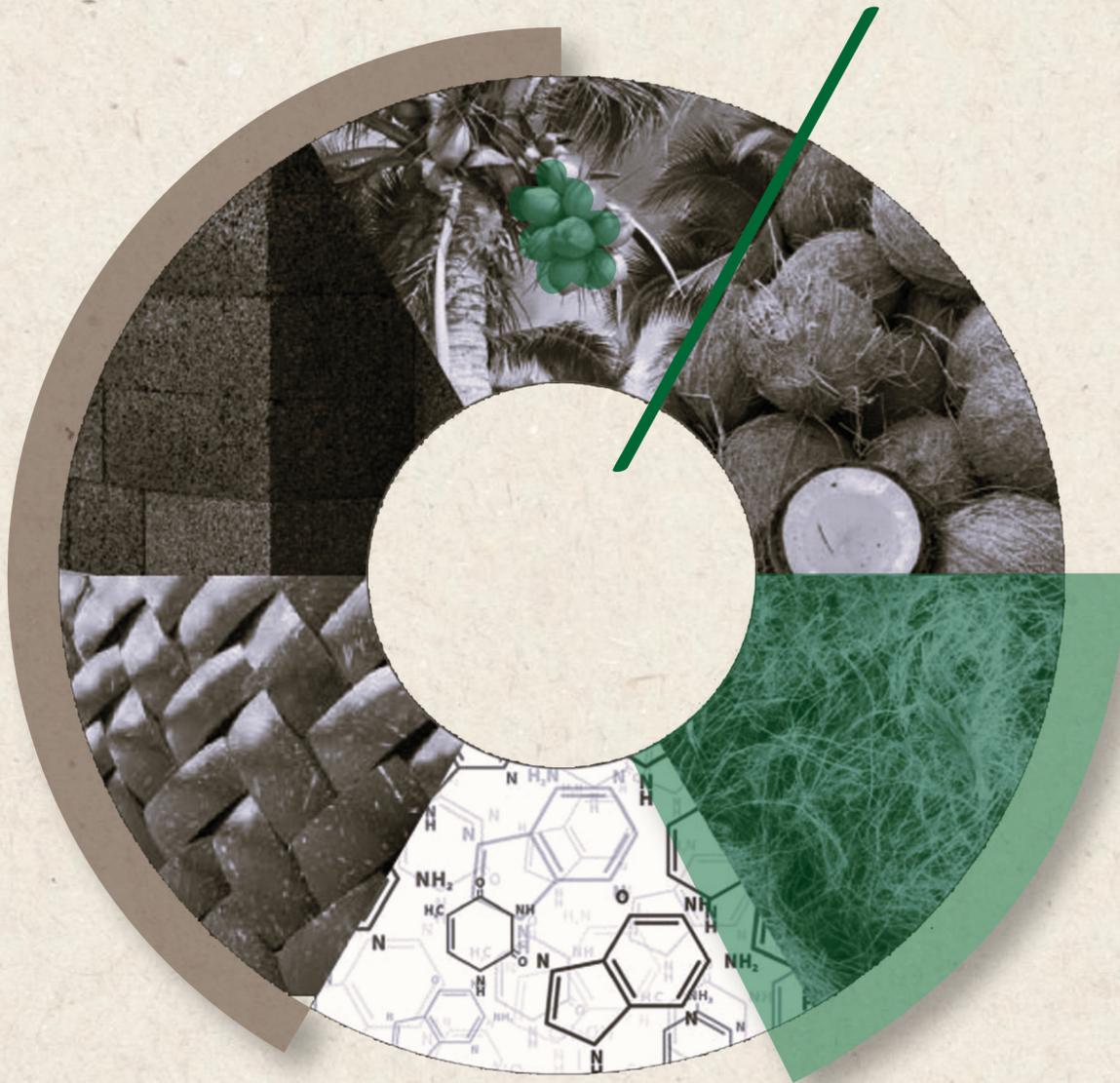


COCONUT WASTE AS A SUSTAINABLE MATERIAL FOR CONSTRUCTION IN MANABÍ.

Gina Isabel San Andrés Zevallos



Cities and Landscapes: Architecture, Archaeology, Cultural Heritage, History and Resources”, Ciclo XXXVI

Università degli Studi della Basilicata





Università degli Studi della Basilicata

Dottorato di Ricerca in
*"Cities and Landscapes:
Architecture, Archaeology, Cultural Heritage, History and Resources"*

TITOLO DELLA TESI
"The coconut waste as sustainable material for the construction, in Manabí"

Settore Scientifico-Disciplinare
"ICAR 10 Architettura Tecnica"

Coordinatore del Dottorato

Prof. Arch. Antonella GUIDA

Dottorando

Dott. Eng. Gina Isabel SAN ANDRÉS
ZEVALLOS

Relatore

Prof. Eng. Graziella BERNARDO PhD.

Prof. Eng. Sara AGUILAR PhD.

TITOLO DELLA TESI

**COCONUT WASTE AS SUSTAINABLE MATERIAL
FOR CONSTRUCCION IN MANABÍ**

Gina Isabel San Andrés Zevallos

Diseño: Nicold Alava
nicoldalava2000@hotmail.com
Ecuador

Diagramación: Andrea Carolina Loor Romero
aloorromero@salprietadeartista.com
Ecuador

*Mi fuente de amor y fuerza
Alejandro y Emiliano...*

... Gracias Dios

INDEX

1 Introduction

- 1.1 Abstract
- 1.2 Motivation
- 1.3 Objects
- 1.4 Methodology
- 1.5 Results

2 Sustainable materials.

- 2.1 General overview of sustainability
- 2.2 Building materials in the environment
- 2.3 Sustainable construction

3 Coconut residues and their application in materials.

- 3.1 General coconut information
- 3.2 Description of coconut mesocarp and endocarp
- 3.3 Composite materials, application of coconut residues

4 The reality of coconut waste in Ecuador.

- 4.1 Legislation on the management of agro-industrial waste in Ecuador.
- 4.2 Coconut production in Manabí.
- 4.3 Coconut use cycle in Manabí.

5 Characterization of coconut in Portoviejo .

- 5.1 Sample collection.
- 5.2 Methodology morphological, physical, mechanical, thermal and chemical.
- 5.3 physical, chemical, mechanical, morphological and thermal properties of coconut mesocarp.
- 5.4 physical, chemical, mechanical, morphological and thermal properties of coconut mesocarp.

6 Sustainable material from coconut waste, experimental process

- 6.1 Coconut fibre cement mortar
- 6.2 Polymer matrix and coconut fibre

7 Conclusion





Summary of CHAPTERS

1.1. Summary

The importance of sustainable materials in the construction sector is undeniable. They pose both environmental and economic challenges in an industry known for its significant ecological footprint. The use of these materials can not only help to mitigate the environmental impact, but also improve the efficiency and quality of construction resources, leading to better performance of built structures and promoting a more balanced and sustainable approach to construction practise.

A key feature of sustainable materials is their reusability. Discarded materials are transformed into new resources so that waste with different physical and mechanical properties can be used as additives in composite matrices.

In this work, the potential of coconut as a sustainable material is analysed. The fieldwork was carried out in Manabí, Ecuador's second largest coconut province. Despite environmental regulations, there is no system for the management of coconut waste that allows for proper classification and subsequent reuse.

The effective management of this waste is not only in line with sustainability and environmental responsibility, but also with the ideals of the Fourth Industrial Revolution, where technology, innovation and sustainability come together to transform both industry and society. The use of coconut waste as a novel composite material offers a valuable solution for urban areas where such waste poses an environmental challenge.

Previous studies have shown promising results in utilising this waste to produce new products such as garden elements, handicrafts and briquettes. Coconut fibres have shown excellent hydrothermal properties for green roofs, thermal insulation and the production of activated carbon, to name just a few examples.

This research aims to develop a holistic approach for the integration of coconut waste in the production of new sustainable material. It analyses the life cycle of the coconut in specific communities in the cantons of Portoviejo, Rocafuerte and Manta near the Pacific coast of Ecuador. A detailed characterisation of the properties of the coconut fibres and endocarp will be carried out, including chemical, physical, mechanical, morphological and thermal aspects. Two applications of coconut fibres in composite matrices, such as mortars and polymers, are proposed. Mechanical tests are carried out to evaluate their compressive and flexural strength.

Both qualitative and quantitative approaches were used in this study. The research process started with a bibliographic analysis to contextualise the state of the art. Subsequently, the empirical study started with the collection of data on the coconut life cycle through interviews with different stakeholders: Farmers, traders, consumers and recyclers. The results justified the need for a deeper scientific investigation of coconut waste and its potential reuse.

In the second phase, attention was focused on the characterisation of coconut waste, using tests such as X-ray fluorescence (XRF), differential scanning calorimetry (DSC), thermogravimetric analysis (TGA) and scanning electron microscopy (SEM). The results provided important information for an experimental study to find out how coconut fibres affect the matrices of mortars and polymers.

The first phase of research showed that the coconut waste is mainly burnt by the farmers and only a small percentage is used as fertiliser. The traders usually hand this waste over to the waste collection service, while the direct consumers dispose of it in public containers. Among the recyclers, there is a minority

that uses the waste for handicrafts, sealing cords and coconut substrate. One company mainly uses imported coconut fibres from India to produce mats for slope stabilisation, as this is financially cheaper than collecting and processing in Manabí.

The physical, mechanical, chemical, morphological and thermal test results showed that the coconut fibre has a tubular morphology with concentric microfibrils, a specific gravity of 0.69 g/cm^3 , a tensile strength of 228MPa, a modulus of elasticity of 3.03 GPa, a significant thermal mass loss at 330°C and the formation of oxides during calcination at 600°C and 650°C for pozzolanic compounds. The endocarp has smooth, overlapping, consolidated layers, a specific gravity of 1.29 g/cm^3 and a mass loss at 339°C , with calcinations at 800°C .

Regarding the mechanical test results of the mortar matrix, it was found that the coconut fibres increased the flexural strength. The sample of base mortar (MB) reached a strength of 1.01MPa, while the mixture with 3% coconut fibres over a length of 5 cm reached 1.05MPa. The compressive strength of the MB sample was 6.21 MPa, while the samples with 3% fibres per 3cm length achieved a strength of 5.35MPa, indicating a higher compressive strength of MB. The second composite material tested was the polymer matrix, where the combination of industrial waste low density polyethylene, high density polyethylene and polypropylene with coconut fibres gave favourable results. The flexural strength of MB was 13.05MPa and that of mortar with 20% coconut fibres was 17.37MPa. The compressive strength of MB was 19.31 MPa and that of mortar with 25% fibre addition was 21.79MPa. These results confirm that coconut fibres increase the tensile and compressive strength of polymer matrices.

1.2. Motivation

The use of coconut waste as a sustainable resource has several motivations that need to be thoroughly investigated in order to contribute to local and national impacts.

The reuse of these wastes could reduce dependence on traditional materials and minimise waste generation.

One of the main motivations is to contribute to environmental sustainability, which, by studying the life cycle of the coconut, will make it possible to identify the final destination of the waste according to the actors involved in the cycle. With this information, it will be possible to propose the use of coconut waste, thus reducing the extraction of natural resources and minimising the generation of waste.

In terms of social sustainability, the impact on the communities and municipalities of the cantons of Portoviejo, Rocafuerte and Manta is key in the coconut use chain, as it would improve waste management and generate economic opportunities in these areas, strengthening the circular economy in the country.

The contribution to economic sustainability is motivated by the obtaining of sustainable materials, which, through the study of the properties of coconut fibre and endocarp, will contribute to the development of sustainable composite materials that can be used in construction, thus reducing the carbon footprint of the industry.

The reuse of coconut waste motivates innovation in the construction industry, with the development of concrete proposals for the application of coconut waste in composite material matrices, which will encourage innovation and the application of new techniques in this industry and promote the adoption of environmentally friendly practices.

1.3. Objectives

General Objective.

“Assessing the feasibility of using coconut waste as a sustainable resource in construction in Manabí by researching the life cycle of the coconut, characterising the properties of the coconut fibres and endocarp and developing concrete proposals for their use in composite matrices, with the aim of promoting environmentally friendly practises in the construction industry”.

Specific Objectives.

- To study the current state of the coconut life cycle, with emphasis on waste management, in the main municipalities and parishes within the coconut utilisation chain in the cantons of Portoviejo, Rocafuerte and Manta.
- Characterise the chemical, physical, mechanical and morphological properties of coconut fibre and endocarp, with tests of: scanning electron microscopy, X-ray fluorescence, thermogravimetric analysis, universal machine.
- To develop two proposals for the application of coconut fibre in composite material matrices, with the construction of samples and mechanical tests to obtain its sustainable properties and functions.

1.4. Methodology

The first phase aims to develop a conceptual framework for the inclusion of coconut waste in the production of new sustainable materials.

In the second phase, the current state of the coconut life cycle, focussing on waste management in the main municipalities and parishes within the coconut use chain in the cantons of Portoviejo, Rocafuerte and Manta, was investigated through interviews.

The third phase consisted of laboratory tests to characterise the coconut fibres and endocarp using scanning electron microscopy, X-ray fluorescence, thermogravimetry and machine analysis.

Based on these results, two potential applications of coir fibres in composite matrices were proposed. Prototypes were developed and mechanical tests were carried out to evaluate their properties.

In a final phase, experimental research was carried out to investigate the incorporation of coconut fibres into industrial recycled polymer matrices and coconut fibre cement mortar matrices, again testing the mechanical flexural and compressive properties of the samples.



The construction industry is a major contributor to global pollution. It is responsible for 38% of energy consumption, 42% of CO₂ emissions and over 46% of waste generation. Sustainable construction aims to minimise the environmental impact of buildings through the use of organic and recycled materials, energy efficiency and responsible design. It takes a holistic approach that seeks to harmonise social, environmental and economic needs in order to improve the quality of life for present and future generations.

The aim of this chapter is to understand the current state of the art in sustainable materials. This analysis is crucial to create a solid knowledge base to support and justify the development of new green building practises. This chapter discusses the general aspects of sustainability, the building materials currently in use and the benefits of using composite materials in sustainable construction.

The materials used in construction have a significant impact on the environment, so there is a need to develop sustainable materials that reduce this impact. New material technologies offer the opportunity to build more efficiently, more recyclably and in a way that better adapts to the ecosystem. Composites, recycled, durable, biodegradable and lower CO₂ emitting materials are some examples of sustainable materials that can help reduce the environmental impact of construction.

The fourth industrial revolution, characterised by technological advances such as 3D printing, additive manufacturing and robotics, has the potential to accelerate the adoption of sustainable materials in construction. These technologies can help to produce sustainable materials more efficiently and cost-effectively, contributing to the creation of a circular economy based on reuse, recycling and waste reduction.

In summary, sustainable construction is a growing trend that has become a priority for governments, businesses and organisations. This approach aims to reduce the negative impact of construction work on the environment. To achieve this, materials need to be developed that reduce the carbon footprint, are environmentally friendly and reduce energy consumption.

The use of sustainable materials in construction work helps to reduce the negative impact of construction by using practises that reduce energy and water consumption and minimise the production of greenhouse gases. This helps to protect the environment and achieve the Sustainable Development Goals set by the United Nations in the 2030 Agenda. In addition, the fourth industrial revolution, driven by artificial intelligence, has the potential to have a positive impact on sustainability by creating more efficient and recyclable materials.

The coconut is a plant of great economic and ecological importance for the communities that harbour it. Due to its versatility, it can be used in a variety of industries. Coconut residues have properties that lend themselves to various applications in construction and in the manufacture of composite materials. Their use can help reduce environmental impact and provide innovative solutions for the construction of buildings.

The aim of this chapter is to review the literature on the properties and applications of coconut residues in construction and composite manufacturing to provide baseline information to build on previous research.

The coconut palm grows best in warm, humid climates with average temperatures above 20 °C and average annual rainfall of 1,000 to 1,800 mm. The fruit of the coconut palm is a single-seeded drupe and consists of: Exocarp (coconut husk), mesocarp 35 % (fibres), endocarp 12 % (copra), endosperm 28 % (flesh) and coconut water 25 %. The mesocarp and endocarp consist mainly of cellulose, hemicellulose and lignin. The fibre in turn consists of cellulose microfibrils embedded in a matrix of lignin and hemicellulose.

Studies have shown that the use of coir fibres in composite materials has beneficial properties such as lightness, strength and durability, making this recycled material a key component for use in various applications such as building materials.

In construction, coconut fibres can be used in a variety of products, including reinforced mortars and concretes, masonry panels, reinforced epoxy polymer matrices, activated carbon, green roofs, solid blocks, waterproofing ropes, crafts and landscaping products. The result is a composite material with improved properties in terms of chemical resistance, mechanical flexural and compressive strength, impact resistance, surface hardness, thermal conductivity, hygrothermal performance, waterproofing and antiseptic properties. The wide range of possible uses of coconut waste has already been demonstrated, but their applicability in new composite materials is still being investigated.

The use of coconut waste in the design and manufacture of composite materials has important implications for reducing environmental impact and developing innovative solutions. These materials can help to improve the strength and durability of composites as well as thermal comfort in social housing. In addition, the reuse of coconut waste is becoming an attractive option for construction, as its use reduces construction costs and makes organic resources usable in a sustainable way.



This study focuses on the integrated management of coconut waste in Ecuador, in the cantons of Rocafuerte, Portoviejo and Manta in the province of Manabí. This research is the result of field visits to coconut plantations and collection centres, as well as interviews with farmers, traders, consumers and recyclers to explore opportunities for reuse. The economic importance of coconut production in the coastal provinces of Manabí and Esmeraldas is highlighted, as well as the challenges that this industry poses to the cantonal autonomous decentralised governments (municipalities) due to the large amounts of waste generated.

The aim of the chapter is to learn about the cycle of coconut utilisation, in particular to determine the final use and disposal of the waste and to find alternatives for its reuse as a raw material.

The study is based on qualitative research with interviews with different actors involved in the coconut life cycle in Manabí. Interviews were conducted with farmers, traders, consumers and recyclers to obtain information about the production, use of the coconut and waste management.

According to the results of the interviews, most of the actors involved in the coconut life cycle waste the residues. Farmers use a small percentage of the waste as fertiliser for coconut palms, while traders accumulate the waste until it is collected by municipal waste collection trucks. This coconut waste ends up directly in the communal pit of municipal landfills, without any sorting.

Some medium-sized traders give away or sell the waste to make handicrafts or to seal boats. In discussions with buyers of coconut handicrafts, they stated that coconut waste can be used as a substitute for tagua, which is also an organic material. Another use of coconut waste is to make soil stabilisation mats that are reinforced with steel or polyester mesh. These

coconut-based materials have several advantages over other more common materials as they are biodegradable, sustainable, economical and resistant to moisture and decomposition.

Through surveys of coconut consumers in the cantons of Manta, Portoviejo and Rocafuerte, it was found that the average consumption of coconut is 2 units per week. Eighty per cent of respondents consumed it in the afternoon and on the beach. Of the 25 people interviewed, 2 stated that they used the coconut as a flower pot at some point, the rest threw it in the rubbish bin; these results reflect that the coconut is a popular fruit on the Ecuadorian coast. Coconut waste has a high potential for reuse, but more efforts are needed to promote its use, both at government and private level, to contribute to the circular economy and the sustainable development of the coconut industry in Ecuador.



The study focuses on the characterisation of coconut waste in the cities of Rocafuerte and Portoviejo, the main coconut producers in the province of Manabí. Random samples of coconut waste were taken from a coconut juice bottling company. The main objective of the study was to characterise the coconut residues, specifically the fibre and endocarp, to understand their morphological, physical, chemical and thermal properties. This would allow us to evaluate their potential use in composite applications and determine their viability as a raw material.

Obtaining the samples for the tests, the coconut fibre was obtained using the shredding machine and the endocarp was crushed with a 4.5 kg proctor hammer, then it was taken to the Angels machine, until the granulometry with passing sieves # 4 to 30. For the characterisation of the coconut fibre and endocarp, morphological analyses were carried out using a scanning electron microscope (SEM), physical properties such as length, diameters and specific weight were obtained through measurements with a metal ruler and optical microscope, and the universal machine was used for the mechanical properties; Chemical analyses were carried out by X-ray Fluorescence (XRF) and SEM mapping, the fibre was calcined at 500°C, 550°C, 600°C and 650°C, and the endocarp at 700°C, 750°C and 800°C. In addition, thermogravimetric analysis (TGA) and differential scanning calorimetry (DSC) were performed for thermal characteristics.

The results of the tests show that the coconut fibre has a flaky surface, with longitudinally juxtaposed tubular internal formations, with rows of flakes containing silicon. Regarding the physical and mechanical characteristics, 50 fibre samples were used and the mean length was 196 mm, standard deviation $1\pm$, mean diameter 0.31 mm, standard deviation $0.08\pm$, specific weight 0.69 g/cm³, tensile strength 228 ± 99 MPa and modulus of elasticity 3.03 ± 0.26 GPa were obtained. Regarding the TGA, the fibre shows that at 63 °C there is a mass loss of 3% due to the elimination of moisture, at 120 °C it stabilises until 273 °C where there is a 15% loss of hemicellulose and at 330 °C there is a 35% loss of cellulose. From this point on the curve, mass losses continue up to 900°C; DSC determined that the fibre has an endothermic flow up to 400°C, clearly

identifying two peaks at 153°C and 224°C, which indicate the presence of amorphous material; in the second peak of heat flow between 14.4 W/g, it presents a variation from solid to gas, volatilizing part of the material, the curve continues without major deformations up to 400°C, which initiates its regulated cooling process. XRF showed the main oxides found in the samples: CaO, SiO₂, SO₃, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, P₂O₅, and K₂O, it was observed that the ash with the highest content of oxides was the sample calcined at 600 °C and 650 °C.

SEM images show that the surface of the endocarp is composed of overlapping layers that cause smooth unevenness. Regarding the physical characteristics, thicknesses of 3.5 ± 1 mm and, specific gravity of 1.29 g/cm³ were determined. The TGA results show peaks of 96 °C, due to loss of humidity 3%; 271 °C loss of mass related to hemicellulose 17%; 339 °C loss of cellulose 41% and finally the organic matter mainly lignin content finishes calcining and the inorganic material remains, until 600 °C when there are no more organic losses, the DSC test determines that between 155 °C and 221 °C peaks are evident that indicate the presence of amorphous material; in the second peak with a heat flux between 5.5W/g, it presents a variation from solid to gas, volatilizing part of the material. From 255 °C the diagram changes in shape and direction, meaning that the endocarp has presented heat release and finally the XRF test finds in the ashes of the endocarp the main oxides CaO, SiO₂, SO₃, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, P₂O₅, K₂O, it was observed that the ash with the highest content of oxides was in the sample E3 at 800 °C.

The results of this study provide important information on the properties of coconut fibre and endocarp, which may have implications for their potential use in composite matrices. Understanding the morphological, physical, chemical and thermal properties of these coconut residues can help to utilise them as raw materials, contribute to waste reduction and promote sustainability in the construction industry.

The studies carried out on the characteristics of coconut waste and its applications in various composite material matrices have demonstrated the capacity of coconut fibre to improve the performance of new materials, thus enabling sustainable materials to be obtained for the construction of houses. Based on this first, the objective was to experimentally investigate the incorporation of coconut fibre in recycled polymer and cement mortar matrices, in addition to testing the mechanical properties of flexural and compressive strength.

Coconut fibre mortar is composed of cement, fine aggregate, water and coconut fibre. The fibre is incorporated in different proportions and lengths to improve the physical and mechanical properties of the mortar, with an emphasis on improving the flexural strength and reducing the density of the material. In addition, coconut fibre can contribute to the thermal and acoustic insulation of the mortar.

The polymer matrix is composed of recycled industrial polymers such as low density polyethylene, high density polyethylene and polypropylene. These polymers are strategically combined to obtain a material with adequate mechanical strengths; in addition, the incorporation of coconut fibre will contribute to the material's compressive and flexural strengths.

For the cement mortar, the phases were developed as follows:

- **Phase 1.-** XRF, granulometry, density and moisture absorption tests of the matrix components.
- **Phase 2.-** Cleaning of the fibre for 48h in an aqueous solution of sodium hydroxide of 1.6 mol/l and preparation of mortar samples with a dosage of 1:3 and a water-cement ratio of 0.5. The variable is the amount of fibre: 2%, 3% and 4%; and a second variable is the length of fibre: 1cm, 3cm and 5cm.
- **Phase 3.-** 90 cubes and 90 raw materials were tested in the presses to measure the compressive and flexural strength of the samples.

The samples for the elaboration of the polymer matrix were developed according to the phases:

- **Phase 1.-** Choice of polymer base matrix, the dosage chosen was 1:1:1 of low density polyethylene, high density polyethylene and polypropylene, in addition the extrusion method was determined, blowing, with controlled temperatures ranging from 180°C; 200°C and 250°C so that the material is homogenised and plasticised correctly so that it can be injected into the mould.
- **Phase 2.-** Tests of the polymer plates plus coconut fibre, checking the mechanical resistance to bending and compression, with the universal machine, 8 cubes and 8 beams were obtained for the samples.

Regarding the results of the mechanical tests of the mortar matrix, it is concluded that the incorporation of coconut fibre favoured the flexural strength, giving the following results: the mortar base sample (MB) reaches a strength of 1.01 MPa, while the mixture with 3% coconut fibre and 5cm length reaches 1.05 MPa; regarding the compressive strength, the sample of Mortar Base (MB) is 6.21MPa, while in the samples incorporating 3% fibre and a length of 3cm, it reached a strength of 5.35 MPa, showing that the compressive strength is higher in MB. In addition, the coconut fibre mortar is recommended as a mortar for mortar and plastering.

The second composite material tested was the polymer matrix, the combination of industrial waste low density polyethylene, high density polyethylene and polypropylene, gave favourable results with the incorporation of coconut fibre. The flexural strength test for the MB was 13.05 MPa and for the mortar with 20% coconut fibre 17.37 MPa; the compressive test results for the MB was 19.31 MPa, and for the mortar with the incorporation of 25% fibre the compressive strength was 21.79 MPa. According to the results shown, it was proved that coconut fibre favours the tensile and compressive strengths in the polymer matrix. The results of this experimental research have important implications for the construction industry, as they demonstrate that it is possible to use agro-industrial waste, such as coconut fibre, to improve the mechanical characteristics of building materials. This contributes to environmental sustainability and promotes recycling.

The construction sector is responsible for causing major negative impacts on the environment, which is why it is necessary to use sustainable materials and construction practices that are respectful of nature and society.

Agro-industrial processes generate a lot of waste that affects the environment and society, but there are innovative solutions and proposals for new recycled materials.

In Ecuador, there is no up-to-date data on coconut production and inadequate management of coconut waste is a problem.

Coconut fibre and coconut endocarp can be used as raw material in a new composite material matrix for construction, improving strength and reducing the density of the materials.

Coconut fibre can improve the flexural strength of the mortar, the best results were obtained with the incorporation of 3% coconut fibre with a length of 5cm; while the compressive strength can be affected, however, the recommended percentage was chosen to be 3% in relation to the weight of cement and with a length of 3cm, for the compressive strength.

Coconut fibre can also improve the compressive and flexural strength of recycled industrial polymers, provided that a suitable process for melting and homogeneous mixing is followed, the recommended method being extraction, injection and moulding of the composite matrix.





Complete CHAPTERS

1

Introducción

- 1.1 Resumen
- 1.2 Motivación
- 1.3 Objetivos
- 1.4 Metodología
- 1.5 Resultados esperados





Los residuos del coco como material sustentable para la construcción, en Manabí.

1.INTRODUCCIÓN

El desarrollo sostenible es un imperativo global que exige una reflexión profunda sobre la forma en que interactuamos con nuestro entorno y los recursos naturales que utilizamos en nuestra vida cotidiana. En este contexto, la búsqueda de materiales sostenibles se ha convertido en un tema central en la industria de la construcción, dado su significativo impacto en el medio ambiente y en la calidad de vida de las comunidades. La provincia de Manabí, ubicada en la costa de Ecuador, es un lugar que ha experimentado un crecimiento constante en su sector de la construcción en las últimas décadas. Con este auge, surge la necesidad destacada de encontrar soluciones sostenibles que minimicen el impacto ambiental de la construcción y, al mismo tiempo, promuevan el desarrollo local.

El coco, una fruta tropical ampliamente cultivada en la región de Manabí, ha sido tradicionalmente apreciado por su valor nutricional y múltiples aplicaciones en la industria alimentaria y cosmética. Sin embargo, con la explotación de este recurso, se genera una cantidad significativa de residuos que, en su mayoría, no se aprovechan de manera efectiva. Los residuos del coco, en forma de cáscaras y fibras, representan un recurso potencialmente valioso que, si se gestiona adecuadamente, puede contribuir a la sostenibilidad de la construcción en la región. Esta investigación se enfoca en explorar la viabilidad de utilizar los residuos del coco como material sostenible para la construcción en Manabí, con un enfoque específico en los cantones de Portoviejo, Rocafuerte y Manta.

El objetivo general de este estudio es evaluar la viabilidad de incorporar los residuos del coco en procesos constructivos, fomentando así prácticas más amigables con el medio ambiente y el desarrollo sostenible de la región. Para lograr este propósito, se han establecido objetivos específicos que abarcan desde la investigación del ciclo de vida del coco en la región hasta la caracterización detallada de las propiedades de sus residuos, así como la propuesta concreta de aplicaciones en matrices de materiales compuestos para la construcción.

A lo largo de este trabajo, se explorarán los fundamentos teóricos que respaldan la utilización de los residuos del coco en la construcción, se describirán los métodos y procedimientos empleados en la investigación y se presentarán los resultados obtenidos. Con esta investigación, se busca contribuir al desarrollo sostenible de Manabí, promoviendo prácticas de construcción más respetuosas con el medio ambiente y ofreciendo una alternativa innovadora que aproveche los recursos locales de manera eficiente. La utilización de residuos de coco como material sostenible en la construcción no solo puede reducir la dependencia de recursos no renovables, sino que también puede generar oportunidades económicas y fortalecer la resiliencia de las comunidades locales en Manabí.

1.1. Resumen

La relevancia de los materiales sostenibles en el sector de la construcción es incuestionable, dado que enfrenta desafíos ambientales y económicos en una industria con una notable huella de contaminación. La utilización de estos materiales no solo mitiga el impacto ecológico, sino que, además, potencia la eficiencia y la calidad de los recursos constructivos, lo cual se traduce en un rendimiento más óptimo de las estructuras edificadas. De esta forma, se fomenta un enfoque más equilibrado y sustentable en la práctica de la construcción.

En cuanto a la naturaleza de los materiales sostenibles, un rasgo distintivo es la capacidad de reutilización. Los materiales desechados se transforman para originar nuevos recursos, lo cual posibilita que residuos con diversas propiedades físicas, mecánicas, entre otras se incorporen como aditivos en matrices de materiales compuestos.

Este trabajo investiga las potencialidades del coco como material sostenible, para lo cual se llevó a cabo un trabajo de campo en Manabí, la segunda provincia con mayor producción de coco en Ecuador, que, a pesar de la existencia de normativas ambientales, se carece de un plan de gestión de residuos de coco que permita su clasificación adecuada y posterior reutilización.

El tratamiento eficaz de estos residuos no es solamente una acción alineada con la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental, sino que también se inserta en los ideales de la Cuarta Revolución Industrial. En esta etapa, la tecnología, la innovación y la sostenibilidad convergen para transformar tanto la industria como la sociedad. Así, el empleo de residuos de coco como material compuesto emergente se erige como una solución valiosa en urbes donde dichos residuos representan un desafío ambiental.

Estudios previos han manifestado resultados alentadores en la utilización de estos residuos en la generación de nuevos productos, tales como elementos de jardinería, artesanías y briquetas. Además, la fibra de coco ha mostrado excelentes propiedades higrotérmicas para techos verdes, como aislante térmico, y en la fabricación de carbón activado, entre otros usos.

Este proyecto tiene como objetivos, concebir un enfoque holístico para la integración de residuos de coco en la producción de nuevos materiales sostenibles. Para ello, se investigará el ciclo de vida del coco en comunidades específicas de los cantones de Portoviejo, Rocafuerte y Manta. Se llevará a cabo una caracterización detallada de las propiedades de la fibra de coco y el endocarpio, tanto desde el punto de vista químico como físico, mecánico, morfológico y térmico. Adicionalmente, se propone dos aplicaciones de la fibra de coco en matrices de materiales compuestos como morteros y polímeros. Se efectuarán ensayos mecánicos y evaluar sus resistencias a la compresión y flexión.

Para concretar este estudio, se emplearon metodologías tanto cualitativas como cuantitativas. El proceso investigativo comenzó con un análisis bibliográfico para contextualizar el estado del arte en la materia. La primera fase se enfocó en la recopilación de datos sobre el ciclo de vida del coco, mediante entrevistas a distintos actores involucrados: agricultores, comerciantes, consumidores y recicladores. Los hallazgos justificaron la necesidad de un examen científico más profundo sobre los residuos de coco y su potencial reutilización.

En una segunda etapa, se centró la atención en la caracterización científica de los residuos de coco, aplicando pruebas como Fluorescencia de rayos X (FRX), Calorimetría diferencial de barrido (DSC), Análisis termogravimétrico (TGA), y Microscopía avanzada de barrido (SEM). Los resultados proporcionaron información crucial para desarrollar un estudio experimental enfocado en identificar cómo la fibra de coco influye en las matrices de morteros y polímeros.

Como resultados en la primera fase de investigación reveló, entre otros hallazgos, que los residuos de coco son principalmente incinerados por los agricultores y un mínimo porcentaje es empleado como abono. Los comerciantes suelen entregar estos desechos a servicios de recolección de basura, y los consumidores depositan estos residuos en contenedores públicos. Entre los recicladores, aunque son minoría, utilizan

los residuos para realizar artesanías, cordones para el calafateo, sustrato de coco y mantos estabilizadores de talud.

Según los resultados de los ensayos físicos, mecánicos, químicos, morfológicos y térmicos de las fibras, comprobamos: una morfología tubular con microfibrillas concéntricas, peso específico 0.69 g/cm^3 , resistencia a la tensión 228 MPa , módulo de elasticidad 3.03 GPa , comportamiento térmico con pérdidas importante de masa a $330 \text{ }^\circ\text{C}$, en las calcinaciones la obtención de óxidos, según los compuestos para puzolana a $600 \text{ }^\circ\text{C}$ y $650 \text{ }^\circ\text{C}$; respecto al endocarpio, posee una morfología de capas lisas sobrepuestas y consolidadas, peso específico 1.29 g/cm^3 , pérdida de masa a $339 \text{ }^\circ\text{C}$ y en las calcinaciones a $800 \text{ }^\circ\text{C}$.

En lo correspondiente a los resultados de los ensayos mecánicos de la matriz de mortero, se concluye que la incorporación de la fibra de coco favoreció a la resistencia a la flexión, dando los siguientes resultados: la muestra de mortero base (MB) alcanza una resistencia de 1.01 MPa , mientras que la mezcla con 3% de fibra de coco y 5cm de longitud llega a 1.05 MPa ; respecto a la resistencia a la compresión, la muestra de Mortero Base (MB) es 6.21 MPa ; y, en las muestras que se incorpora 3% fibra y una longitud de 3cm, llegó a una resistencia de 5.35 MPa , demostrando que la resistencia a la compresión es mayor en MB.

El segundo material compuesto experimentado fue la matriz de polímeros, la combinación de residuos industriales de polietileno de baja densidad, polietileno de alta densidad y polipropileno, dieron resultados favorables con la incorporación de la fibra de coco. Los ensayos de resistencia a flexión en el MB fue 13.05 MPa y para el mortero con 20% de fibra de coco 17.37 MPa ; respecto a los resultados de ensayo de compresión en el MB fue 19.31 MPa , y para el mortero con la incorporación de un 25% de fibra la resistencia a la compresión fue de $21,79 \text{ MPa}$. Según los resultados mostrados, se comprobó que la fibra de coco favorece a las resistencias a tracción y compresión en la matriz de polímeros.

Abstract

The relevance of sustainable materials in the construction sector is undeniable, facing both environmental and economic challenges in an industry known for its substantial pollution footprint. Using these materials not only can help to mitigate ecological impact but also to enhance the efficiency and quality of construction resources, leading to better performance of built structures and promoting a more balanced and sustainable approach in construction practices.

A key characteristic of sustainable materials is their reusability. Discarded materials are transformed into new resources, allowing waste with various physical and mechanical properties to be incorporated as additives in composite material matrices.

This thesis investigates the potential of coconut as a sustainable material, with fieldwork conducted in Manabí, Ecuador's second-largest coconut-producing province. Despite environmental regulations, there is a lack of a coconut waste management system for proper classification and subsequent reuse.

Effectively treating these wastes aligns not only with sustainability and environmental responsibility but also with the ideals of the Fourth Industrial Revolution, where technology, innovation, and sustainability converge to transform both industry and society. Using coconut waste as an emerging composite material offers a valuable solution in urban areas where such waste poses an environmental challenge.

Previous studies have shown promising results in using these wastes to generate new products, such as gardening elements, crafts, and briquettes. Coconut fiber has showed excellent hydrothermal properties for green roofs, thermal insulation, and activated charcoal production, among other uses.

This research aims to develop a holistic approach for integrating coconut waste into the production of new sustainable materials. It investigates the coconut's lifecycle in specific communities of Portoviejo, Rocafuerte, and Manta cantons, near the Pacific Coastline in Ecuador. A detailed characterization of coconut fiber and endocarp properties is conducted, covering chemical, physical, mechanical, morphological, and thermal aspects. Two applications of coconut fiber in composite material matrices, such as mortars and polymers, are proposed. Mechanical tests will be performed to evaluate their compressive and flexural strengths. Both qualitative and quantitative approaches were used in this study. The research process began with a bibliographic analysis to contextualize the state-of-the-art. Next, the empirical study started by collecting data about the coconut's lifecycle through interviews with various stakeholders: farmers, traders, consumers, and recyclers. Findings justified the need for a deeper scientific examination of coconut waste and its potential reuse.

In the second stage, attention was focused on the characterization of coconut waste, using tests like X-ray Fluorescence (XRF), Differential Scanning Calorimetry (DSC), Thermogravimetric Analysis (TGA), and Scanning Electron Microscopy (SEM). The results provided crucial information for an experimental study to identify how coconut fiber affects the matrices of mortars and polymers.

The first phase of research revealed that coconut waste is mainly incinerated by farmers, with a minimal percentage used as fertilizer. Traders typically hand over this waste to solid waste collection services, while direct consumers dispose it in public containers. Among recyclers, a minority use the waste for crafts, caulking cords, coconut substrate, and one company notably uses imported coconut fiber from India for making slope stabilizing mats, as it is financially more convenient than collecting and processing it in Manabí.

The physical, mechanical, chemical, morphological, and thermal test results showed that the coconut fiber has a tubular morphology with concentric microfibrils, specific weight of 0.69 g/cm³, tensile strength of 228 MPa, elastic modulus of 3.03 GPa, significant thermal mass loss at 330 °C, and oxides formation during calcinations at 600 °C and 650 °C for pozzolana compounds. The endocarp has smooth, overlapping, consolidated layers. Both qualitative and quantitative approaches were used in this study. The research process began with a bibliographic analysis to contextualize the state-of-the-art. Next, the empirical study started by collecting data about the coconut's lifecycle through interviews with various stakeholders: farmers, traders, consumers, and recyclers. Findings justified the need for a deeper scientific examination of coconut waste and its potential reuse.

In the second stage, attention was focused on the characterization of coconut waste, using tests like X-ray Fluorescence (XRF), Differential Scanning Calorimetry (DSC), Thermogravimetric Analysis (TGA), and Scanning Electron Microscopy (SEM). The results provided crucial information for an experimental study to identify how coconut fiber affects the matrices of mortars and polymers. The first phase of research revealed that coconut waste is mainly incinerated by farmers, with a minimal percentage used as fertilizer. Traders typically hand over this waste to solid waste collection services, while direct consumers dispose it in public containers. Among recyclers, a minority use the waste for crafts, caulking cords, coconut substrate, and one company notably uses imported coconut fiber from India for making slope stabilizing mats, as it is financially more convenient than collecting and processing it in Manabí.

The physical, mechanical, chemical, morphological, and thermal test results showed that the coconut fiber has a tubular morphology with concentric microfibrils, specific weight of 0.69 g/cm³, tensile strength of 228 MPa, elastic modulus of 3.03 GPa, significant thermal mass loss at 330 °C, and oxides formation during calcinations at 600 °C and 650 °C for pozzolana compounds. The endocarp has smooth, overlapping, consolidated layers, specific weight of 1.29 g/cm³, and mass loss at 339 °C, with calcinations at 800 °C.

Regarding the mechanical test results of the mortar matrix, it was concluded that incorporating coconut fiber enhanced flexural strength. The base mortar (MB) sample reached a strength of 1.01 MPa, while the mix with 3% coconut fiber at 5cm length achieved 1.05 MPa. In terms of compressive strength, the MB sample was 6.21 MPa, while samples with 3% fiber at 3cm length reached a strength of 5.35 MPa, showing higher compressive strength in MB. The second composite material tested was the polymer matrix, where the combination of industrial wastes of low-density polyethylene, high-density polyethylene, and polypropylene yielded favorable results with coconut fiber incorporation. Flexural strength tests on MB were 13.05 MPa, and for mortar plus 20% coconut fiber, it was 17.37 MPa; compression test results for MB were 19.31 Mpa, and for mortar with 25% fiber incorporation, the compressive strength was 21.79 MPa. These results confirmed that coconut fiber enhances tensile and compressive strengths in polymer matrices.

1.2. Motivación

La utilización de residuos de coco como un recurso sostenible, tiene varias motivaciones que conlleva un exhaustivo estudio, para aportar a nivel local con impactos nacionales. El reuso de estos residuos podría reducir la dependencia de materiales tradicionales y minimizar la generación de residuos.

Dentro de las principales motivaciones tenemos el aporte a la sostenibilidad ambiental, que, a través de la investigación del ciclo de vida del coco, permitirá identificar el destino final de los residuos según el actor que intervenga en el ciclo, con esta información se puede proponer el aprovechamiento de los residuos de coco, reduciendo así la extracción de recursos naturales y minimizando la generación de residuos.

A nivel de la sostenibilidad social, el impacto en las comunidades y parroquias de los cantones Portoviejo, Rocafuerte y Manta, es clave en la cadena de uso del coco, ya que mejoraría la gestión de residuos y generaría oportunidades económicas en estas áreas, fortaleciendo la economía circular en el país.

El aporte en la sostenibilidad económica se motiva con la obtención de materiales sostenibles, que mediante el estudio de las propiedades de la fibra y el endocarpio del coco aportará a desarrollar materiales compuestos sostenibles que puedan utilizarse en la construcción, lo que reduce la huella de carbono de la industria.

La reutilización de residuos de coco, motiva a la innovación en la industria de la construcción, con la elaboración de propuestas concretas para la aplicación de residuos de coco en matrices de materiales compuestos, la misma que, impulsará la innovación y aplicación de nuevas técnicas en esta industria y fomentará la adopción de prácticas eco amigables.

1.3. Objetivos

Objetivo General.

“Evaluar la viabilidad de utilizar los residuos del coco como recurso sostenible en la construcción, en Manabí; a través de la investigación del ciclo de vida del coco, la caracterización de las propiedades de la fibra y endocarpio del coco, y la elaboración de propuestas concretas para su aplicación en matrices de materiales compuestos, con el fin de promover prácticas ecoamigables en la industria de la construcción..”

Objetivos Específicos.

- Investigar el estado actual del ciclo de vida del coco, con énfasis en la gestión de residuos, en las comunidades y parroquias más importantes dentro de la cadena de uso del coco, en los cantones de Portoviejo, Rocafuerte y Manta.
- Caracterizar las propiedades químicas, físicas, mecánicas y morfológicas de la fibra de coco y del endocarpio, con pruebas de: microscopía electrónica de barrido, fluorescencia de rayos X, análisis termogravimétrico, máquina universal.
- Elaborar dos propuestas de aplicación de la fibra de coco en matrices de materiales compuestos, con la construcción de muestras y ensayos mecánicos para obtener sus propiedades y funciones sostenibles.

1.4. Metodología

La presente investigación se identifica como tipo descriptivo, exploratorio y correlacional; la primera fase, tiene como propósito el desarrollo de un marco conceptual sobre la incorporación de residuos de coco en la producción de nuevos materiales sostenibles.

Como segunda fase la aplicación de entrevistas, qué investigó el estado actual del ciclo de vida del coco, con énfasis en la gestión de residuos, en las comunidades y parroquias más importantes dentro de la cadena de uso del coco en los cantones de Portoviejo, Rocafuerte y Manta.

La tercera fase, consiste en la realización de ensayos de laboratorio para caracterizar la fibra y endocarpio del coco, se realizaron pruebas de Microscopía electrónica de barrido, Fluorescencia de rayos X, Análisis termogravimétrico y Máquina universal.

Con base en estos resultados, se propusieron dos aplicaciones potenciales de la fibra de coco en matrices de materiales compuestos. Se elaboraron prototipos y se realizaron pruebas mecánicas para evaluar sus propiedades.

Como última fase, a través de investigación experimental se estudia la incorporación de la fibra de coco en las matrices de polímeros de reciclaje industrial y la matriz de mortero de cemento con fibra de coco; esto a su vez, se comprobó las propiedades mecánicas de flexión y compresión de las muestras.

Resultados esperados

Como resultados esperados de la investigación y los objetivos planteados, según la evaluación del ciclo de vida del

coco, obtendremos la documentación detallada del ciclo de vida del coco, con un enfoque en la gestión de residuos en las comunidades y parroquias más importantes de la cadena de uso del coco en los cantones de Portoviejo, Rocafuerte y Manta, además de la identificación de oportunidades para mejorar la gestión de residuos de coco en estas áreas.

Por otro lado, la caracterización de las propiedades de la fibra y el endocarpio del coco, permitirá obtener datos completos sobre las propiedades químicas, físicas, mecánicas, morfológicas y térmicas de la fibra de coco y el endocarpio, información indispensable para la ciencia de los materiales e investigación de nuevos materiales, que permitirá identificar la viabilidad de utilizar estas propiedades en aplicaciones de nuevas matrices de materiales sostenible.

En las propuestas de incorporación de la fibra de coco en matrices de materiales compuestos, se aplicará investigación experimental para lograr dos propuestas de matrices, donde se empleará el uso de residuos industriales de polímeros y una mezcla de mortero de cemento. De estas nuevas matrices se tomarán muestras construidas y ensayos mecánicos que demuestren la eficacia de los materiales compuestos.

Como resultado esperado se pretende influir en la conciencia y conocimiento de los ciudadanos, sobre el uso de residuos de coco como recurso sostenible en la industria de la construcción en Manabí y así potenciar la reducción del uso de materiales tradicionales y minimización de residuos en la construcción, esto con llevaría a un impacto positivo en las comunidades y la cadena de suministro del coco.



Materiales sostenibles

- 2.1 Generalidades de la sostenibilidad
- 2.2 Materiales de construcción en el medio ambiente
- 2.3 Construcciones sostenibles



**Reciclar no es una obligación
es una necesidad**



2.MATERIALES SOSTENIBLES

La sostenibilidad es un enfoque holístico que busca el equilibrio entre las necesidades sociales, ambientales y económicas para mejorar la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras, Hurtado (2015). Por tanto, la construcción sostenible se puede definir como aquella que, con especial respeto y compromiso medioambiental, implica el uso razonable de las energías renovables en los procesos de construcción, así como una especial atención al impacto ambiental causado por la utilización de ciertos materiales en todas las etapas del ciclo de vida de una construcción. (Casado, 1996 cit. por Alavedra, et al., 1997, p. 43).

En la actualidad, debido al incremento constante de la población en el mundo, existe un aumento de consumo de los recursos naturales y energía. Esto ha llevado a que la industria de la construcción sea una de las principales causantes de la degradación ambiental, siendo una de las industrias más contaminantes del mundo, responsable del 38% del consumo mundial de energía, el 42% de las emisiones de CO₂ y más del 46% de la generación de residuos. Por esta razón, se están buscando nuevas alternativas, como la sostenibilidad energética y la reutilización de materiales naturales que se convierten en residuos, con el objetivo de reducir el impacto ambiental. (Arenas,F., 2018).

A pesar de ello, la demanda de energía para la construcción de edificios sigue aumentando, lo que afecta el acceso a la energía en los países en desarrollo. La industria de la construcción es en parte responsable del efecto directo e indirecto del efecto invernadero, donde cualquier proceso de construcción de infraestructura civil, requiere de maquinarias, recursos naturales y materiales que se liberan como contaminantes, entre ellos el ruido, aire, residuos sólidos, líquidos, gases, polvo dañino y el consumo de electricidad, emisiones ambientales y el impacto social que es significativo. (Díaz, P., 2017).

Uno de los materiales más utilizados de manera global en el mundo de la construcción es el cemento. Este material es esencial en la mayoría de construcciones para la elaboración de hormigones que requieren altos niveles de resistencia y durabilidad, pero su producción tiene un impacto significativo en el medio ambiente. La producción de cemento demanda un consumo excesivo de energía, que requiere grandes cantidades de combustibles fósiles, lo cual genera emisiones de gases de

efecto invernadero, que contribuyen al cambio climático, sumado a esto la extracción de la materia prima para el cemento, como la piedra caliza y la arcilla, puede causar erosión del suelo y contaminación del agua, Jarre et al., (2017)

Dado que la industria de la construcción es responsable del 30% de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial. Una forma de aminorar este impacto es reemplazar el cemento Portland por materiales reciclados. Para lo cual la utilización de residuos agrícolas para producir materiales puzolánicos es una opción técnicamente viable, debido a que la calcinación de los materiales orgánicos produce cenizas con un alto contenido en sílice y estas pueden utilizarse como sustituto del cemento Portland en la producción de hormigón, Rodríguez (2014). El uso de residuos vegetales como adiciones en el hormigón ha ido en aumento en los últimos años. Esto se debe a las ventajas que ofrece este material, como su capacidad para mejorar las propiedades técnicas, económicas y ambientales del hormigón. (Arenas,F., 2018).

La actividad constructiva genera grandes cantidades de desechos, lo que ha provocado una crisis en la gestión de residuos. (Díaz, P., 2017). El reciclaje de materiales de construcción y la incorporación de desechos vegetales no solo permite ahorrar energía, sino que también reduce los residuos sólidos y los contaminantes del aire y el agua, lo que a su vez ayuda a mitigar el efecto invernadero. (Bathla A., Narula C. & Chauhan R. P., 2018). En la actualidad, es fundamental que la industria de la construcción tome conciencia y aproveche los beneficios que ofrecen los residuos y los materiales naturales reciclados, ya que estos pueden ser utilizados en obras de infraestructura civil. (Merovacesa, 2021). Considerando que los materiales de nueva generación suelen ser costosos, lo que hace que los residuos vegetales se los considere como materiales alternativos, y se los puede emplear en la elaboración de concreto, asegurando el riesgo técnico, responsabilidad de mantenimiento de los materiales disponibles, emisiones ambientales y el costo de capitales. (Marq, 2022)

Los materiales sostenibles en el sector de la construcción son aquellos que están compuestos por diversos materiales de origen vegetal, como madera, bagazo de caña, cascarilla de arroz, fibras de coco y otros. Estos materiales no solo ayudan a minimizar el consumo energético, sino que también contribuyen a reducir la contaminación. Por lo tanto, se consideran materiales sostenibles ya que son naturales o reciclados, no contienen elementos tóxicos y respetan el medio ambiente. (ONU, 2019).

El uso de materiales naturales y reciclados en la construcción es una estrategia clave para la sostenibilidad. Dado que la preservación del medio ambiente es esencial para las generaciones futuras, y el sector de la construcción es uno de los más influyentes y que más impacto tiene en el planeta, contribuyendo al calentamiento global, se calcula que esta actividad entre materiales y maquinaria consume entre el 20.0% al 50.0% de los recursos naturales. Las edificaciones generan un 42.0% de energía final y generan un 35.0% de emisiones de gases de efecto invernadero. (Construible, 2022).



El empleo de materiales naturales y reciclados ayudan a mejorar la sostenibilidad en la edificación (Construible, 2022).

La construcción sostenible, según Merovacesa (2021) es un enfoque de la construcción que busca minimizar el impacto ambiental de los edificios y las infraestructuras, mediante el equilibrio entre la construcción y sostenibilidad, lo cual agrupa a viviendas, infraestructuras y otros tipos de construcciones. Según Díaz (2017), algunos ejemplos de materiales sostenibles son el hormigón fabricado con áridos reciclados, residuos de construcciones y demoliciones, lo cual implica aprovechar estos desperdicios y evitar el gasto energético. También el empleo

de madera, corcho, fibra del cocotero en productos para la construcción a partir de fuentes vegetales y no petrolíferas, por lo que son considerados materiales sostenibles, que fomenten la economía circular.

Por ello, cuando se trata de la selección de materiales, la sostenibilidad se ha convertido en un factor a considerar, debido a que cada material tiene una huella ambiental debido a su fabricación, procesamiento, diseño durabilidad y reutilización y es donde los materiales y la sostenibilidad se tomado como parte de la tecnología de producción inteligente, por ser productos reciclados, de gran longevidad, biodegradables y con menor emisión de CO₂ (Santander X, 2021).

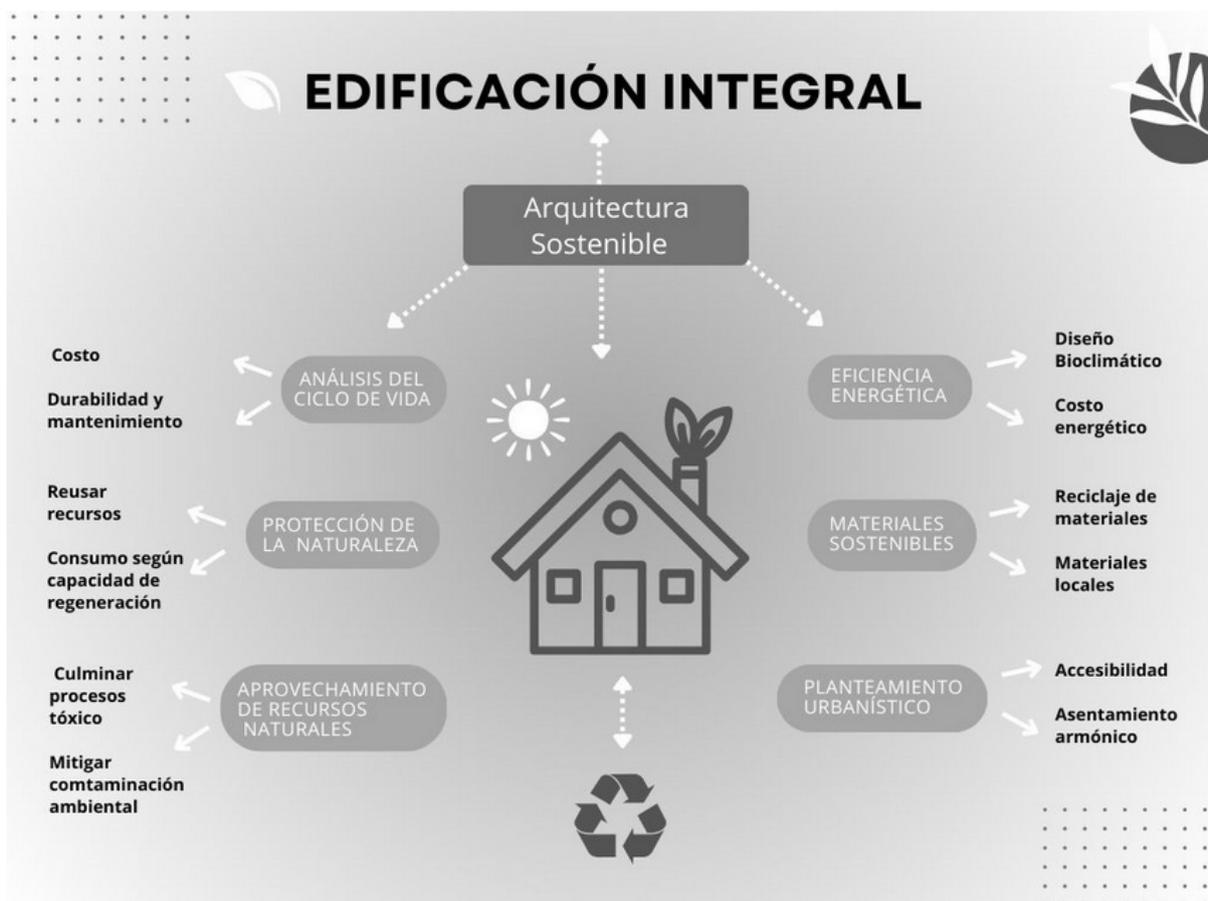


Fig 1. Edificación integral en el entorno. Fuente: Autor

2.1. Generalidades de la sostenibilidad

De acuerdo con Gracia (2015), a principios de la década de 1970, la crisis ambiental se convirtió en un tema político de primer orden. Esto se debió a informes científicos que advertían sobre el agotamiento de los recursos naturales y los graves problemas ambientales de la época. Como resultado, la Organización de las Naciones Unidas organizó varias conferencias ambientales a nivel mundial. El primer hito importante fue la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, celebrada en Estocolmo en 1972, la cual marcó el inicio de un compromiso internacional con la protección del medio ambiente. Además, se creó el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), organismo responsable de la coordinación de las actividades ambientales de las Naciones Unidas.

Otro suceso relevante ocurrió en 1973, la primera crisis energética que llevó a un aumento en los precios del petróleo, lo que provocó una mayor conciencia sobre la conservación de los recursos naturales. En 1976, se llevó a cabo la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Asentamientos Humanos (HabitatI), que abordó el desarrollo sostenible de las ciudades. En 1987, se publicó el Informe de Brundtland, que estableció el concepto de desarrollo sostenible como “el progreso que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. En 1992, se celebró la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Cumbre de la Tierra), celebrada en Río de Janeiro. Esta conferencia fue un hito importante en el desarrollo del derecho ambiental internacional. En las décadas siguientes, se han celebrado otras conferencias de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente, que han abordado una amplia gama de temas ambientales, como el cambio climático, la biodiversidad, la contaminación y la gestión de los recursos naturales. Gracia (2015),

Según Ávila (2018), en el año 2005, las Naciones Unidas iniciaron la década de la educación para la sostenibilidad para impulsar la transición hacia un futuro sostenible. Después de

diez años, se renovó el compromiso internacional para fomentar esta educación a través del Programa de Acción Global (GAP). En 2015, las Naciones Unidas adoptaron la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible, que incluye 17 objetivos para transformar el mundo. Estos objetivos se basan en los Objetivos de Desarrollo del Milenio y se centran en la erradicación de la pobreza, la protección del medio ambiente y el desarrollo social. La Agenda 2030 tiene como objetivo liberar a la humanidad de la pobreza y las privaciones, sanar y proteger nuestro planeta. Para ello, se requieren medidas audaces y transformadoras para guiar al mundo hacia la sostenibilidad y la resiliencia.

DESARROLLO SOSTENIBLE

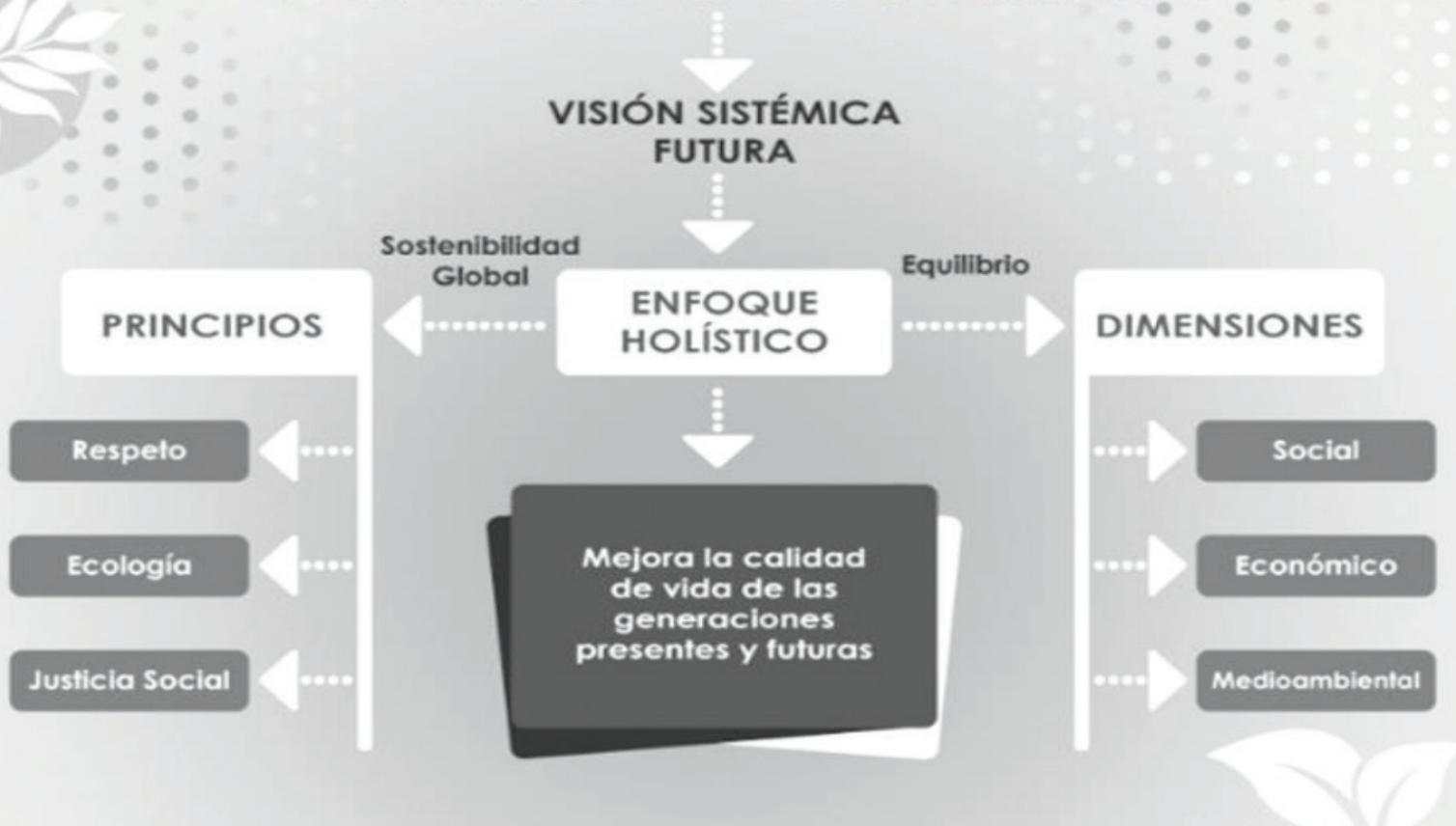


Fig 2. Esquema del desarrollo sostenible. Fuente: Autor

La Organización de las Naciones Unidas (2019), define a la sostenibilidad ambiental, como una manera de poder convivir en equilibrio con el ecosistema del planeta y con ello prevenir la

escasez que puede poner en riesgo a los seres vivos. Por esto en la actualidad es una temática fundamental en cualquier empresa u organización y hacer uso adecuado de los recursos naturales presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades (Cumbre de la Tierra de Río, 1987) y consiste en crear un equilibrio entre seres humanos y el uso de los recursos naturales.

De acuerdo con (Santander X, 2021) Los principios de la sostenibilidad ambiental se basan en el aprovechamiento de los residuos, lo que se puede lograr de las siguientes maneras:

- **Ahorro de energía:** Se debe reducir el consumo de energía, ya sea a través de medidas de eficiencia energética o de la adopción de fuentes de energía renovables.
- **Uso responsable del agua:** Se debe utilizar el agua de manera eficiente y evitar su desperdicio.
- **Reducción del consumo de combustibles fósiles:** Se deben buscar alternativas a los combustibles fósiles, que son contaminantes.
- **Reciclaje y reutilización de residuos:** Se deben gestionar los residuos de manera adecuada para que puedan ser reutilizados o reciclados.

Según Metrovacesa (2021), en la industria de la construcción se están implementando nuevas estrategias y procedimientos en las actividades de construcción para reducir el impacto ambiental y combatir el cambio climático. Para lograr esto, se está empleando la arquitectura sostenible, que utiliza residuos mezclados con concreto, como madera, fibra de coco, celulosa, bambú y barro cocido. Esto se debe a que la construcción de edificaciones es responsable del 40.00% de las emisiones de CO₂ a la atmósfera y consume una gran cantidad de energía. Por lo tanto, se están aprovechando materiales de construcción sostenibles para darles un valor agregado y utilizar recursos que de otro modo serían considerados basura.

En la actualidad la humanidad se encuentra cursando la cuarta revolución industrial, también conocida como Industria 4.0. Este es un período de transformación económica y social impulsado por la convergencia de tecnologías digitales, físicas y biológicas. Esta revolución está teniendo un impacto significativo en todas las industrias, y también tiene el potencial de generar un impacto significativo en la sostenibilidad, Schwab (2016).

La industria 4.0 se basa en la inteligencia artificial (IA) para su transformación digital. La IA tiene el potencial de ayudar a abordar problemas ambientales, pero también puede crear problemas de sostenibilidad. La producción de hardware de IA requiere una gran cantidad de recursos naturales, como minerales, agua y energía. Además, los centros de datos que albergan aplicaciones de inteligencia artificial pueden generar grandes cantidades de emisiones de gases de efecto invernadero (UNESCO, 2023)

De acuerdo con Schwab (2016), la cuarta revolución industrial tiene el potencial de generar un impacto positivo en la sostenibilidad. Por ejemplo, las nuevas tecnologías de materiales pueden ayudar a reducir el impacto ambiental de las actividades humanas al crear materiales más eficientes, reciclables y adaptables. Estos nuevos materiales pueden ayudar a reducir el impacto ambiental de las actividades humanas de varias maneras. Por ejemplo, pueden ayudar a optimizar el consumo de energía, mejorar la gestión de recursos y reducir la producción de residuos. Un ejemplo de cómo los nuevos materiales pueden ayudar a reducir el impacto ambiental es el caso de los plásticos termoestables. Estos plásticos son casi imposibles de reciclar, pero las nuevas innovaciones están haciendo que sean más fácilmente reciclables. Esto es un gran paso hacia la economía circular, que es un sistema económico que se basa en la reutilización, el reciclaje y la reparación de los productos y materiales.

La Cuarta Revolución Industrial es un período de cambios tecnológicos que está transformando la forma en que vivimos, trabajamos e interactuamos entre nosotros. La revolución se caracteriza por avances tecnológicos que tienen el potencial de crear una economía circular, que es un sistema económico que se basa en la reutilización, el reciclaje y la reducción de residuos. La incorporación de la tecnología digital permite un mayor intercambio de conocimientos y colaboración, un mejor uso de los activos y recursos, y un mayor bienestar para todos. Un ejemplo de cómo la tecnología digital se puede utilizar para crear una economía circular es la empresa finlandesa Enevo, que construye e instala sensores que recogen y analizan los datos de los contenedores de basura. Estos sensores proporcionan información sobre cuándo están llenos los contenedores de basura, lo que permite a Enevo optimizar las rutas de recogida de los camiones. Como resultado, los clientes de Enevo reportan ahorros de entre el 20 y el 40 por ciento en los costos de recogida de basura.



ECONOMÍA CIRCULAR



Fig 3. Esquema de la economía circular. Fuente: Autor

La industria 4.0 promueve el desarrollo industrial inclusivo y sostenible. De acuerdo con la información contenida en La Plataforma de Análisis Industrial de la ONUDI, un modelo de industrialización que busca promover el crecimiento económico y la diversificación de una manera socialmente inclusiva y ambientalmente sana, se basa en la idea de que la industrialización no debe evaluarse únicamente en función de su potencial de generación de ingresos, sino que también deben considerarse el uso eficiente de los recursos, el nivel de reducción de las emisiones y la generación de empleos verdes de alta calidad. La economía circular es una herramienta que puede ayudar a promover un desarrollo industrial inclusivo y sostenible. Al adoptar un enfoque circular, las empresas, los gobiernos y las organizaciones pueden crear un futuro más próspero y sostenible para todos, (ONUDI, 2021).

2.2. Materiales de construcción en el medio ambiente

Para lograr innovaciones tecnológicas en la construcción que respondan a las necesidades actuales del mundo, es necesario comprender a fondo los materiales que nos ofrece la naturaleza y los que podemos transformar a partir de ellos. El agotamiento de los recursos naturales y la creciente demanda de vivienda obligan a desarrollar nuevos materiales y tecnologías que hagan que las viviendas sean más funcionales, seguras y económicas, Gutiérrez de López (2003).

De acuerdo con Arenas (2018), los materiales utilizados en la construcción provienen de la corteza terrestre. En la Unión Europea, se generan 450 millones de toneladas de residuos de construcción y demolición (RCD) anualmente. El sector de la construcción es responsable del 50% de la extracción de recursos naturales, el 40% del consumo de energía y el 50% de los residuos generados. Los materiales de construcción tienen efectos ambientales que incluyen la emisión de CO₂, la generación de polvo, los ruidos y vibraciones, la contaminación del agua y el consumo excesivo de energía. Según Newsletter (2019), los materiales de construcción, como el acero, el hormigón, el amianto, las pinturas y barnices, el gas radón, el uranio, el plomo y el mercurio, contaminan el entorno. Sin embargo, en la actualidad se han logrado avances que permiten construir infraestructura sostenible y resiliente, gracias al empleo de materiales reciclados.

El cemento portland, considerado uno de los materiales más utilizados en la construcción. Según la Revista Primicias (2022) el cemento es un material compuesto principalmente de silicatos de calcio hidráulicos. Cuando se mezcla con agua, estos silicatos reaccionan químicamente y forman una pasta. Esta pasta se endurece y se convierte en hormigón cuando se agregan materiales como arena y grava triturada.

Según la investigación de Salas et al., (2016), el cemento es un material de construcción esencial, pero su producción

tiene un impacto ambiental significativo en el medio ambiente, principalmente en términos de cambio climático, agotamiento de los recursos y contaminación del aire y el agua, surge la necesidad de evaluar el impacto ambiental generado, por lo que la evaluación del ciclo de vida del material se convierte en una herramienta fundamental para valorar los impactos ambientales de los productos y procesos. Existen varias formas de mejorar el desempeño ambiental de la producción de cemento, y las principales alternativas son la mejora de la eficiencia energética, el uso de combustibles alternativos, la sustitución del clinker y la captura y almacenamiento de carbono.

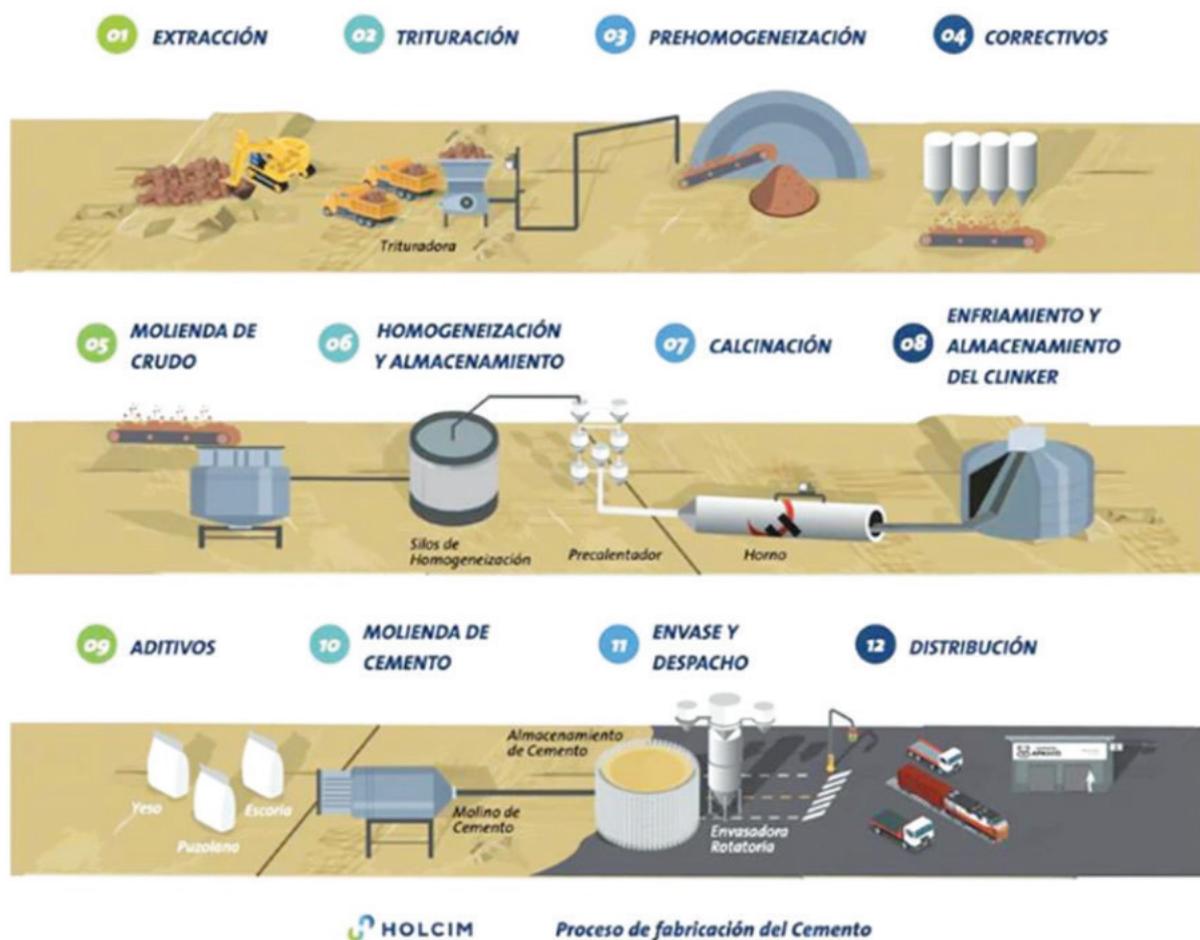


Fig 4. Proceso de producción del cemento. Fuente: Plomería Universal (2022)

El hierro es otro material de construcción considerado esencial para esta actividad, este se utiliza en forma de acero para proporcionar resistencia y durabilidad a infraestructuras como edificios, puentes y carreteras. El acero reforzado con hormigón conforma el hormigón armado y es un ejemplo

principal del papel del hierro en la construcción. Sin embargo, según The World Counts (2023), la producción de hierro y acero tiene un impacto ambiental significativo en términos de emisiones de gases de efecto invernadero, contaminación del aire y del agua, y agotamiento de los recursos naturales. La producción de hierro y acero es altamente energética e intensiva en carbono, lo que contribuye significativamente al calentamiento global. Además, la minería de mineral de hierro es altamente energética y causa contaminación del aire en forma de óxido nitroso, dióxido de carbono, monóxido de carbono y dióxido de azufre. La minería también causa contaminación del agua por metales pesados y ácido que se filtra desde las minas.

De acuerdo con Fan & Friedmann (2021), la fabricación de acero es un sector difícil de descarbonizar, ya que representa el 6% de las emisiones globales de CO₂. En respuesta a la creciente urgencia de descarbonizar la economía, los gobiernos y la industria están trabajando para desarrollar tecnologías que reduzcan las emisiones de la producción de acero. Por lo que, para abordar estos problemas ambientales, se han propuesto varias soluciones para mejorar el desempeño ambiental de la producción de hierro y acero. Algunas soluciones incluyen:

- **Reducción del consumo energético:** La mejora de la eficiencia energética puede reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.
- **Uso de fuentes alternativas de energía:** La adopción de fuentes renovables como la energía solar y eólica puede reducir aún más las emisiones de gases de efecto invernadero.
- **Reciclaje:** El reciclaje del acero puede reducir el consumo de energía y las emisiones.
- **Captura y almacenamiento de carbono (CAC):** El dióxido de carbono se puede capturar de los gases de combustión y almacenarse de forma segura.

El aluminio es un material de construcción versátil y ampliamente utilizado debido a su bajo peso, alta resistencia y durabilidad. Según una publicación de The Student Conservation Association (2021) sobre el impacto ambiental del aluminio, la producción de aluminio es altamente energética e intensiva en carbono, lo que contribuye significativamente a la emisión de gases de efecto invernadero, por ende, al calentamiento global. Además, la minería de bauxita, el mineral utilizado para producir aluminio, es altamente energética y causa contaminación del aire y del agua.

El aluminio es el segundo metal más empleado a escala mundial, solo superado por el acero. La producción primaria de este material es un proceso altamente contaminante, por lo que el reciclaje de aluminio es una forma de reducir el impacto ambiental de este metal, ya que requiere mucha menos energía y genera menos emisiones de gases de efecto invernadero. El reciclaje de este material se puede realizar a partir de diversos tipos de residuos, como envases, latas y chatarra. El aluminio reciclado puede utilizarse para fabricar nuevos productos de aluminio, con la misma calidad que el aluminio primario, además de tener varios beneficios ambientales, como reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, conservar los recursos naturales, reducir la contaminación del aire y el agua. El reciclaje de aluminio también tiene beneficios económicos, como generar empleos, reducir los costos de producción y aumentar la competitividad de las empresas. (Padamata et al., 2021).

2.2.1. Materiales compuestos

Los materiales compuestos son aquellos que combinan las propiedades de dos o más materiales, creando un material nuevo con propiedades únicas. Esta combinación de materiales permite obtener propiedades que son difíciles de encontrar en materiales convencionales, como una gran tenacidad y una alta resistencia a la tracción. (Arias y Vanegas, 2004). Los materiales compuestos tienen una amplia gama de aplicaciones, desde la construcción hasta la industria aeroespacial. Sin embargo, el diseño de estructuras constructivas con materiales compuestos requiere un mayor esfuerzo y un conocimiento más profundo de la ciencia de los materiales compuestos que el diseño de estructuras con materiales tradicionales. Esto se debe a que los materiales compuestos tienen propiedades complejas que pueden verse afectadas por factores como la micromecánica, la elasticidad y la estabilidad a lo largo del tiempo, Miravete (2003)

Debido al impacto significativo que genera la construcción en el medio ambiente, es necesario desarrollar materiales con compromiso ambiental para reducir este impacto. Según Ecohabitar (2020), la fabricación de materiales para la construcción de un metro cuadrado en una edificación normal requiere una gran cantidad de energía y recursos naturales. Esto equivale a la combustión de 150 litros de gasolina, la emisión de 0,5 toneladas de dióxido de carbono y un consumo de energía de 1.600 kWh.

De acuerdo con una investigación efectuada por la Agencia Europea del Medio Ambiente (EMA), acerca del comportamiento de los materiales de construcción y su ciclo de vida, el cemento, hormigón y el ladrillo, conforman parte de las mayores emisiones contaminantes al medio ambiente, es por ello la necesidad de biocompartir con materiales como residuos vegetales que sean compatibles con el medio ambiente (Marq, 2022). Según la investigación de López y Guerrero (2020), la industria de la construcción está buscando alternativas para desarrollar materiales novedosos a partir del reciclaje de desechos. Estos desechos pueden provenir de diferentes fuentes, como el consumo humano, las actividades comerciales e industriales, los residuos de cosecha y animales, así como de la demolición de estructuras y edificaciones.

En la actualidad existen varios estudios sobre la creación de materiales compuestos y los beneficios que estos aportan en la construcción. De acuerdo a una investigación de la Universidad Estatal Paulista, se encontró que una mezcla de hormigón con un 5% de aditivo de residuo vegetal es un 25% más fuerte que una mezcla libre. Esto significa que el hormigón con aditivo vegetal es más resistente a la compresión, lo que lo hace una opción más duradera para la construcción. (Echeverría, A. y López, O., 2014)

Según Newsletter (2019), los materiales compuestos tienen una serie de ventajas que los hacen atractivos para su uso en la construcción. Estas ventajas incluyen:

- Ligereza, debido a que la densidad de los materiales varía entre 0,03 a 2 kg/dm³, lo que da facilidades para su ensamblaje, transporte y ubicación en la obra.
- Corrosión, estos muestran un excelente comportamiento ante este fenómeno y a los agentes ambientales, que incide en la disminución de los costos por mantenimiento.
- Alta resistencia mecánica, soportan mucho peso, lo que justifica su utilización como materiales reciclables.
- Moldeables, poseen un alto nivel de libertad en su capacidad para ser moldeado de acorde a las circunstancias y permite ser diseñado en cualquier forma que se requiera.

Iturralde (2021) concluyó en su trabajo bibliográfico que los desechos de origen vegetal, como la fibra y cáscara de coco, pueden ser utilizados para la creación de materiales compuestos en sustituto parcial del agregado grueso en varios tipos de pavimentos. Esto conlleva a una mejora en las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los pavimentos, lo que permite su reutilización en la nueva etapa de empleo de materiales sostenibles con el medio ambiente. Además, esta práctica ayuda a reducir los niveles elevados de contaminación. Por lo tanto, es el momento de realizar cambios y construir de manera eficiente mediante la búsqueda de tecnologías que permitan un adecuado desarrollo en el sector de la construcción a nivel mundial.

El uso de fibras naturales, como la fibra de coco, ha aumentado en la construcción de viviendas y pavimentos debido a su resistencia comprobada. Estudios previos han demostrado que la fibra de coco tiene una alta resistencia a la tracción en mezclas asfálticas, Jouve et al., (2021). Además, se ha observado que este residuo vegetal mejora la estabilidad, resistencia al deslizamiento y al modelo resistente, ya que la fibra de coco mejora la resistencia indirecta de la tracción y la fluencia estática, al ayudar a reformar las características mecánicas. Siendo resistente a los impactos, abrasión, aplastamiento en relación a otros materiales como el granito triturado que es el más empleado en la construcción (Macancela, A. & Martínez, A., 2020).



Fig 5. Materiales de construcción ecológicos.

Fuente: <https://www.integrarproyectos.com/materiales-sostenibles/>

2.3. Construcciones sostenibles

De acuerdo con la agencia de protección ambiental EPA (2019), la construcción sostenible es la práctica de erigir nuevas edificaciones utilizando procesos que sean respetuosos con el medio ambiente y eficientes en el uso de recursos naturales a lo largo del ciclo de vida de la edificación. Esto implica considerar aspectos desde su ubicación hasta su diseño, construcción, funcionamiento, mantenimiento, renovación y deconstrucción. (p. 24).

Marq (2022) define las construcciones sostenibles como aquellas que se diseñan y construyen teniendo en cuenta el impacto ambiental. Para ello, se utilizan materiales con bajos niveles de energía, reciclados y renovables, que permiten un uso eficiente de la energía y el agua. Además, se emplean diseños de bioarquitectura y técnicas de construcción que son eficientes, flexibles y adaptables al cambio climático. Las construcciones sostenibles tienen una mayor vida útil que las edificaciones tradicionales.

Una edificación sostenible, se debe caracterizar por la existencia de un equilibrio entre la producción de materiales y el consumo en la construcción, seguido por el uso de los recursos naturales y se deben en lo posible el uso de residuos generados en diferentes procesos productivos y apostar a la reutilización y reciclaje, y con ello promover recursos sostenibles que se encuentran disponibles en las localidades donde se realizan edificaciones (Souza,E., 2022).

El estudio de la revista Potencia y Vida de Colombia (CONPES, 2018) destaca la importancia de establecer objetivos básicos para la gestión ambiental en la construcción de viviendas urbanas. Estos objetivos buscan garantizar la sostenibilidad de las construcciones, es decir, que sean respetuosas del medio ambiente y que no generen un impacto negativo en el entorno. El estudio menciona algunos objetivos específicos para la gestión ambiental en la construcción de viviendas urbanas, como:

- Reducir el consumo de energía y agua.
- Utilizar materiales de construcción sostenibles.
- Promover la eficiencia energética y el uso de energías renovables.
- Gestionar los residuos de construcción y demolición de forma adecuada.



Fig 6. Viviendas sostenibles en España con alta eficiencia energética.
Fuente: <https://maison-plus.es/construccion-sostenible/>

La construcción sostenible se rige a varios parámetros que empieza con:

- La elección del lugar adecuado, en relación con los ecosistemas locales y el uso de energía adecuada y con la posibilidad de reutilizar los materiales empleados en su construcción.
- Las construcciones sostenibles, están dirigidas a reducir el consumo de energía y maximizar las energías renovables.
- Las edificaciones sostenibles, siempre buscan aminorar el impacto ambiental y de su economía, en la implicación del bombeo, transporte, tratamientos de agua potable y residuales.
- Su construcción sostenible se encuentra estructurada en el reciclaje de materiales, desde su diseño, con la finalidad de minimizar el agotamiento de sus recursos y de la contaminación, mejorando la gestión de sus residuos y costos por su eliminación.
- Estas edificaciones mejoran la calidad ambiental al interior de ellas, lo que las hace comfortable y saludable para quienes las habitan y es donde se maximizan todos los elementos naturales, térmico, acústico, humedad entre otros (UE, 2021).

Según la Universidad Privada del Norte en Lima, Perú (UNP , 2017), manifiesta que las construcciones sostenibles no deben generar un impacto negativo al medio ambiente y esto se logra mediante una adecuada utilización de energías renovables en la construcción; en el tratamiento y aprovechamiento de aguas residuales, sistemas ahorradores de agua en duchas y baños, iluminación LED de bajo consumo, aprovechamiento de la energía solar por medio de paneles, extracción y renovación de aire mediante sistemas pasivos, pozos canadienses, correcta utilización del entorno vegetal.

Actualmente, el criterio arquitectónico-sostenible es un tema implícito en el campo de la arquitectura. Este criterio busca reducir el impacto ambiental y mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Las edificaciones sostenibles contribuyen a un futuro más sostenible al reducir la contaminación ambiental, el consumo de recursos y el impacto climático. Además, pueden proporcionar un entorno más saludable y comfortable para las personas (Castro y Mendoza , 2023).

Para evaluar el nivel de sostenibilidad de las edificaciones existen varios métodos utilizados internacionalmente. En su

investigación sobre los métodos de evaluación sustentable de edificaciones, Quesada et al. (2018) señalan que existen metodologías diferentes para la evaluación sustentable de una construcción, pero ninguna de ellas es totalmente adaptable a todas las edificaciones. Sin embargo, mediante la recopilación y selección de ideas, la incorporación de las realidades locales y la modificación de las metodologías existentes, es posible realizar evaluaciones más adecuadas a la realidad de cada edificación.

En su análisis comparativo de los cuatro métodos de evaluación de sustentabilidad de edificaciones más utilizados internacionalmente, Couret (2018) señala que el más antiguo es BREAM, que se originó en 1990. Los sistemas CASBEE y Green Star, por otro lado, tienen un alcance de aplicación limitado a sus regiones de origen. LEED y BREAM, a pesar de haber sido creados para países específicos, son más generales en términos de sustentabilidad y, por lo tanto, pueden adaptarse y aplicarse en cualquier lugar. Chantre (2022) señala que la evaluación de desempeño ambiental debe considerar tanto las categorías de impacto más utilizadas como aquellas que son más relevantes para el proyecto específico. Esto es importante para garantizar un análisis completo y preciso de los impactos ambientales del proyecto.

A pesar de que algunos países cuentan con reglamentos que promueven la sustentabilidad de las edificaciones, existe un desinterés en el tema. En México, por ejemplo, Flores (2021) señala que el gobierno no hace cumplir los lineamientos existentes, ya que no se sanciona ni se incentiva a los constructores para que sus proyectos sean sustentables, además de la falta de un sistema de calificación y certificación adecuado para los sistemas constructivos mexicanos.

La evaluación ambiental es un tema relativamente nuevo en Ecuador, especialmente en el campo de la arquitectura. El contexto actual no favorece la implementación de nuevas estrategias de evaluación ambiental basadas en criterios internacionales. Además, Ecuador enfrenta desafíos en la búsqueda de información y regulaciones ambientales, así como un déficit cualitativo en la vivienda, con un 62% de déficit en el área urbana y un 38% en el área rural. (MIDUVI, 2020).

En el Ecuador, según, la Revista Primicias (2022) la sostenibilidad aplicada a la arquitectura efectúa referencias a las construcciones que tienden a optimizar los recursos naturales, con el objetivo de minimizar el impacto ambiental en el entorno donde son construidas, para minimizar el impacto ambiental.

En el caso del país, el tema de arquitectura sostenible entró en vigor hace más de diez años, pero ha logrado mayor énfasis en el año 2016 cuando se realizó la cumbre de hábitat sostenible. Donde se mostró que las viviendas eco amigables tienen un costo 4.0% más que aquellas que no lo son.

Waddell et al. (2010) señalan que, en los últimos años, se han desarrollado herramientas que permiten evaluar el impacto ambiental de las edificaciones. Estas herramientas ayudan a identificar las causas y consecuencias del impacto ambiental, especialmente en las fases de construcción y uso de los edificios. La información que proporcionan estas herramientas puede utilizarse para desarrollar soluciones más precisas para reducir el impacto ambiental de las edificaciones.



Fig 7. Requisitos para lograr edificaciones sostenibles. Fuente: Loxamhune. Disponible en: <https://www.loxamhune.com/que-es-la-construccion-sostenible/>

3

Residuos de coco y su aplicación en materiales

- 3.1 Generalidades del coco
- 3.2 Descripción del mesocarpio y endocarpio del coco
- 3.3 Materiales compuestos, aplicación de los residuos del coco



**Puedes decir lo avanzada que es
una sociedad
por la cantidad que recicla**



3.RESIDUOS DE COCO Y SU APLICACIÓN EN MATERIALES

3.1. Generalidades del coco

La palma de coco es una planta tropical de gran importancia económica y ecológica. Se encuentra en todo el mundo, desde las islas tropicales hasta las zonas costeras. Su rango de distribución abarca desde los 26 °C de latitud norte y sur, hasta los 1,200 msnm. El cocotero prospera mejor en climas cálidos y húmedos, con temperaturas promedio superiores a los 20 °C y precipitaciones medias anuales de 1,000 a 1,800 mm. Sin embargo, puede soportar mayores precipitaciones en suelos con buen drenaje. La palma de coco ha desarrollado importantes mecanismos de adaptación que le permiten crecer en suelos arenosos sujetos a inundaciones. Estos mecanismos incluyen un extenso sistema de raíces que proporciona un anclaje eficiente, así como una resistencia fisiológica que le permite tolerar la salinidad del suelo, condiciones alcalinas e incluso heladas ocasionales, Sánchez D. G. y Ríos G. L. (2002)

Martínez y Macancela (2020) analizaron la palma de coco (*Cocus Nucifera*) y concluyeron que es una planta tropical que se caracteriza por su resistencia a la salinidad y al viento. Esta resistencia la convierte en una planta muy versátil, que puede crecer en una amplia gama de condiciones climáticas, en climas cálidos y húmedos, incluso en condiciones adversas. El coco es el fruto de la palma de cocotero, se lo considera como un fruto redondo y alargado, con una contextura en su interior de carne blanca, fibrosa y aceite más presente en su último estado de maduración, la cual se encuentra cubierta por una dura cáscara de color verde a café claro, según maduración y en parte interna el endocarpio que es una cáscara de color marrón llenas de fibras gruesas y finas. Su nombre proviene de la era del descubrimiento, por parte de exploradores portugueses, que fue llevado a Europa y debido a su forma y por sus costumbres de fantasmas lo identificaron como coco. (Frutas & Hortalizas, 2018).

APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE LA FRUTA

PULPA

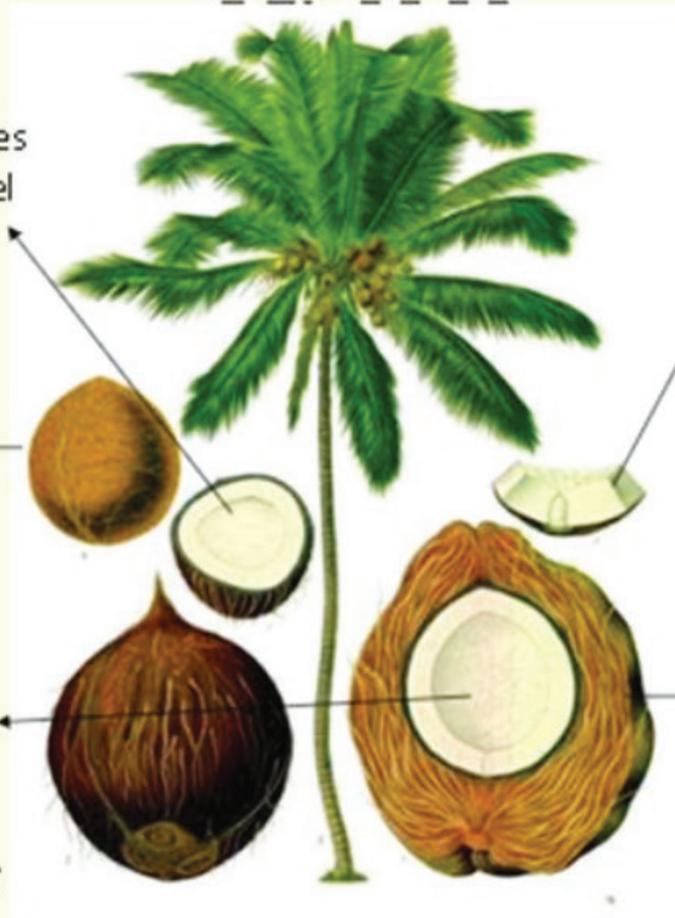
Deshidratados, aceites comestibles, biodiesel y para industria cosmética y farmacéutica

CONCHA

Carbón Activado, abonos, artesanías

AGUA, CREMA Y LECHE DE COCO

Salud, alimentación y deporte



COPRA

Alimentos concentrados

ESTOPA

Sustratos, tabletas en látex, manufacturas

Fig 8. Aprovechamiento integral del coco. Fuente: <https://slideplayer.es/slide/3509604/>

El cocotero es una planta nativa de la región del Pacífico y Asia. Se extendió por el Caribe, el noroeste de América del Sur y Brasil durante el siglo XVI, gracias al descubrimiento del Nuevo Mundo. Esta drupa pertenece a la familia de Monocotiledóneas, la cual se encuentra distribuido en las zonas tropicales costeras a nivel mundial. Crece a temperaturas que oscila entre 28°C a 35°C. (Trujillo & Arias, 2013). Ecuador cuenta con zonas costeras en el océano Pacífico, según Velasco (2017), existen 7.30 millones de hectáreas de cultivos de coco en territorio ecuatoriano, donde la provincia de Manabí, registra un aproximado de 208.240 hectáreas que se reflejan en una participación del 12.80%. Siendo los cantones de Pedernales, Rocafuerte

y Portoviejo, los que constituyen una mayor participación en la provincia.

Según la investigación realizada por Pineda y Navarrete (2017), el coco está compuesto por dos capas exteriores. La primera capa, también conocida como exocarpio o epicarpio, es lisa. La segunda capa, llamada mesocarpio, está formada por un gran número de fibras que se unen entre sí. A menudo, estas capas se denominan colectivamente como estopa. El fruto maduro puede pesar entre 1 y 1,5 kg, de los cuales el mesocarpio representa el 35% del coco, el endocarpio constituye el 12% del fruto, la pulpa parte comestible representa el 28% del fruto, mientras que el agua contenida en el fruto representa el 25%. (Trujillo & Arias, 2013). En el interior del mesocarpio, se encuentra el endocarpio, que es una capa dura y marrón que se conoce como hueso. El hueso rodea el albumen, que es la parte comestible del coco. El albumen se compone de una parte sólida y una parte líquida, Vera (2020). Tiene un porte de acuerdo con su variedad entre 20 a 30 cm y su peso oscila entre 2 a 3.5 kg. (Elsevier, 2017)

De acuerdo con la información contenida en la tesis de Batidas Luzuriaga (2013), las variedades de coco se pueden clasificar en tres tipos: gigantes, enanas e híbridas. Cada tipo tiene sus propias características y usos:

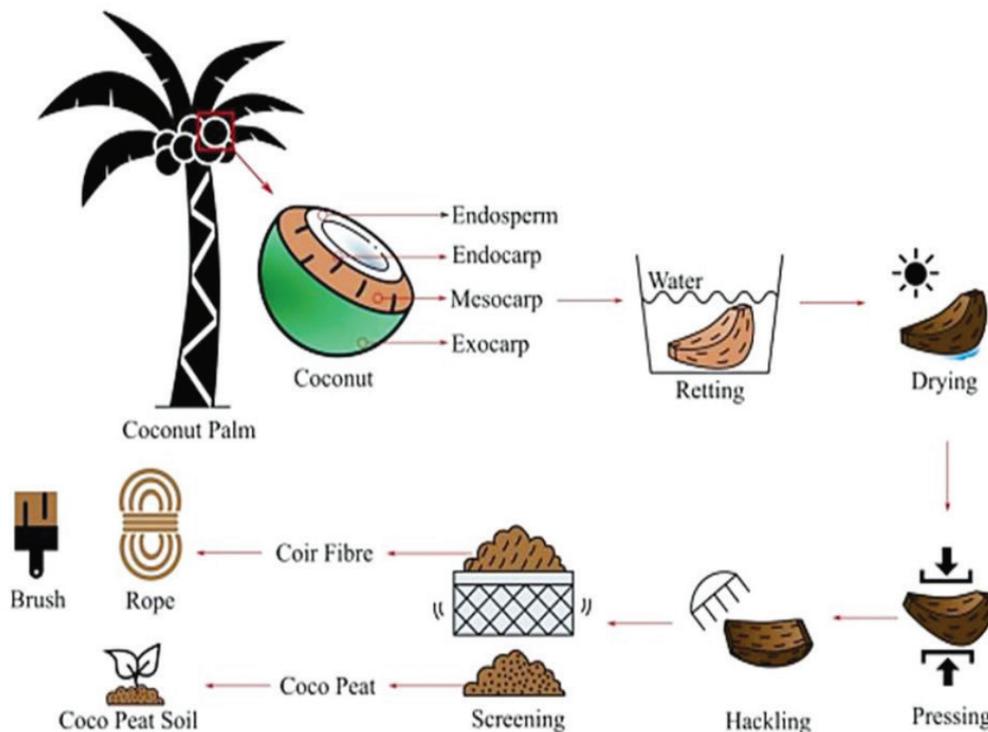
- **Gigantes:** Son las más altas y producen frutos con un alto contenido de agua y un sabor poco dulce. Se utilizan principalmente para la producción de aceite de coco y para el consumo fresco. Las variedades más comunes son el gigante de Malasia, Renell, Tahití, Oeste africano, Costa de Marfil, Alto de Jamaica, Panamá y otros.
- **Enanos:** Son las más pequeñas y producen frutos con un buen sabor de agua. Se utilizan principalmente para la producción de bebidas envasadas. Las variedades más comunes son el amarillo de Malasia, Verde de Brasil y Enana de la India.
- **Híbridos:** Son el resultado del cruce entre variedades gigantes y enanas. Son de tamaño mediano a grande, con un buen sabor y rendimiento de copra. La variedad más común es el enano de Malasia y alto de Panamá y Colombia.

La palma de coco (*Cocos nucifera* L.) es conocida como el “árbol de la vida” debido a su gran valor como planta de uso múltiple. Se encuentra en el duodécimo lugar de la lista de las especies de plantas alimenticias más importantes para el hombre y es considerada una de las más bellas, (Granados-

Sánchez & Lopez-Rios, 2002). Su fruto es muy versátil y cada parte del mismo se puede utilizar en una amplia variedad de industrias para diferentes fines. El agua de coco, es una bebida fría y refrescante que contiene vitamina C y un 5% de carbohidratos, principalmente azúcares. Se utiliza en la alimentación humana y animal. La pulpa de coco, se consume directamente o se utiliza en la preparación de diversos platos, leche de coco y crema de coco. El coco desecado se utiliza en la confitería, culinaria y harina de coco. La fibra de coco se utiliza en la producción de sustratos para la producción de mudas o en cultivos sin el desarrollo uso del suelo, cuerdas y colchones, bioetanol, revestimientos de macetas colgantes, escobas y tapetes, Romero et al. (2020).

Además de las palmeras del cocotero se extrae la nuez de esta fruta que tiene un peso de 2.50 kg, la cual es considerada como una drupa, que desde su cáscara se elaboran cuerdas y otros productos de fibra por su consistencia resistente. Siendo esta especie alta en calorías por la cantidad de aceite que posee y su valor energético es de 363.20 669.0 calorías por cada 100 gramos. Donde se identifica al potasio como uno de sus componentes principales registrando entre 315 a 650 gramos de potasio y de 800 gramos de selenio (Frutas & Hortalizas, 2018).

Fig 9. Proceso de extracción de la fibra de coco. Fuente: (Wang, B., Yan, L., & Kasal, B., 2023)



Según Moreno (2016), el coco es una fruta muy versátil que se puede utilizar en una amplia gama de industrias y aplicaciones. Las principales aplicaciones del coco son las siguientes:

- **Industria:** La copra se utiliza como materia prima para la extracción de aceite de coco, que se utiliza en la alimentación humana y animal. El hueso del coco se utiliza para producir carbón activado y como combustible.
- **Ganadería:** La harina de coco se utiliza como alimento para el ganado.
- **Agricultura:** El polvillo de la estopa del coco se utiliza para mejorar la retención de agua y la textura del suelo. La madera del coco se utiliza para la construcción de casas, puentes y muebles.
- **Artesanía:** El coco se utiliza para la elaboración de artesanías, como botones y adornos.
- **Medicina:** El coco tiene propiedades antisépticas y diuréticas, y se utiliza como remedio popular para diversas afecciones.
- **Ecología:** Los árboles de coco mejoran las condiciones ambientales del entorno, regulando el microclima y protegiendo los suelos.



Fig 10. La fibra del cocotero. Fuente: <https://hydrocultura.com/products/fibra-de-coco-en-pacas-de-25-kgs>

Los residuos de la drupa del coco se utilizan para diversos fines y han sido objeto de investigaciones. La fibra de coco, en particular, se ha utilizado con éxito en techos verdes, artesanías de jardinería, como aislante térmico, como soporte de carbón activado dentro de una matriz de membrana de cerámica, en la integración con el hormigón reforzado con fibra de coco y en compuestos de polímero epoxi reforzado. Donde el mesocarpio es la parte del fruto que envuelve a la semilla, siendo este fibroso, donde las fibras más finas se las aplican para la agricultura, en relación con las de mayor longitud se destinan a la industria textil y de la construcción como aditivos (Rojas,A., 2015).

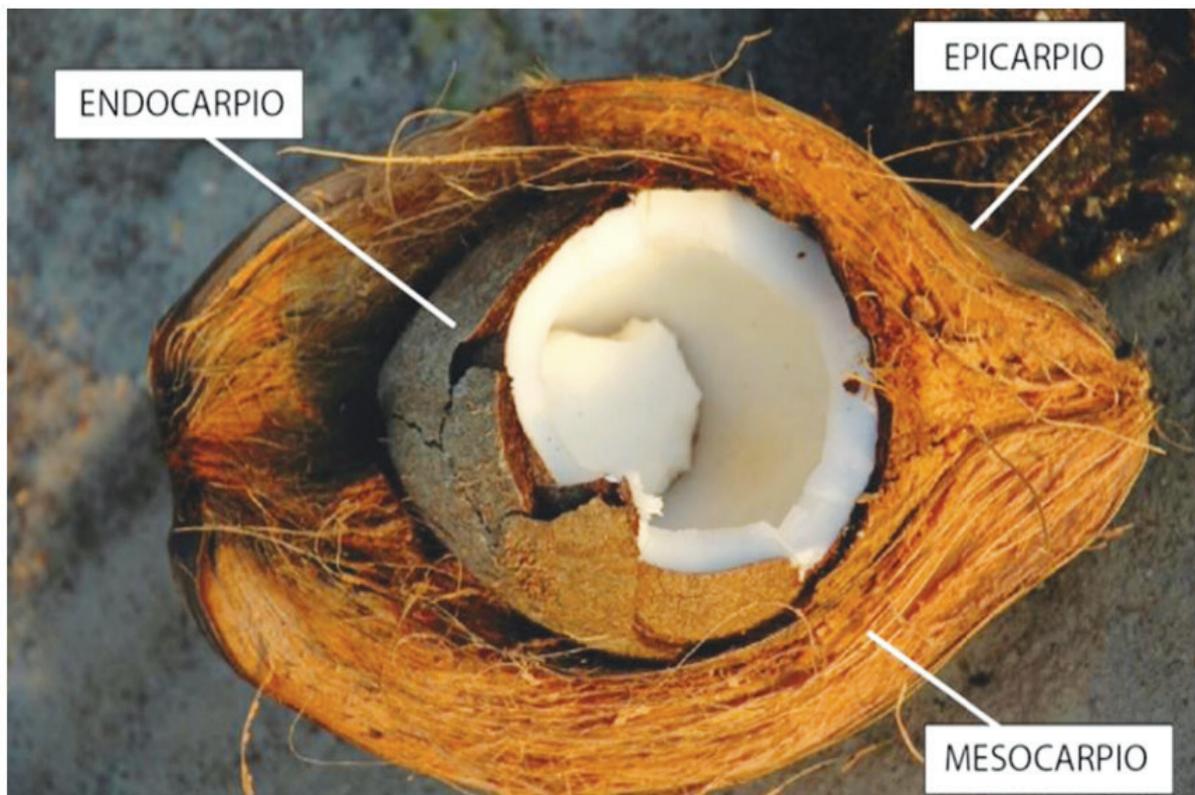
Esta drupa se la cultiva en más de 87 países a nivel mundial, con una producción anual de 55.000 millones de frutos secos anuales, donde el país de la India ocupa el primer sitio con 14.000 millones de frutos secos, seguido por Filipinas e Indonesia, los cuales generan una gran cantidad de residuos de fibra de coco por la industria de coco y sus residuos no se pueden eliminar. Sin embargo, existen diferentes alternativas de este residuo que puede servir como agregado natural en donde algunos estudios han demostrado que se lo puede utilizar como un agregado del hormigón (Newsletter, 2019).

Las investigaciones acerca de este residuo natural para su empleo como ingrediente en la mezcla de hormigón teniendo en cuenta sus propiedades mecánicas y la densidad del hormigón, para determinar la cantidad adicional de cemento necesaria para poder compensar la reducción de la resistencia del hormigón debido a su sustitución (Ofiprix, 2015). Es así que países, como Nigeria, debido al alto costo de la construcción, se ha convertido en una solución factible, en fibras de coco trituradas en forma granular con la adición del agregado grueso convencional en varias gradaciones (Jumbo,F., 2017)

3.2. Descripción del mesocarpio y endocarpio del coco

La construcción se inspira en la naturaleza para encontrar soluciones innovadoras. Un ejemplo de ello es el cocotero, cuyas frutas tienen la capacidad de absorber el impacto de su caída sin dañarse. Esta capacidad podría inspirar el desarrollo de nuevos materiales de construcción más resistentes a los impactos. Los ingenieros están estudiando cómo la estructura interna del coco podría aplicarse a la construcción de nuevos materiales de construcción. El fruto del cocotero se encuentra compuesto por tres capas, siendo la externa cuando seca color marrón, y en su interior se encuentra el mesocarpio, que es una capa intermedia fibrosa y el endocarpio que es la más dura y rodea la pulpa, Construnova (2017).

Fig 11. Partes del *cocos nucifera*.
Fuente: <https://construinnova.net/2017/03/23/de-cocos-y-estructuras/>



El coco es una fruta grande que puede pesar entre 1 y 1,5 kg. Está conformado por tres partes principales: el mesocarpio, el endocarpio y la pulpa. El mesocarpio es la capa fibrosa que rodea al endocarpio y representa el 35% del peso del coco, este se utiliza en una variedad de aplicaciones, como la construcción, la agricultura y la fabricación de productos textiles. El endocarpio es la capa dura que protege la pulpa y constituye el 12% del peso del coco y se utiliza para fabricar objetos decorativos, como llaveros y figuritas. La pulpa es la parte comestible del coco, representa el 28% del peso del coco y se puede comer fresca, seca o procesada. (Trujillo & Arias, 2013).

De acuerdo a la investigación de Álava y López (2022), la capa gruesa que conforma el 35% del coco se lo conoce como mesocarpio, el cual se encuentra integrado por fibras duras, provenientes de la parte medular, que se encuentra constituido por lignina, celulosa y hemicelulosa, que le da una gran capacidad de absorción y retención de agua. Por lo que este investigador en su trabajo donde se analizaron las características fisicoquímicas y funcionales obtuvo en sus ensayos una humedad del 83.50%; 5.54% de cenizas; 5.18% de proteína; 4.10% de extracto etéreo; 34.63% de fibra cruda y el 42.97% de extra. Así mismo posee 35.90% de celulosa; 18.56% de hemicelulosa; 19.38% de lignina ácida residual, registrando una alta capacidad de retención de agua de 2.86ml/gramo de muestra seca, con capacidad de absorción de aceite de 4.99 gramos y captación de 0.97 meqH⁺, donde estos resultados pueden ser empleados para investigaciones como aditivo para materiales de la construcción (Frutas & Hortalizas, 2018).

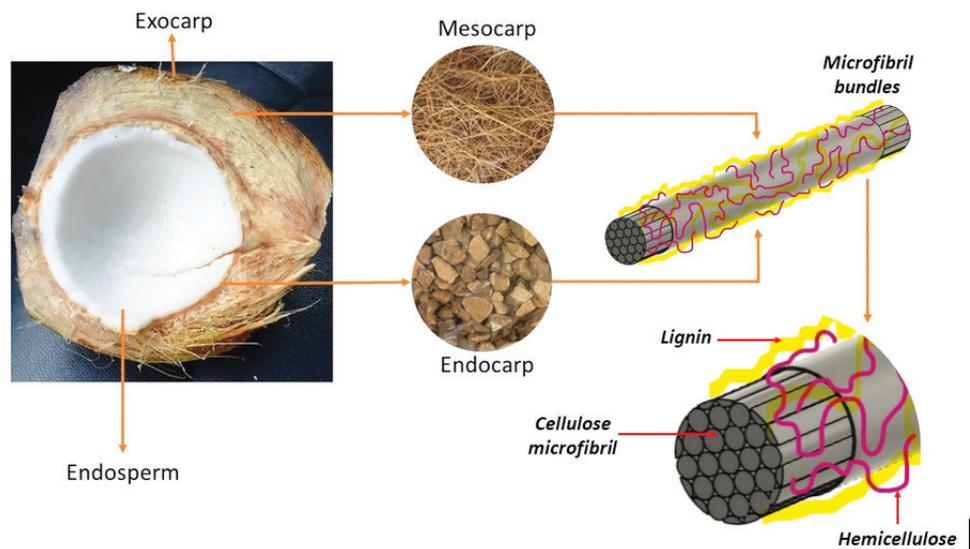


Fig 12. Composición del coco. Fuente: (San Andrés et al., 2023).

Fernández (2022), indica que el mesocarpio del coco seco se encuentra compuesto de fibras largas, cortas y polvo del tejido medular; cada coco contiene aproximadamente 125g de fibras secas y 250g de polvo medular, dando como resultado un peso aproximado de entre 375g a 400g de mesocarpio seco por coco. Las fibras del coco se componen de una envoltura de colénquima que rodea por completo a los haces vasculares.

La fibra de coco es un residuo orgánico extraído de la palma de coco y se deriva del mesocarpio. Según Miranda & Quintero (2020) la fibra de coco presenta un mayor porcentaje de lignina, alrededor del 25% del volumen total del fruto coco. La fibra de coco se puede clasificar en dos tipos: madura y biche. La fibra madura, que se obtiene de cocos maduros, es de color marrón, fuerte y resistente a la abrasión. La fibra biche, que se obtiene de cocos inmaduros, es de color marrón claro, menos fuerte y más suave que la fibra madura. La fibra de coco madura tiene más lignina y menos celulosa que la fibra de algodón, pero es menos flexible. La fibra biche, por otro lado, tiene una textura lisa y es más flexible que la fibra madura. En los últimos años, las fibras de coco se han utilizado como refuerzo en materiales compuestos de cemento, considerando que la descomposición natural de la fibra de coco tarda de 20 a 30 años.

De acuerdo con (Granados-Sánchez & Lopez-Rios, 2002), la fibra de coco, que se encuentra en la capa exterior del fruto (epicarpio) y en la capa intermedia (mesocarpio), también conocida como estopa de coco, es un material versátil con múltiples aplicaciones. Se puede utilizar para fabricar ropa fina resistente al agua de mar, cepillos, cordeles, sogas, alfombras, filtros, relleno de colchones y almohadas, entre otros productos. Además, su alto contenido de lignina la convierte en un buen combustible. La fibra de coco considerando fibras y polvo medular estructuralmente, es una de las fibras más duras y de longitud más corta en comparación con otras fibras vegetales. El diámetro medio de las fibras es de aproximadamente 1mm y en longitud llegan a medir entre 15 y 30cm. Son células individuales alargadas y de extremos puntiagudos, con una pared celular secundaria gruesa y un grado de lignificación variable (Elsevier, 2017).

Las fibras y el tejido medular constituidos principalmente por lignina, celulosa y hemicelulosa le confieren buena capacidad de absorción y retención de agua; la composición química de éste varía muy poco, sin embargo, depende de la variedad, estado de maduración del fruto y el lugar de cultivo. La mayoría de las fibras son células muertas en la madurez y debido a su resistencia a la tensión son de gran importancia económica

ya que estas tienen la función de ser tejido de soporte (Frutas & Hortalizas, 2018). Por lo general se empaquetan formando hebras que constituyen la fibra comercial. La fibra de coco es considerada como una fibra dura, debido a que son fibras provenientes de una planta monocotiledónea (Marq, 2022).

La gran utilidad de esta fibra radica en su capacidad para estirarse, por lo que tienen diferentes usos tanto en la industria de ornamenta como de construcción, así mismo tiene potenciales aplicaciones en la química analítica y el tratamiento de efluentes industriales, es utilizado como medio absorbente en la eliminación de metales pesados, Wang et al., (2023).

La cáscara del fruto del cocotero constituye cerca del 85% del peso total del fruto. Su composición es de 33,30% lignina, 30,58% celulosa, 26,70% hemicelulosa, 8,86% agua y 0,56% ceniza. De acuerdo a varias investigaciones se ha comprobado que la cáscara de coco en forma de fibra o polvo tiene potencial para ser empleada en la producción de nanopartículas de magnetita semicristalinas, biosorbentes para la sorción de iones, aislamiento térmico, aglomerados, paneles y sustratos para siembra de hortalizas y frutas como berenjenas, melones y tomates. Además, se puede utilizar como refuerzo en matrices poliméricas y como agregado al cemento para la construcción civil. (Nunes et al., 2020)

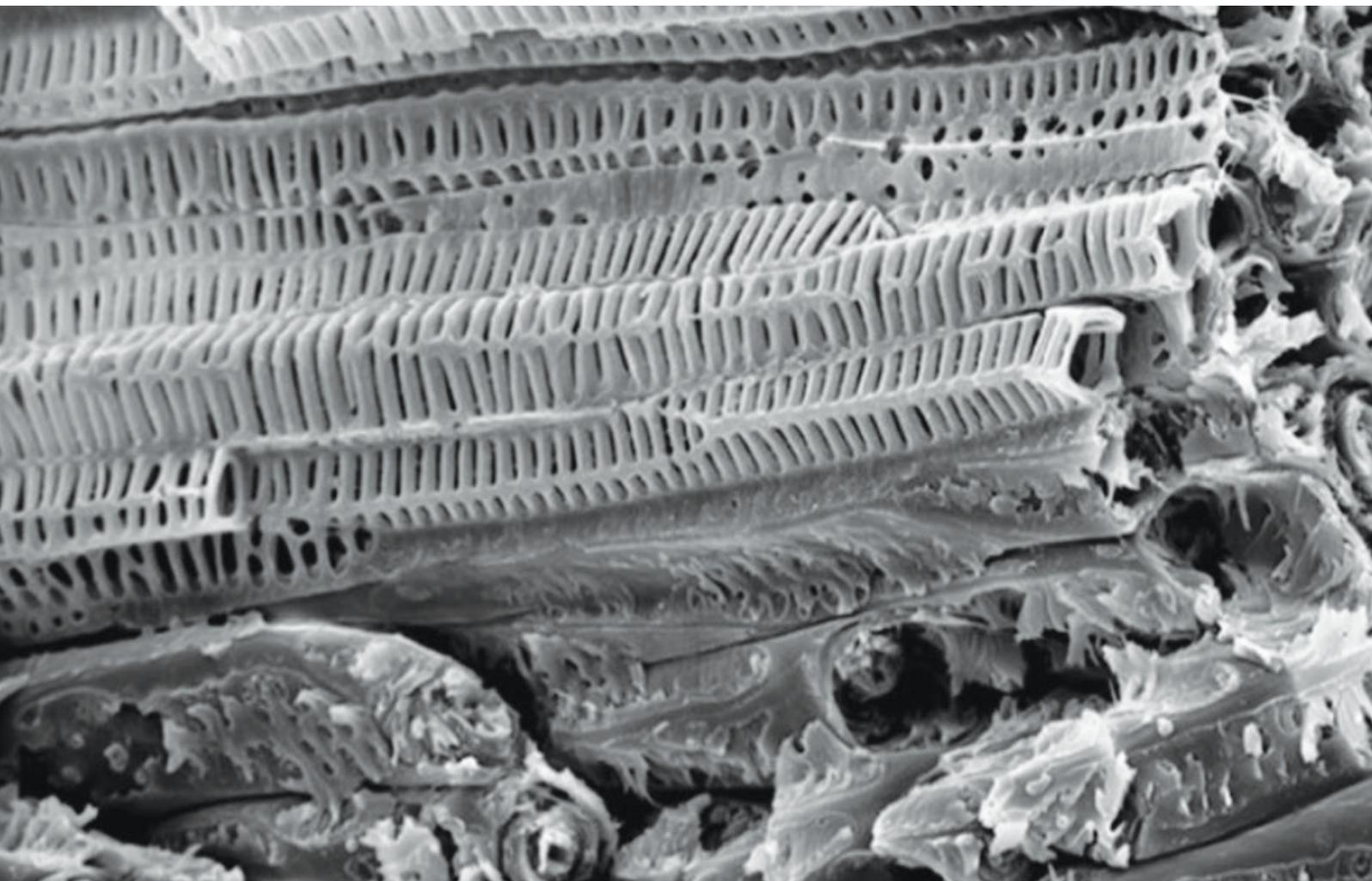
Respecto al endocarpio, afirma Construnova (2017), que la composición química del endocarpio de coco, como en cualquier otra fibra o corteza, depende de diferentes factores como la edad de la planta, las condiciones climáticas específicas de la zona donde se cultivó la planta y el proceso de degradación que se haya presentado hasta su recolección o análisis. El endocarpio, la capa más interna del coco, es responsable de absorber la energía de los impactos. Su estructura en forma de escalera, con células rodeadas por varios anillos lignificados, unidos entre sí por puentes paralelos, les confiere una alta resistencia a los golpes. Esta estructura podría aplicarse a la disposición de las fibras textiles dentro del hormigón para permitir la deflexión de las grietas. Las fibras textiles, dispuestas en un ángulo distinto al de las fibras del endocarpio, podrían ayudar a absorber la energía de los impactos y evitar que el hormigón se agriete.

La gran utilidad de esta fibra radica en su capacidad para estirarse, por lo que tienen diferentes usos tanto en la industria de ornamenta como de construcción, así mismo tiene potenciales aplicaciones en la química analítica y el tratamiento

de efluentes industriales, es utilizado como medio absorbente en la eliminación de metales pesados, Wang et al., (2023).

La cáscara del fruto del cocotero constituye cerca del 85% del peso total del fruto. Su composición es de 33,30% lignina, 30,58% celulosa, 26,70% hemicelulosa, 8,86% agua y 0,56% ceniza. De acuerdo a varias investigaciones se ha comprobado que la cáscara de coco en forma de fibra o polvo tiene potencial para ser empleada en la producción de nanopartículas de magnetita semicristalinas, biosorbentes para la sorción de iones, aislamiento térmico, aglomerados, paneles y sustratos para siembra de hortalizas y frutas como berenjenas, melones y tomates. Además, se puede utilizar como refuerzo en matrices poliméricas y como agregado al cemento para la construcción civil. (Nunes et al., 2020)

Fig 13. Estructura del endocarpio de coco
Fuente: <https://construinnova.net/2017/03/23/de-cocos-y-estructuras/>



Respecto al endocarpio, afirma Construnova (2017), que la composición química del endocarpio de coco, como en cualquier otra fibra o corteza, depende de diferentes factores como la edad de la planta, las condiciones climáticas específicas de la zona donde se cultivó la planta y el proceso de degradación que se haya presentado hasta su recolección o análisis. El endocarpio, la capa más interna del coco, es responsable de absorber la energía de los impactos. Su estructura en forma de escalera, con células rodeadas por varios anillos lignificados, unidos entre sí por puentes paralelos, les confiere una alta resistencia a los golpes. Esta estructura podría aplicarse a la disposición de las fibras textiles dentro del hormigón para permitir la deflexión de las grietas. Las fibras textiles, dispuestas en un ángulo distinto al de las fibras del endocarpio, podrían ayudar a absorber la energía de los impactos y evitar que el hormigón se agriete.

El endocarpio, según (Elsevier, 2017) está constituido mayormente por celulosa, hemicelulosa y lignina. Todos estos polímeros se caracterizan por tener anillos aromáticos y presencia del grupo hidroxilo (-OH). La celulosa es un polisacárido formado por unidades de glucosa. La hemicelulosa está formada por diferentes monómeros, entre los cuales se caracterizan la glucosa, galactosa, manosa, arabinosa y xilosa (Fernández, I., 2022). La lignina se destaca por la presencia de unidades de vainillina y siringilaldehído.

Las anteriores lignocelulosas tienen anillos relativamente neutros y estables. Sin embargo, la presencia de los grupos aldehído (-CHO), hidróxilo (-OH) y éter (-O-) dentro del anillo, les otorga un carácter polar (Fernández, I., 2022). Por lo tanto, el endocarpio puede formar una buena interfase con un polímero que posea una estructura química semejante, de modo que los "polos" positivos del refuerzo interactúen con los polos negativos de la matriz y viceversa. Por esta razón se seleccionaron el poliuretano y el almidón para ser reforzados con endocarpio de coco pulverizado (Frutas & Hortalizas, 2018).

3.3. Materiales compuestos, aplicación de los residuos del coco.

El desarrollo de nuevos materiales es una tendencia importante en la tecnología de materiales. Los materiales ligeros son especialmente valiosos, ya que pueden reducir el consumo de energía y mejorar el rendimiento. Las fibras de coco son un material natural que tiene propiedades adecuadas para aplicaciones ligeras, lo que convierte a este material residual en un componente clave en una variedad de diseños de materiales, incluidos aquellos destinados a la absorción de energía y materiales compuestos. Los materiales biológicos también son una opción prometedora para aplicaciones ligeras, ya que son renovables y tienen un impacto ambiental menor que los materiales tradicionales (Liu et al., 2017).

Los materiales compuestos de fibras naturales como la fibra del coco son una alternativa ecológica y sostenible a los materiales convencionales, como los plásticos. En el estudio de (Krishnanunni et al., 2023), se investigó la idoneidad de un compuesto hecho de escoria de cobre y fibra de coco para una aplicación de paneles de techo. Los resultados del estudio demostraron que el material compuesto posee diferentes propiedades en las diferentes composiciones. Las propiedades del material en cuanto a la resistencia a la compresión y la dureza de la superficie, son comparativamente superiores a las de los paneles de yeso que se han comercializado como material de construcción. Además, la conductividad térmica del material compuesto es menor que la de los paneles de yeso y los paneles compuestos de aluminio disponibles comercialmente. Por lo que el material compuesto de escoria de cobre y fibra de coco tiene un gran potencial para ser utilizado como sustituto de los paneles de yeso y los paneles compuestos de aluminio en aplicaciones de techos.

Los residuos de coco tienen un gran potencial de reutilización y valoración. Según (Nunes et al., 2020), los residuos del fruto del cocotero pueden tener una segunda vida como materia prima para la fabricación de diversos productos, con aplicaciones que van desde productos de jardinería y artesanía hasta

briquetas. El aprovechamiento de estos residuos representa una oportunidad para reducir el impacto ambiental y generar beneficios económicos. De acuerdo con Fabbri et al. (2021), las fibras de coco son un material natural con propiedades aislantes térmicas que las convierten en una alternativa sostenible a los materiales tradicionales, pueden considerarse entre los “materiales exóticos de aislamiento térmico”, que son materiales de diversos orígenes distintos del material normal utilizado en el aislamiento de edificios. Estas fibras se pueden aplicar a tableros sin aditivos químicos, mezclarse con otros materiales reciclados, utilizarse como relleno en materiales de construcción o incorporarse a otras sustancias para diferentes aplicaciones.



Fig 14. Azulejos de fibra de coco. Fuente: autor de tesis.

Un estudio reciente evaluó el potencial de los morteros modificados con fibras de coco para mejorar el confort térmico en viviendas de interés social. Los resultados mostraron que la incorporación de un 15% de fibra de coco en los morteros puede mejorar sus propiedades térmicas y mecánicas. El valor calorífico específico se duplica, la resistencia a la compresión aumenta un 2,47% y la conductividad térmica disminuye de 1,4 a 0,27 W/mK. lo que podría traducirse en ahorros significativos en los costos de refrigeración. Además, los morteros modificados con fibras de coco son un material sostenible y de bajo costo, lo que los hace una opción atractiva para proyectos de vivienda social en países en desarrollo (Quiñones-Bolaños et al., 2021).

Son varias las aplicaciones que puede tener la fibra de coco y los beneficios que aporta la adición de este residuo en la creación de nuevos materiales. Por ejemplo, el empleo de la fibra de coco como refuerzo en el hormigón para mejorar la resistencia y durabilidad del material (Andiç-Çakir et al., 2014). Además, la incorporación de la fibra de coco a compuestos de polímeros epoxi reforzados, contribuyen al mejoramiento de sus propiedades (Prakash Marimuthu et al., 2019). Así como también la combinación de lodo y biocarbón de fibra de coco ha demostrado estabilidad frente a metales pesados y capacidad para absorber el antibiótico ciprofloxacina del agua (Yang et al., 2022). La fibra de coco, que se prepara en forma de matriz, se mezcla con resinas apropiadas para lograr una unión adecuada del material, donde los resultados de la experimentación se comparan con otros tipos de compuestos poliméricos reforzados (CONPES, 2018). Las diferentes aplicaciones de este residuo evidencian el potencial para incorporar eficientemente residuos de coco en nuevas matrices de materiales compuestos.

Los materiales compuestos juegan un papel vital en el mundo de la fabricación actual debido a su peso ligero con una resistencia razonable. Estos son materiales que combinan dos o más materiales diferentes para obtener propiedades superiores a las de los materiales individuales, mejorando las características particulares de una fibra. (Iturralde Mucarsel, F., 2021). La fibra de coco, que se prepara en forma de matriz, se mezcla con resinas apropiadas para lograr una unión adecuada del material, donde los resultados de la experimentación se comparan con otros tipos de compuestos poliméricos reforzados (CONPES, 2018).

Un estudio exploratorio desarrollado por Vásquez y Bach (2020), demostró que es posible utilizar fibra de coco natural en hormigón sin necesidad de molerla. Esto se logra mediante una secuencia de incorporación de los materiales a la hormigonera y tiempos adecuados. El estudio encontró que, al utilizar esta técnica, es posible obtener resultados comparables a los obtenidos al moler la fibra de coco. Esto es importante porque haría competitiva a la fibra de coco natural, que es un material más barato y sostenible que la fibra de coco molida. Por ejemplo, el estudio encontró que, al sustituir el 20 % del cemento por fibra de coco natural y el 10 % por ceniza de cascarilla de arroz residual, se obtuvieron niveles de resistencia similares a los obtenidos al sustituir el 30 % del cemento por fibra de coco molida. Si esta alternativa de evitar el proceso de molienda resultara viable, las posibilidades de empleo de la fibra de coco natural crecerían significativamente. (Hernández, J., 2012).

Con el incremento de la construcción de viviendas, existe una demanda creciente de materias primas. Con la creciente demanda, se están incorporando diversas modificaciones en el empleo de materiales de construcción convencionales para aplicaciones específicas con el fin de reducir costos y alcanzar los estándares de calidad (Moreno, J., 2016). Elsevier (2017), en sus investigaciones en la industria de la construcción, atribuye que la fibra de coco como agregado con el cemento, tiene grandes ventajas por presentar resistencia al fuego, a las condiciones climáticas elevadas y bajas, tampoco se agrieta y es mucho más ligero que otros materiales de la construcción. Por ello en la fabricación de placas con hormigón la fibra de coco expande su aislamiento acústico y térmico tanto en paredes como techos.

Quiñones et al. (2017) investigaron el uso de fibra de estopa de coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto. La fibra se obtuvo como residuo de la industria alimenticia en el Valle del Cauca, Colombia. Los investigadores evaluaron las propiedades físicas, químicas y mecánicas de la fibra. También evaluaron las propiedades físicas y mecánicas de morteros reforzados con fibra de estopa de coco en volúmenes de 0.5 y 1.5% y longitudes de 2 y 5 cm. Los resultados mostraron que la incorporación de fibra de estopa de coco mejora las propiedades mecánicas del concreto, en particular la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción indirecta y la resistencia a la flexión. La incorporación de fibra de estopa de coco disminuyó la deformación máxima en todos los casos. Esto se debe a que las fibras de coco actúan como refuerzos, lo que ayuda a distribuir la carga y evitar que el concreto se agriete. El estudio de Quiñones et al. (2017) demuestra que la fibra de estopa de coco es un material prometedor para mejorar las propiedades mecánicas del concreto.

El efecto principal de la adición de residuos de coco sobre el hormigón endurecido se obtiene por la reacción de éstas, esta reacción aumenta las reacciones a la compresión y a la tensión, disminuye la permeabilidad, reduce la filtración y mejora la resistencia del concreto al ataque de los sulfatos, Demera et al., (2018). También los resultados de otras investigaciones señalan que la sustitución de cemento portland por estopa de coco y ceniza de bagazo de caña puede llegar a ser hasta del 30% sin que se produzcan afectaciones en su resistencia a la compresión (Arenas, F., 2018). Una mezcla de hormigón que contiene 5% de un aditivo de residuo vegetal gana hasta un 25% de mayor fuerza que una mezcla libre, informa la Universidad Estatal Paulista (Echeverría, A. y López, O., 2014).

Según Ecohabitar (2020), la fibra de coco se ha convertido en un componente importante para reforzar el concreto. Aunque no es una técnica nueva en la industria de la construcción, se remonta a años anteriores a la aparición del cemento Portland y el concreto. En ese entonces, se utilizaban materiales de residuos vegetales que se agregan a mezclas de cal para evitar fisuras y mejorar la resistencia y tensión de las paredes. De acuerdo con Newsletter (2019), el concreto reforzado con fibras naturales no solo puede soportar cargas originadas por la flexión, sino que también debe ser duradero. La durabilidad del concreto reforzado con fibras naturales está relacionada con su resistencia al deterioro causado por factores externos e internos.

Arenas (2018), expresa que, en la evaluación estructural de un prototipo de cubierta de cemento con fibra de estopa de coco, es importante y su diseño debe encontrar la dosis adecuada para que esta sea viable y emplear como un medio de construcción sostenible y el panel como cualquier muro de construcción debe tener las mismas características que existen en el mercado, pero a menor precios con los que se emplean en la construcción de los tradicionales y que contaminan el medio ambiente.

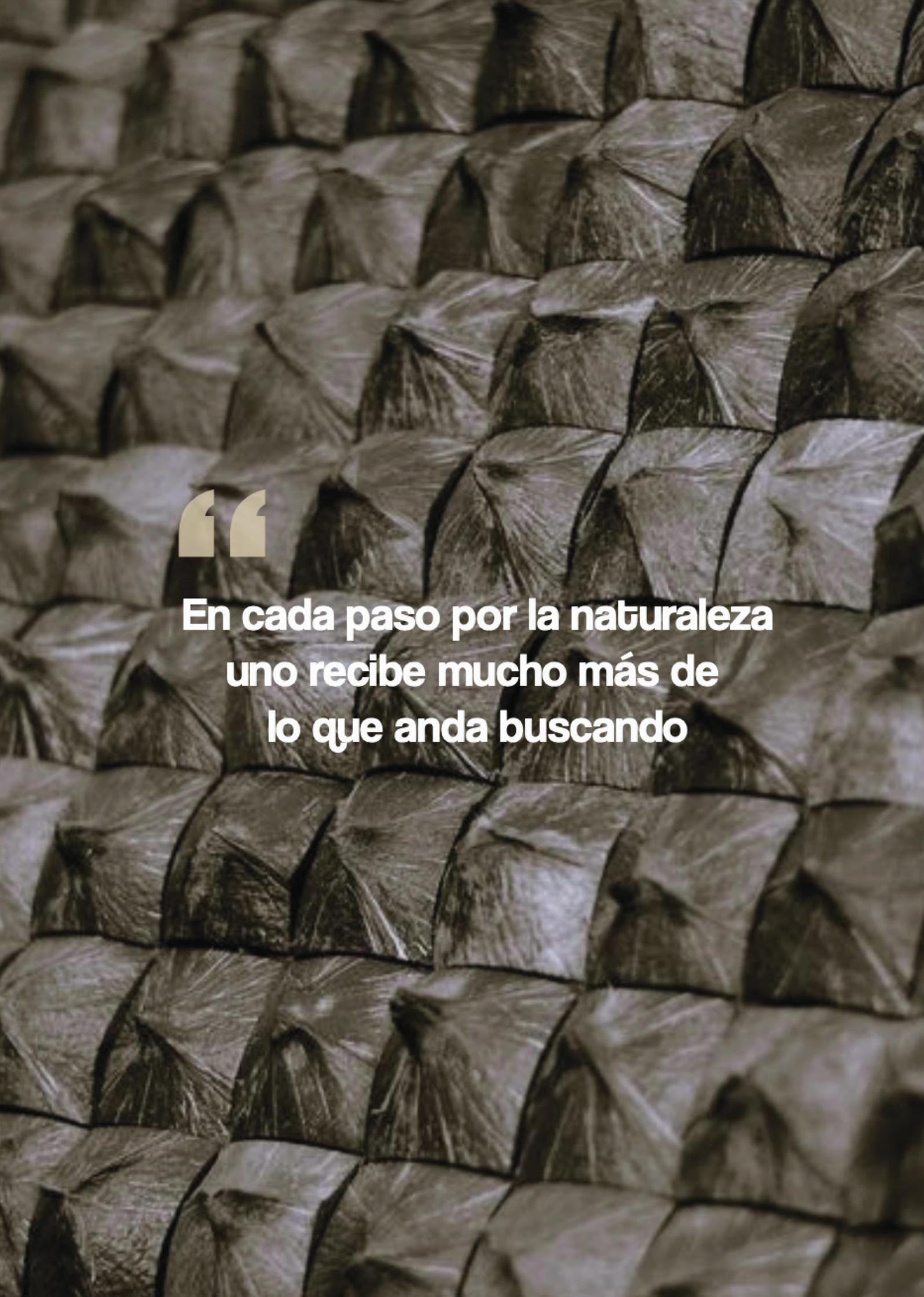
Trujillo y Arias (2013), indican que, en la actualidad se elaboran paneles de fibrocemento, donde se mezcla la fibra de coco con cemento, para la utilización en muros de revestimiento de techos e incluso en encofrados de suelo. Debido a que mejora las propiedades del mismo cemento, en lo que concierne al aislamiento y flexibilidad que le da consistencia sismorresistente. Así mismo, permite un ahorro de tiempo en las construcciones, el cual en la actualidad ha permitido sustituir al amianto en la elaboración de fibrocemento, que es prohibido por tener efectos perjudiciales para la salud humana e incluso se ha intervenido en la elaboración de la fibra de coco molida en la elaboración de ladrillos.

El endocarpio de coco, o la concha dura del fruto, se utiliza para fabricar variedades de utensilios caseros y objetos artísticos, especialmente de tipo artesanal, así como también tableros de aglomerado. Debido a su composición similar a la de las maderas duras, con un mayor contenido de lignina y menor de celulosa, se utiliza directamente como combustible o para obtener carbón combustible y carbón activado. El carbón activado se emplea en filtros de purificación de agua, como descolonizador y adsorbente de malos olores, en la recuperación de solventes en el lavado en seco y como purificador de oro debido a su capacidad para fijar cloro libre, materia orgánica, olores y sabores. (Granados-Sánchez & Lopez-Rios, 2002).

4

Realidad de los residuos del coco en Ecuador

- 4.1 Legislación sobre el manejo de residuos agroindustriales en el Ecuador
- 4.2 Producción del coco en Manabí
- 4.3 Ciclo de uso del coco en Manabí



“

**En cada paso por la naturaleza
uno recibe mucho más de
lo que anda buscando**

4.REALIDAD DE LOS RESIDUOS DE COCO EN ECUADOR

4.1. Legislación sobre el manejo de residuos agroindustriales en el Ecuador

Para la república del Ecuador el cuidado de la naturaleza y bienestar integral de la ciudadanía es un derecho soberano, es así como en la Carta Magna del 2008 en el artículo 14 se establece que:

- **Art. 14.-** Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados. (p.13)

Revisando la Constitución de la República del Ecuador (2008), en lo que respecta a vivienda podemos conocer los siguientes artículos:

- **Art. 30.-** Las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica.
- **Art. 31.-** Las personas tienen derecho al disfrute pleno de la ciudad y de sus espacios públicos, bajo los principios de sustentabilidad, justicia social, respeto a las diferentes culturas urbanas y equilibrio entre lo urbano y lo rural(p.28).

Que, el numeral 8 del artículo 57 de la Carta Magna del 2008 establece que entre los derechos que se reconoce y garantiza a las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades está el: “Conservar y promover sus prácticas de manejo de la biodiversidad y de su entorno natural. El Estado establecerá y ejecutará programas, con la participación de la comunidad,

para asegurar la conservación y utilización sustentable de la biodiversidad.” (p.24)

Mientras que la Constitución de la República del Ecuador (2008) en su artículo 73 establece que:

- **Art. 73.**-El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.

Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional. (p.33)

Que de conformidad con el artículo 275 de la Constitución de la República del Ecuador (2008) menciona que:

- El régimen de desarrollo es el conjunto organizado, sostenible y dinámico de los sistemas económicos, políticos, socio-culturales y ambientales, que garantizan la realización del buen vivir, del Sumak Kawsay.
- El Estado planificará el desarrollo del país para garantizar el ejercicio de los derechos, la consecución de los objetivos del régimen de desarrollo y los principios consagrados en la Constitución. La planificación propiciará la equidad social y territorial, promoverá la concertación, y será participativa, descentralizada, desconcentrada y transparente.
- El buen vivir requerirá que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades gocen efectivamente de sus derechos, y ejerzan responsabilidades en el marco de la interculturalidad, del respeto a sus diversidades, y de la convivencia armónica con la naturaleza. (p.89)

En el decreto número 1449 del 22 de noviembre del 2008, suscrito por Rafael Correa Delgado, actualmente ex presidente constitucional de la República del Ecuador, publicado en el Registro Oficial 479, el 2 de diciembre de 2008, establece que:

- Que, el desarrollo agropecuario, constituye un objetivo permanente de las políticas de Estado, para el desarrollo prioritario, integral y sostenido de las actividades: agrícola, pecuaria, acuícola, pesquera y agroindustrial;

- Que, es obligación del Estado garantizar el nivel adecuado de protección de la salud de los consumidores tomando en cuenta todas las etapas de producción, transformación y comercialización de alimentos;
- Que, el Ecuador debe cumplir con las disposiciones y normas constantes en los diferentes acuerdos y tratados internacionales suscritos legalmente en estas áreas;
- Que, el Estado ecuatoriano tiene la obligación de proteger y garantizar a la población productos de calidad para su uso y consumo;
- Que las cadenas productivas agropecuarias requieren de un soporte técnico e institucional para mejorar los procesos orientados al acceso a los diversos mercados internacionales;
- Que, es indispensable instituir dentro de la estructura del Sector Público una instancia, técnica, operativa y administrativa, moderna, eficiente y eficaz, que asuma las competencias y responsabilidades, conducentes a promover sistemas integrados de gestión de calidad en la producción de alimentos de consumo de la población para garantizar la seguridad y soberanía alimentaria;(p.1)

Leyendo en la información disponible en la Ley de Gestión Ambiental, Codificación (2004), podemos conocer que:

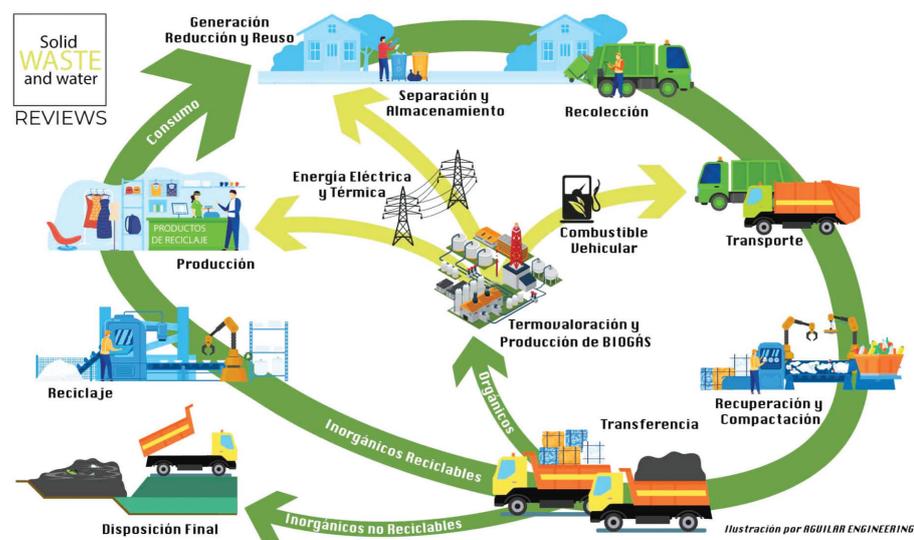
- **Art. 2.-** La gestión ambiental se sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y respecto a las culturas y prácticas tradicionales.
- **Art. 4.-** Los reglamentos, instructivos, regulaciones y ordenanzas que, dentro del ámbito de su competencia, expidan las instituciones del Estado en materia ambiental, deberán observar las siguientes etapas, según corresponda: desarrollo de estudios técnicos sectoriales, económicos, de relaciones comunitarias, de capacidad institucional y consultas a organismos competentes e información a los sectores ciudadanos. (p. 1)

Que el Código Orgánico del Ambiente (2018), en su artículo 27 establece que:

- Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales en materia ambiental. En el marco de sus competencias ambientales exclusivas y concurrentes corresponde a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales el ejercicio de las siguientes facultades, en concordancia con las políticas y normas emitidas por los Gobiernos Autónomos Provinciales y la Autoridad Ambiental Nacional:
 6. Elaborar planes, programas y proyectos para los sistemas de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos o desechos sólidos;
 7. Generar normas y procedimientos para la gestión integral de los residuos y desechos para prevenirlos, aprovecharlos o eliminarlos, según corresponda; (p. 19)

Los gobiernos autónomos descentralizados metropolitanos y municipales tienen la responsabilidad de planificar, regular y controlar la gestión integral de residuos y desechos, con el objetivo de prevenirlos, aprovecharlos o eliminarlos de manera sostenible. Para ello, pueden elaborar planes, programas y proyectos para los sistemas de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos o desechos sólidos. También pueden generar normas y procedimientos para la gestión integral de los residuos y desechos, con el fin de promover la reducción, reutilización, reciclaje y compostaje.

Fig 15. Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos
Fuente: <http://aguilar.engineering/gestion-integral-de-desechos-solidos/>



4.2. Producción del coco en Manabí.

El cocotero, *Cocos nucifera* L., también conocido como el árbol de la vida, es una palmera originaria de las regiones tropicales y subtropicales, cultivada en todo el mundo. Se adapta mejor a los terrenos bajos cercanos al mar, con aguas freáticas y abundantes lluvias. Los cocoteros comienzan a producir frutos a partir de los cinco años de edad, y su producción alcanza su máximo entre los 15 y los 50 años. A partir de entonces, la producción disminuye gradualmente hasta que el árbol muere, a los 60 o 70 años. (FAO, 1986).

La drupa de coco es un fruto con características excepcionales, que se utiliza de diversas maneras en la provincia de Manabí, donde los cantones de Portoviejo, Rocafuerte, Pedernales, Manta, Tosagua, Chone y Jama son los principales productores (INEC, 2020).

Según una investigación realizada por San Andrés y Aguilar (2022) la producción de coco en el 2019 era de 6,2 t, de los cuales 1,8 t le corresponden a Manabí, los cantones de esta provincia con mayor producción de coco son: Rocafuerte y Portoviejo. El estudio también determinó que la provincia de Manabí tiene una superficie de siembra de 1.975 hectáreas y una producción anual de 1.370 toneladas en el año 2020, según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2020).



Fig 16. Comercialización del coco en Manabí.

Fuente: <https://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/359900-el-coco-siempre-genera-dinero/>

Estos mismos autores, señalan que la utilización de los residuos del coco ha ido en aumento en los últimos años. Sin embargo, estos residuos aún son desaprovechados por diversos sectores, como el agroindustrial, el manufacturero y el de la construcción. Los residuos del coco son un problema ambiental que puede convertirse en una oportunidad para la elaboración de materiales compuestos debido a las propiedades que presenta la fibra de coco, por lo que estos residuos pueden ser considerados como un recurso valioso. Así mismo es evidente la existencia de poca información actualizada sobre el manejo y la reutilización de los residuos del coco, lo cual hace conveniente llevar a cabo investigaciones en base a una economía circular, que permita generar un mayor valor agregado a este material, al mismo tiempo que se reduce su impacto ambiental. (San Andrés Zevallos, G. & Aguilar Sierra, S., 2022)

El Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca (2021), afirma que la economía circular en el país se ha convertido en un proceso importante en el aprovechamiento de recursos. Este proceso se basa en la reducción, reutilización y reciclaje de residuos de los diferentes procesos de producción. De esta manera, se fomenta la economía sostenible, que tiene beneficios en diversos ámbitos, como el empleo en los diferentes modelos circulares de las actividades y la conservación del medio ambiente.

Por ello se busca mejorar y promover políticas públicas, mediante acciones concretas que permitan desarrollar un adecuado desarrollo sostenible reutilizando los residuos generados por el sector de la agroindustria, junto con varios actores de la sociedad civil y entidades de cooperación.

En la investigación de San Andrés et al, 2023 sobre la caracterización morfológica, física y química de residuos de coco en Ecuador, se evaluaron estas propiedades mencionadas, con el objetivo de explorar posibilidades para su reutilización. En el estudio se indica que, en Ecuador, la producción de coco es una actividad importante para la economía de las provincias costeras de Manabí y Esmeraldas. Sin embargo, existe una falta de datos oficiales sobre esta actividad, lo que dificulta su planificación y gestión. Un problema que enfrenta esta industria es la gran cantidad de residuos que genera, que a menudo se incineran o se descartan en rellenos sanitarios. Estos residuos tienen un alto potencial de reutilización, pero se requiere más investigación para desarrollar tecnologías y procesos eficientes para su aprovechamiento. Este estudio es un aporte importante para el desarrollo de la industria del coco en Ecuador. Los resultados proporcionan información fundamental para el desarrollo de tecnologías y procesos eficientes para la reutilización de los residuos de coco.



Fig 17. Imágenes de residuos de coco (a) Parroquia Abdón Calderón en Portoviejo, junio de 2021 (b) Sitio Sosote de Rocafuerte, julio de 2021. Fuente: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844023064757>

4.3. Ciclo de uso del coco en Manabí

Manabí es la segunda provincia de mayor producción de coco del país, dentro de ella, los cantones Portoviejo, Rocafuerte y Pedernales, poseen la mayor extensión de tierra para ese cultivo según el estudio realizado (Agrocalidad, 2020).

El Objetivo general de las entrevistas es el levantamiento de información cualitativa del estado actual del ciclo de vida del coco, identificando los tipos de cocoteros y enfatizando la gestión de los residuos, en las comunidades y parroquias más importantes dentro de la cadena del uso del coco, en los cantones Portoviejo, Rocafuerte y Manta.

Según un artículo de la revista Líderes (2017), la producción de coco en Ecuador se concentra en cuatro provincias: Esmeraldas, Manabí, Guayas y Loja. En estas provincias se cultivan tres variedades de coco nucífera: enano, gigante e híbrido. Esmeraldas es la provincia con mayor producción de coco en Ecuador, con un 77,26% del total nacional. Manabí ocupa el segundo lugar, con un 18,72%. Para la producción de coco, el último censo agropecuario reflejó una utilización de apenas 1.975 hectáreas en la provincia de Manabí; sin embargo, las posibilidades de expansión son muchas ya que crece robusto a orillas del mar, sin que la salinidad afecte su desarrollo y promoviendo un auténtico plan de fomento podría lograrse la reconversión de los actuales árboles envejecidos o la siembra en otros sitios, con iguales o mejores condiciones productivas (MPCEIP, 2021).

En Manabí, la gran mayoría de las empresas son microempresas, que representan el 98,8% del total de negocios. Sin embargo, sus ventas representan solo el 1,33% del monto provincial. Por otro lado, las grandes compañías, que representan solo el 0,29% de las empresas, vendieron el 56,53% del monto de Manabí. En la parroquia Riochico, de la provincia de Manabí, se estima que existen unos 520 productores de coco, que cultivan un promedio de 2,25 hectáreas por persona. Esto representa unas 1.975 hectáreas dedicadas a la producción de coco, lo que equivale al 96,53%



Fig 18. Mapa de cultivo de coco en la provincia de Manabí. Fuente: Revista La Técnica. Revista de Agrociencias (2020)

del total sembrado en la provincia. Estos datos sugieren que Riochico es un importante centro de producción de coco. Por lo tanto, es importante desarrollar estrategias de cambio que permitan continuar la producción agrícola de la zona, generar un modelo de diversificación para elevar la calidad de vida de sus habitantes, y utilizar las capacidades, conocimientos y habilidades existentes para contribuir al desarrollo local. (INEC, 2020).

La agricultura en la provincia de Manabí ha logrado excelentes resultados en la agricultura nacional, ha ocupado el primer puesto de todas las provincias del Ecuador en lo relacionado a la superficie de labor agrícola. Los productores que se dedican a la producción de coco y a la agricultura de manera general en la provincia, devengan su sustento de la venta de coco fresco y de otros productos agrícolas a muy bajo precio, afrontando los constantes cambios de los precios del mercado además de los altos costos de transporte, intermediación y almacenamiento, que ponen en riesgo su competitividad en el mercado nacional.

De acuerdo con la investigación de Romero et al., (2020) sobre la cadena agroalimentaria del coco, los proveedores son el primer eslabón de la cadena de suministro del coco en Manabí. Su función es abastecer a los agricultores de insumos agrícolas, como fertilizantes y agroquímicos, para el cuidado de sus plantaciones. Los proveedores pueden ser locales, provinciales o nacionales. Los productores de coco en Manabí suelen comprar sus insumos en el mismo cantón donde se encuentran sus plantaciones. Los productores son el segundo eslabón de la cadena de suministro del coco en Manabí. Su función es cultivar y cosechar el coco para abastecer a los mercados locales y nacionales. Las plantaciones de coco suelen ser atacadas por plagas, como ácaros, cernidera, anillo rojo y gualpa. Las palmeras de coco producen cocos de las variedades manila, manilón, criollo y morado, entre verdes y secos durante todo el año.



Fig 19. Cosecha de coco
Fuente: Autor

Los productores de estos cantones representan el 96,53% del total sembrado en la provincia. La entrevista utilizada a los 20 productores permitió conocer la extensión de hectáreas totales, cultivadas de coco, número de plantas, toneladas por hectárea y rendimiento, según (INEC, 2020). Para determinar las toneladas por hectáreas se consideró una producción anual de 100 cocos por cada planta, número obtenido del estudio de la literatura y ratificado en las entrevistas con los productores, es la mayor cantidad de coco que puede producir una palma de coco al año. De igual manera se promedia el peso de cada coco a 1kg para el presente estudio.

Los datos estadísticos analizados muestran que el rendimiento promedio para los productores estudiados es de 9,04% aunque el total de hectáreas cultivadas es de 45, las que producen un total de 404 toneladas, lo que trae consigo un rendimiento neto de 8,97 toneladas por hectáreas (Lexis Finder, 2017). Por ello el rendimiento de la producción de coco está por encima del valor nacional e internacional. A pesar de eso la diversificación de la producción de coco aún es insuficiente.

En las entrevistas a los productores de coco se pudo determinar también que existen barreras para la asociatividad entre ellos, la desconfianza a los resultados de los beneficios de la integración, temor a perder la independencia en las decisiones individuales y poco interés en el cambio. Otras debilidades que impiden la diversificación y las fortalezas que incidirán en la mejora de la diversificación de la producción de coco (Velasco,B., 2017).

De acuerdo al estudio realizado por San Andrés et al., (2023), en Manabí, Ecuador, se analizó el uso de los residuos de coco en el ciclo de vida de este producto. Los agricultores utilizan los residuos de las palmas y la fibra de los troncos como abono, mientras que los pequeños comerciantes incineran los cocos que ellos mismos venden. El cantón de Manta, que tiene un alto consumo de coco, envía los residuos generados por sus comerciantes y consumidores a los rellenos sanitarios municipales. Por su parte, los artesanos, los astilleros y dos pequeños productores de sustrato de coco reutilizan los residuos de coco.

A pesar del aumento de las investigaciones sobre el uso de los residuos de coco, la cantidad de residuos generados y desaprovechados por esta industria sigue siendo preocupante. Los residuos de coco pueden tener un valor agregado para diversos materiales de construcción y para los distintos actores involucrados en la producción y distribución de productos

de coco. Sin embargo, existe muy poca información sobre el estado actual del manejo y la utilización de los residuos de coco en Ecuador. Esto convierte a Ecuador en un escenario ideal para llevar a cabo investigaciones y proyectos que incorporen el uso de estos residuos dentro de una economía circular, generando valor agregado y disminuyendo la cantidad de residuos derivados de esta industria, San Andrés et al., (2023),

El consenso muestra las principales fortalezas y debilidades, entre las que se destacan la experiencia de los productores, la calidad del coco, las buenas condiciones ambientales, la atención cultural y las relaciones con autoridades locales, sin embargo, existen fuertes debilidades como la escasa comercialización asociativa, desorden en el mercado, caminos deteriorados y elevados requisitos para créditos bancarios.

Investigadores como Orbe, T. (2008), manifiestan que el uso de las fibras orgánicas provenientes de desechos agrícolas y agroindustriales son una alternativa sostenible para la elaboración de materiales de construcción, ya que estas fibras son amigables con el ambiente, reciclables y de bajo costo. Esta información fue

expuesta en el V Congreso Internacional de Fibras Naturales, organizado por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, en el cual se presentaron proyectos de construcción con fibras naturales de maní, coco, espárragos, caña de azúcar, abacá, palma africana y bambú.



Fig 20. Cosecha de coco
Fuente: Autor

Los residuos de coco se han transformado y combinado con otros materiales para crear nuevos productos, como membranas de filtración de agua, tableros aisladores térmicos y acústicos, hormigón y matrices poliméricas de polipropileno y polietileno reforzadas. Estas investigaciones han dado lugar a la creación de nuevas empresas que se dedican a la producción de estos productos. (San Andrés Zevallos, G. & Aguilar Sierra, S. , 2022).

Aulestia (2020) estudió el uso de fibras de coco como agregado en cemento para la construcción en Ecuador. Se encontró que las fibras de coco en porcentajes elevados (2.50%, 5% y 10%) reducen la resistencia a la compresión del hormigón, lo que puede ocasionar fisuras y porosidad, afectando las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla. Las fibras de coco expuestas en la superficie del hormigón provocaron irregularidades en la misma, lo que hizo que el acabado superficial no fuera satisfactorio. Este problema se observó en probetas sometidas a la norma ASTM C39 y a la técnica INEN 297, a los 7, 14 y 21 días. Por ello, se recomienda su uso en paredes decorativas de interior, donde no se requiere una gran resistencia.

El desafío es encontrar alternativas de desarrollo sostenibles que tengan un impacto socioeconómico positivo en la región y aseguren su competitividad en el mercado, como la que deviene este estudio sobre la producción de coco en la provincia de Manabí. Todo este proceso pretende generar oportunidades de mercado en torno al coco aportando a la economía y el desarrollo social de la región (INEC, 2020).

4.3.1. Metodología

La presente investigación cualitativa se divide en grupos de actores entrevistados según su accionar en el ciclo de vida del coco en Manabí, los actores son:

1. Agricultores.
2. Pequeños, medianos y grandes comerciantes.
3. Recicladores.
4. Usuarios del nuevo material.
5. Consumidores del fruto coco.

Para el levantamiento de información de las especies de cocoteros, tiempo y cantidad de cosecha y gestión de residuos, se realizaron treinta entrevistas a agricultores y empresarios de las zonas de San José de Peñas, Sosote, El Resbalón, Danzarín

en el Cantón Rocafuerte, y Río Chico y Abdón Calderón en el Cantón Portoviejo. Los entrevistados fueron elegidos con base en la información proporcionada por los gobiernos municipales de ambos cantones y las plantaciones consideradas para la investigación abarcaron un área total de 315 ha.

Las preguntas planteadas para llevar a cabo las entrevistas fueron:

1. ¿Qué tipo de palma de coco tiene sembrada?
2. ¿Desde la siembra de la palma, ¿en qué tiempo se obtiene la primera cosecha?
3. ¿Cuántas Ha. tiene sembrada con palma de coco?
4. ¿Cuántos coco cosecha y con qué frecuencia? (semana)
5. ¿Es la cosecha estacional? ¿Cuándo cosecha más y cuándo menos?
6. ¿Qué hace con esta cosecha de coco?
7. ¿Quiénes son sus compradores?
8. ¿Qué hace con los cocos que no se venden?
9. ¿Qué residuos quedan después de la cosecha y venta?
10. ¿Qué hace con estos residuos del coco?
 1. Describa ¿qué proceso le realiza a los residuos?
 - 1.1. ¿Usa químicos?
 - 2.2. ¿Qué tiempo se demora el proceso?
 2. ¿A quién le entrega o vende los residuos procesados?
 3. ¿Cada que tiempo entrega los residuos procesados?
11. ¿A Siquién se los entrega o vende? (Si vende o entrega los residuos, se genera esta pregunta)
12. ¿Causa alguna molestia o enfermedad la aglomeración de los residuos de coco en su finca?
13. ¿Usted ha enviado al botadero municipal los residuos de coco?
 1. ¿Cada que tiempo?
14. ¿Usted ha incinerado los residuos de coco?
 1. ¿Cada que tiempo?
15. ¿Usted ha incinerado los residuos de coco?
 1. ¿En qué?

Las entrevistas dirigidas a los comerciantes pequeños, medianos y grandes, cumple el objetivo de conocer la dotación, cantidad de venta de coco y la gestión de los residuos, las 10 entrevistas aplicadas en los cantones Rocafuerte, Manta y Portoviejo, responde a las siguientes preguntas:

1. ¿A quién le compra el coco?
2. ¿Cuántos cocos compra por semana?
3. ¿Cuántos cocos vende o usa por semana?
4. ¿Genera algún residuo la comercialización o el excedente de cocos sobrantes?
 1. ¿Qué hace con este residuo?
5. ¿La dotación del coco es constante durante todo el año?
6. En caso que use el coco como materia prima, ¿qué producto obtiene?
7. ¿Todo el coco que compra, lo logra usar o vender?
8. ¿Qué hace con los residuos del coco?
 1. Describa ¿qué proceso le realiza a los residuos?
 - 1.1. ¿Usa químicos?
 - 2.2. ¿Qué tiempo se demora el proceso?
 2. ¿A quién le entrega o vende los residuos procesados?
 3. ¿Cada que tiempo entrega los residuos procesados?
9. ¿Causa alguna molestia o enfermedad la aglomeración de los residuos de coco en su lugar de almacenamiento?
10. ¿Usted ha enviado al botadero municipal los residuos de coco?
 1. ¿Cada que tiempo?
11. ¿Usted ha incinerado los residuos de coco?
 1. ¿Cada que tiempo?
12. ¿Ha usado alguna vez algún residuo del coco? ¿en qué?
13. ¿Cuál ha sido el mayor desafío respecto a los residuos del coco?
14. ¿En qué le gustaría transformar el residuo del coco?

Los recicladores de los residuos de coco, respondieron a 5 entrevistas formuladas, con el objetivo de conocer el uso que se les da a los residuos de coco. Las preguntas son:

1. ¿Dónde adquiere el residuo de coco?
2. ¿Compra o le regalan el residuo de coco?
3. ¿Qué parte de los residuos Ud. Acopia?
4. ¿Dónde almacena el residuo?
5. ¿Qué hace con los residuos que no le sirven o los desechos que provienen del proceso?
6. El residuo de coco que Ud. usa a la semana, ¿de cuántos coco proviene?
7. ¿Cuántas veces por semana adquiere el residuo?
8. ¿Qué material u objeto obtiene desde este residuo?
9. Explique, proceso de elaboración del material.
 1. ¿Tiempo de elaboración?
 2. ¿Recursos usados?
10. ¿Para qué sirve del material obtenido?
11. ¿Cuál ha sido el mayor desafío respecto al material obtenido?

Los usuarios de los nuevos materiales obtenidos en base a los residuos de coco también respondieron a 5 entrevistas realizadas, que cumplen el objetivo de conocer el uso que se le da al nuevo material reciclado.

1. ¿Dónde adquiere el Nuevo Material?
2. ¿Para qué lo usa?
3. ¿Cuánto le cuesta?
4. Explique el proceso de uso.
5. ¿Qué otro material puede reemplazar al Nuevo Material?
6. ¿Qué ventaja tiene el material a base de coco respecto a otros más comunes?
7. Si se descompone el Nuevo Material, ¿qué hace con este nuevo residuo?
8. ¿Cuál ha sido el mayor desafío respecto al Nuevo Material?
9. ¿Qué otras cosas creen que puede hacerse a base del residuo del coco?

Como último grupo de actores están la mayoría de los ciudadanos de los cantones investigados, estos entrevistados son los consumidores del fruto directamente el agua de coco, con un total de 20 entrevistas, que cumplen con el objetivo de conocer el proceso de gestión del residuo de coco, de los consumidores en las diferentes zonas de la ciudad, playa y viviendas.

1. ¿A quién le compra el coco?
2. ¿Cuántos cocos compra por semana?
3. ¿Qué hace con los residuos del coco?
4. ¿Usted ha usado alguna vez estos residuos?
5. ¿Usted utilizaría algún material producto de este residuo?

4.3.2. Resultados

Según datos preliminares del Ministerio de Agricultura y Ganadería, la producción anual de coco en Ecuador en 2019 fue de 6,2 toneladas. Sin embargo, los investigadores creen que esta cifra está subestimada, ya que una sola empresa informó producir 90 toneladas por semana. Mediante el estudio se identificaron cuatro tipos de cocos cosechados en Ecuador: Manila (36,5%), Híbrido (30,2%), Manilon (28,0%) y Criollo (5,3%). Los cocos de Manila son los más populares debido a su agua dulce, mientras que los híbridos y manilones son preferidos por su mayor tamaño. Otro de los hallazgos de esta investigación involucra el cultivo de la variedad criolla, el cual se está viendo afectado por problemas de plagas. (San Andrés et al, 2023)

Según los resultados de las entrevistas, la mayoría de los actores involucrados en el ciclo de vida del coco, desaprovechan los residuos, es así como los agricultores en la provincia de Manabí utilizan un pequeño porcentaje de los residuos como abono para las mismas palmas de coco, al menos el 90% de los residuos del coco son incinerados, evitando de esta manera llevar los residuos de coco hasta el botadero municipal. De acuerdo a la información proporcionada por los entrevistados los tipos de palmas más comunes en la región son el manila y manilón, los cuales se cosechan entre los 2 y 3 años. Otro tipo de palma es la criolla, esta tarda entre 7 y 10 años en producir frutos. Siendo la producción promedio es de 300 cocos por hectárea por semana. La cosecha de coco es constante durante todo el año, aunque en invierno aumenta ligeramente. La totalidad de la producción se vende, principalmente a través de intermediarios que la transportan a la sierra ecuatoriana, mientras que los agricultores que cosechan menos cantidad suelen abastecer el mercado local. El precio que reciben por

los cocos a los intermediarios oscila entre 0,25 y 0,60 centavos, dependiendo del tamaño.

Continuando con los resultados de las entrevistas tenemos a los comerciantes; se identificó que los comerciantes también se abastecen de coco de productores locales y venden el producto entero o como materia prima para dulces. Los pequeños comerciantes venden alrededor de 100 cocos semanales, las dulcerías ocupan entre 150 y 200 cocos semanales y los comerciantes medianos hasta 800 cocos semanales. En cuanto a la gestión de residuos, los comerciantes de coco en Ecuador tienen diferentes prácticas, los pequeños comerciantes acumulan los residuos hasta que los carros recolectores de desechos municipales los retira, por otro lado, los medianos comerciantes mencionaron que un pequeño porcentaje, regala o vende los residuos de coco para realizar artesanías o los cordones que se usan para el calafateo, esta información fue obtenida en el cantón de Manta; además, identificamos un gran comerciante que se dedica al embotellamiento del agua de coco y las fibras de coco las procesa para obtener el sustrato de coco que en la actualidad lo comercializa a nivel nacional.



Fig 21. Entrevista a comerciante de coco . Fuente: Autor

En Ecuador, la gestión de residuos de coco es un desafío. La mayoría de los comerciantes los entregan al recolector de basura, pero existen algunos ejemplos de reutilización. Según los resultados de las entrevistas realizadas a recicladores, se

conoce que: en Rocafuerte, un emprendedor recibe residuos de coco de una distribuidora local y los utiliza para crear adornos en forma de mono. El trabajo es artesanal y se tarda entre 4 y 5 horas en elaborar cada adorno, los mismos que son vendidos a \$15. En Portoviejo, la empresa Ecopacific entrega 10 toneladas semanales de coco a la industria BECO. Esta empresa separa la fibra del coco para obtener sustrato, que es vendido a floricultores en Quito. El resto de la fibra y la copra se almacenan en una finca propia, pero no se utilizan. El propietario de la empresa está en contacto con empresas de colchones y de materiales de construcción para buscar posibles usos para estos residuos, pero aún no ha encontrado una respuesta concreta. En Manta, los astilleros son los que más aprovechan la fibra de coco. Compran quintales de fibra limpia a pequeños comerciantes para la construcción y reparación de barcos. La fibra se utiliza para calafatear, una tradición que se ha comprobado que es eficaz en ambientes salinos. La fibra de coco se considera la mejor fibra natural para esta actividad.



Fig 22. Artesanía elaborada con residuos de coco Fuente: Autor

De acuerdo a las entrevistas dirigidas a los usuarios del nuevo material, manifestaron que el material empleado para la fabricación de muchas de las artesanías es a base de coco. Este material se adquiere de artesanos de Ecuador, Perú y otros países. El material ya viene procesado en distintas formas, como collares, monederos, carteras y recuerdos. El costo del material varía según el proceso de elaboración, pero suele ser de entre \$3 y \$10. El Nuevo Material se utiliza para la elaboración de

recuerdos de viaje, collares, pulseras y monederos para uso diario, y alcancías, lo que convierte a este material en posible sustituto del vegetal, también conocido como Tagua. El Nuevo Material también podría utilizarse para la elaboración de nuevos productos, como botones. Esto podría ayudar a reducir el desperdicio de material y a crear nuevos productos a partir de residuos, considerando que es un material sostenible y versátil que tiene un gran potencial para la elaboración de artesanías.

Continuando con la información obtenida de las entrevistas realizadas a usuarios de nuevos materiales a base de los residuos del coco, particularmente identificamos en el cantón Montecristi una empresa que se dedica a la elaboración de mantos estabilizadores de suelo, estos mantos son fabricados con fibra de coco y reforzados con mallas de acero o poliéster, lo resaltable de esta identificación es que la fibra de coco es importada desde la India, que a pesar que intentaron procesar la limpieza de la fibra en la misma empresa, les generaba más costo que importarla. Este material a base de coco tiene varias ventajas sobre otros materiales más comunes. Es biodegradable, sostenible y económico. Además, es resistente a la humedad y a la descomposición. El mayor desafío para la empresa es encontrar un proveedor de coco seco en Ecuador. Actualmente la empresa está investigando otras posibles aplicaciones para el material a base de coco, como la fabricación de placas para sustituir el gypsum, piezas automotrices, tableros tipo MDF, plantillas para zapatos, aislamiento térmico y placas para reemplazar el corcho.

Mediante las encuestas realizadas a los consumidores del fruto de coco, en los cantones Manta, Portoviejo y Rocafuerte, se identificó que el consumo promedio de coco es de 2 unidades por semana. El 80% de los encuestados lo consume en las tardes y en la playa. De las 25 personas entrevistadas, 2 mencionaron que en algún momento han usado el coco como macetero. El resto lo bota al tacho de basura. Estos resultados sugieren que el coco es una fruta popular en la costa ecuatoriana, especialmente para consumirse en las tardes y en la playa.

El estudio se realizó para investigar el uso de los residuos de coco en los cantones Rocafuerte y Portoviejo de Manabí. Esta investigación fue impulsada por los hallazgos en las visitas in situ a plantaciones de coco y centros de acopio, así como por las entrevistas realizadas. Los investigadores observaron que los residuos de coco se utilizan muy poco, lo que es una sorpresa ya que el coco es un cultivo importante en el país.



Características de los residuos de coco en Portoviejo

- 5.1 Obtención de muestras
- 5.2 Metodología de ensayos morfológicos, físicos, mecánicos, térmico y químico
- 5.3 Propiedades físicas, químicas, mecánicas, morfológicas y térmicas del mesocarpio del coco
- 5.4 Propiedades físicas, químicas, mecánicas, morfológicas y térmicas del endocarpio del coco

A photograph of a stone wall with a stone ledge and a tiled floor. The wall is made of large, rectangular stone blocks with a rough, textured surface. The ledge is made of a smoother stone. The floor is made of light-colored, square tiles. The lighting is dramatic, with strong shadows and highlights.

“

**Todo lo que hace la naturaleza
es útil.**

5. CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE COCO EN PORTOVIEJO

Las ciudades ubicadas en la costa ecuatoriana desempeñan un papel fundamental en la producción de coco en el país. Por esta razón, el enfoque de nuestro estudio se centra en la gestión de residuos de coco en Rocafuerte y Portoviejo, dos cantones que destacan como las principales productoras de coco en la provincia de Manabí.

Específicamente las muestras para los ensayos que permiten la caracterización minuciosa de los residuos del coco fueron tomados de una empresa embotelladora de jugo de coco, establecida en el cantón de Portoviejo, pero sus cultivos se extienden entre los dos cantones antes nombrados, superando una producción semanal de 95 t. Dentro de esta producción se encuentra las cuatro clases de coco cultivadas en el Ecuador que son Manila, Hídrido, Manilón y Criollo. (San Andrés Zevallos, G. & Aguilar Sierra, S. , 2022).

5.1. Obtención de las muestras

Las muestras fueron aleatoriamente escogidas entre todos los tipos de los residuos de coco, la preparación de cada muestra dependió de la necesidad específica del ensayo a realizar, sin embargo, para el desprendimiento de la fibra y del endocarpio del coco se aplicó el mismo proceso mediante la utilización de la máquina desfibradora, además para el endocarpio, se trituró con el martillo de proctoc de 4.5 kg y posteriormente se llevó a la máquina de los Ángeles, hasta la granulometría con pasante de los tamices # 4 hasta 30, Fig. 1a,b

Fig 1. (a)
Fibra
obtenida de
la máquina
desfibradora.
(b)
Endocarpio
triturado y
tamizado,
usado en la
investigación.



5.2. Metodología para ensayos morfológico, físico, mecánico, térmico y químico.

La metodología y equipos utilizados para la caracterización de la fibra y endocarpio del coco, se detalla de la siguiente manera:

La caracterización morfológica se realizó a través de Microscopio Electrónico de Barrido JEOL JSM 6490 LV. Las muestras se fijaron en una cinta de grafito y se recubrieron con oro empleando el equipo Denton Vacuum Desk IV. Se empleó el detector de electrones secundarios para evaluar la morfología y la topografía de las muestras. El análisis elemental se realizó mediante una Microsonda de rayos X-EDX (referencia INCA PentaFETx3 Oxford Instruments).

Las propiedades físicas como longitud, diámetros y peso específico, se obtuvieron a través de mediciones con regla metálica, microscopio óptico tipo Leica DM 750 y el peso específico se calculó empleando la ecuación 1.

$$\gamma = \frac{Pd}{V}.$$

Se caracterizaron cincuenta muestras de fibras, de las cuales, a lo largo de cada una de las fibras se tomaron 3 puntos de medición de diámetros. (San Andrés Zevallos, G. & Aguilar Sierra, S. , 2022).

Las propiedades mecánicas como resistencia a tracción y módulo de elasticidad, se obtuvieron con la máquina universal Shimadzu UH-F500Knx, precisión 0.00001. La resistencia a la tensión fue calculada aplicando la ecuación (1); la deformación unitaria con la ecuación (2); y el módulo de elasticidad de la fibra, aplicando la ecuación (3), cumpliendo con la norma ASTM D3822. (San Andrés Zevallos, G. & Aguilar Sierra, S. , 2022).

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad \varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Ec.(1) Ec.(2) Ec.(3)

Ec.(1). Esfuerzo de tensión

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

σ = Esfuerzo de tensión
 F = Fuerza
 A_0 = Área inicial

Ec.(2). Deformación unitaria

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

ε = Deformación unit
 Δl = Variación de longitud
 l_0 = Longitud inicial

Ec.(3). Módulo elasticidad

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

E = Módulo de elasticidadlongitud
 σ = Esfuerzo de tensión
 ε = Deformación unit

Para la caracterización térmica se aplicó el ensayo Análisis termogravimétrico (TGA; Q500, TA Instrument, Inc.) desde 23 °C hasta 900 °C a 10 °C/min bajo atmósfera de nitrógeno. Además del ensayo de Calorimetría diferencial de barrido (DSC; Q200, V24.11 Build 124) con muestras de 12.3 mg y temperatura desde 0 °C a 400 °C. (San Andrés Zevallos, G. & Aguilar Sierra, S. , 2022).

Para caracterización química se realizó un mapeo con el Microscopio electrónico de barrido (SEM) y Fluorescencia de rayos X (FRX) con el equipo Thermi ARL Optim´XWDXRF, el tipo de análisis es semicuantitativo con el software Uniquant y las condiciones del análisis fueron, humedad 41% y temperatura 24.7 °C. Las muestras de ceniza para la FRX se denominaron: para la fibra coco Fa, Fb, Fc, Fd, Fe, calcinadas a 500°C, 550°C, 600°C, 650°C, 700°C respectivamente Fig. 2a y las muestras de endocarpio se nombraron como E1, E2, E3, calcinado a 700°C, 750°C y 800°C respectivamente Fig. 2b, además de una muestra de cemento portland Holcim fuerte, tipo Gu como referente.



Fig 2. (a) Fibra calcinada a Fa 500°C, Fb 550°C, Fc 600°C, Fd 650°C, Fe 700 °C. Fuente: Autor



Fig 2. (b) Endocarpio calcinado a 700°C, 750°C, 800°C. Fuente: Autor

5.3. Propiedades morfológicas, físicas, químicas, mecánicas y térmicas del mesocarpio del coco

5.3.1. Características morfológicas del mesocarpio de coco

Para la caracterización morfológica se observaron 5 muestras de fibra de coco con los códigos:

- **FC:** Fibra cruda, proceso de secado por 48h a 100°C Tabla 1.
- **Fa:** Fibra calcinada, previamente se seca en el horno por 48h a 100°C, luego en la mufla se calcina por 1h30min a 500 °C. Tabla 2.
- **Fb:** Fibra calcinada, previamente se seca en el horno por 48 h a 100°C, luego en la mufla se calcina por 1h30min a 550°C. Tabla 3.
- **Fc:** Fibra calcinada, previamente se seca en el horno por 48h a 100°C, luego en la mufla se calcina por 1h30min a 600°C. Tabla 4.
- **Fd:** Fibra calcinada, previamente se seca en el horno por 48 h a 100°C, luego en la mufla se calcina por 1h30min a 650°C. Tabla 5

CÓDIGO	SECADO	DESCRIPCIÓN	TEMPERATURA	TIEMPO DE CALCINACIÓN	IMAGEN
FC	24 HORAS A 100C	FIBRA CRUDA, SIN LIMPIAR SOLO SE DESFIBRO CON MAQUINARIA INDUSTRIAL			

Tabla 1.
Muestra de fibra cruda FC.

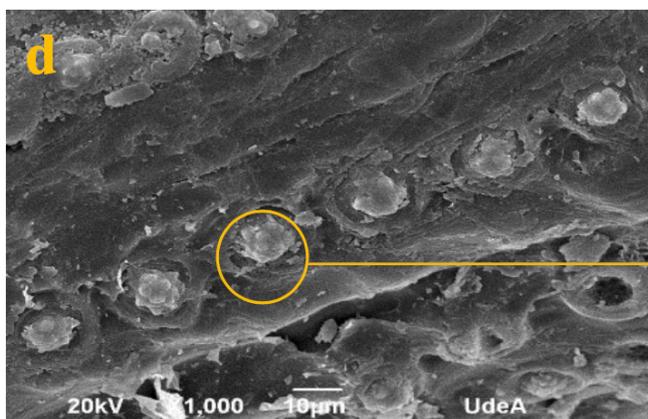
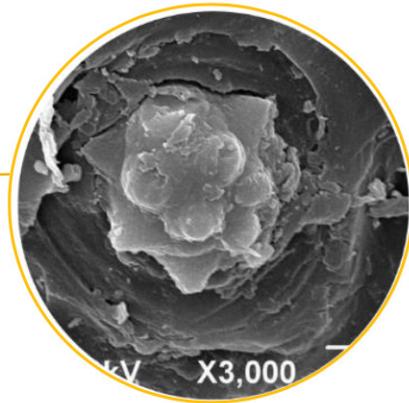
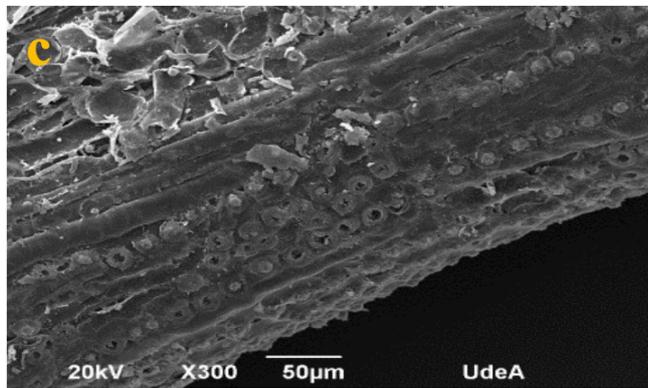
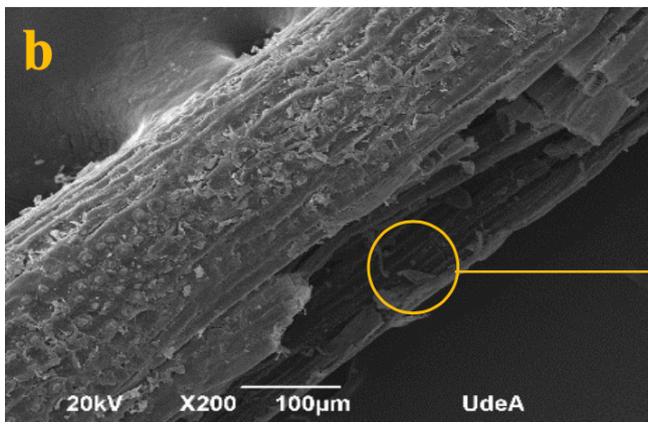
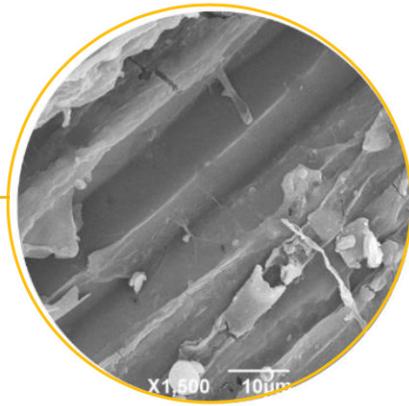
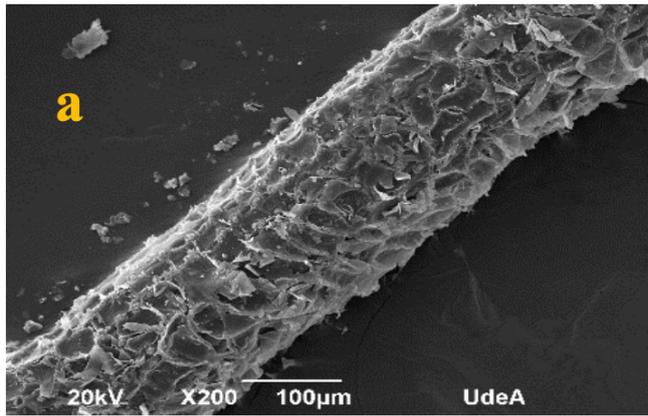


Fig 3. Imágenes SEM de la fibra de coco FC. Superficie escamosa (a), morfología tubular (b), hileras de copos con silicio (c), contenido de silicio en forma de copos (d). (San Andrés Zevallos, G. & Aguilar Sierra, S. , 2022).

En la Fig. 3, se observa la muestra FC, en la Fig. 3a se evidencia la rugosidad con relieves formados por capas tipo escamas de largo entre 30 a 50 μm y de ancho entre 15 a 40 μm . En la Fig. 3b, se observa que su morfología interna es tubular, longitudinalmente yuxtapuesta con espesores entre 22 y 8 μm , con diferencias de espesores en una misma microfibrilla. Adicionalmente, en al Fig. 3c y d, en la superficie de la fibra se observan fosas tipo ventosas que almacenan las partículas de silicio con áreas entre 180-230 μm^2 , donde las partículas de silicio tienen áreas entre 70 a 87 μm^2 y la separación entre los copos de silicio varía entre 13,5 y 15,5 μm . (San Andrés Zevallos, G. & Aguilar Sierra, S.,2022).

CÓDIGO	SECADO	DESCRIPCIÓN	TEMPERATURA	TIEMPO DE CALCINACIÓN	IMAGEN
Fa	24 HORAS A 100C	FIBRA CALCINADA	500°C	1h30min	

Tabla 2. Muestra de fibra calcinada Fa.

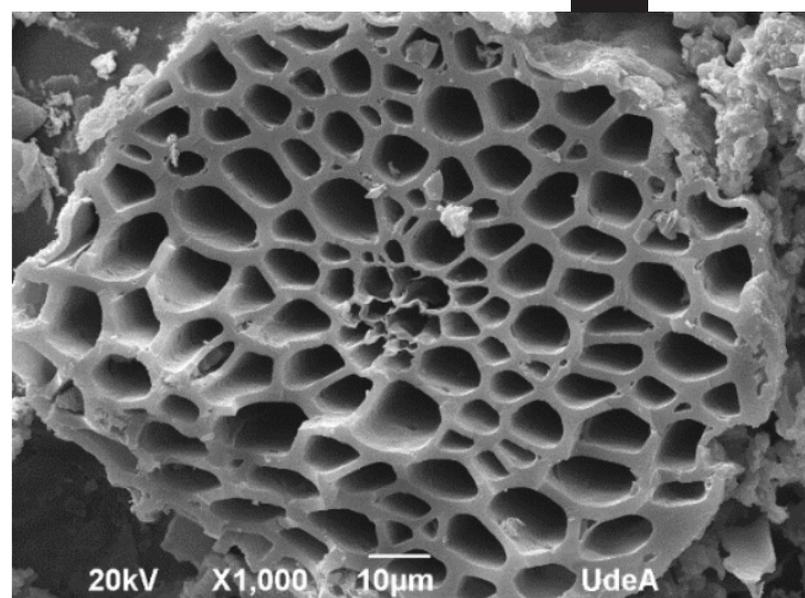
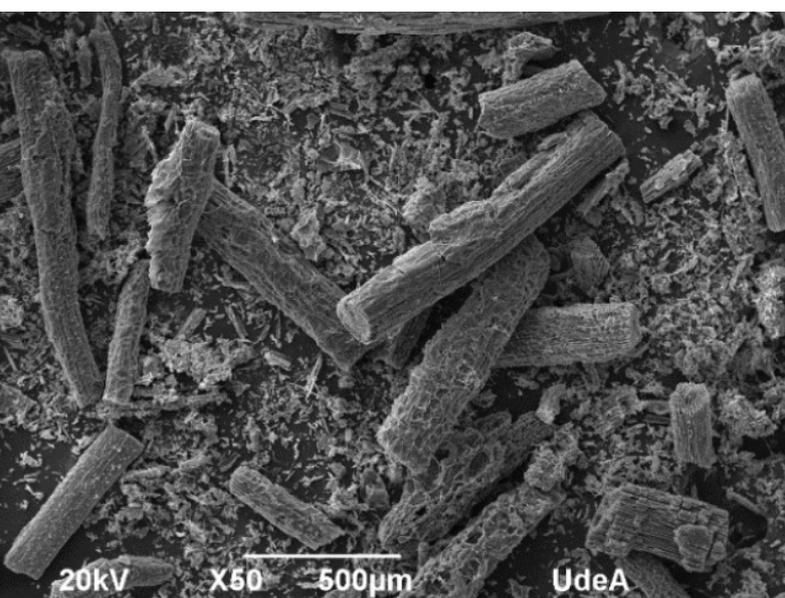


Fig 4. Imágenes SEM de la fibra de coco Fa. Ceniza y fibra en proceso de calcinación (a), microfibrillas concéntricas (b).

En la Fig. 4, se observa la muestra Fa, Fig. 4a resultado del proceso de calcinación de la fibra a 500°C donde se observa la destrucción parcial de la fibra, manteniendo su formación tubular y eliminación de la celulosa, hemicelulosa y lignina quedando la ceniza. Fig. 4b el corte transversal de una fibra, muestra su morfología tubular con formación de microfibrillas concéntricas de tamaños variados, con anchos de celda entre 1 a 11µm.

CÓDIGO	SECADO	DESCRIPCIÓN	TEMPERATURA	TIEMPO DE CALCINACIÓN	IMAGEN
Fb	24 HORAS A 100C	FIBRA CALCINADA	550°C	1h30min	

Tabla 3. Muestra de fibra calcinada Fb.

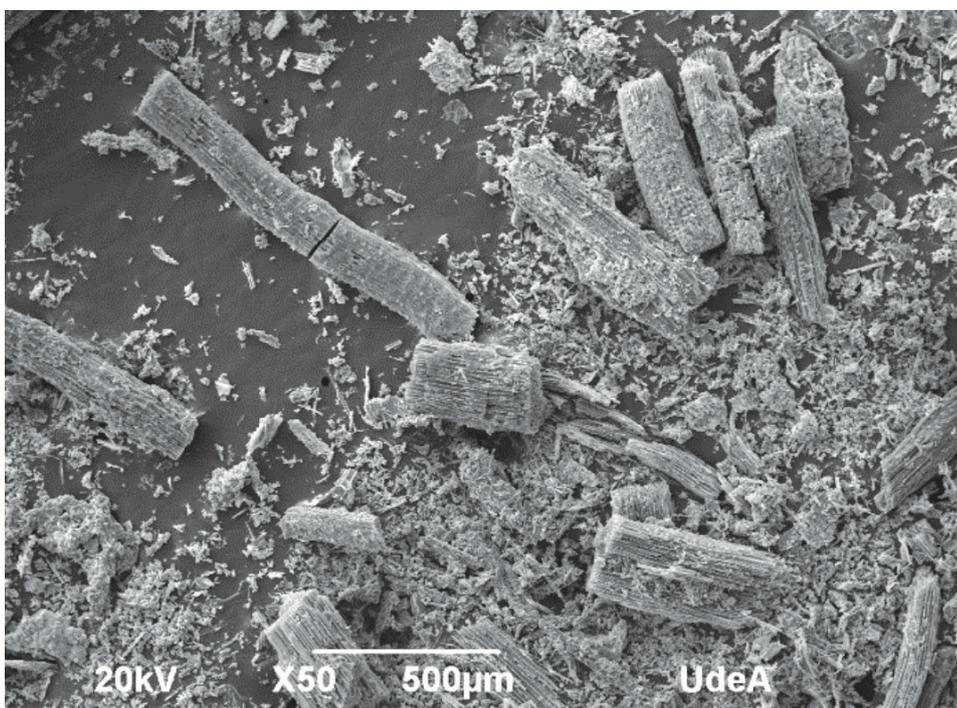


Fig 5. Imágenes SEM de la fibra de coco Fb. Ceniza y fibra en proceso de calcinación.

En la Fig. 5 se observa la muestra Fb calcinada a 550°C, cierta parte, aún mantiene la formación de micro fibrillas de celulosa, con anchos de celda entre 1 a 11µm.

CÓDIGO	SECADO	DESCRIPCIÓN	TEMPERATURA	TIEMPO DE CALCINACIÓN	IMAGEN
Fc	24 HORAS A 100C	FIBRA CALCINADA	600°C	1h30min	

Tabla 4. Muestra de fibra calcinada Fc.

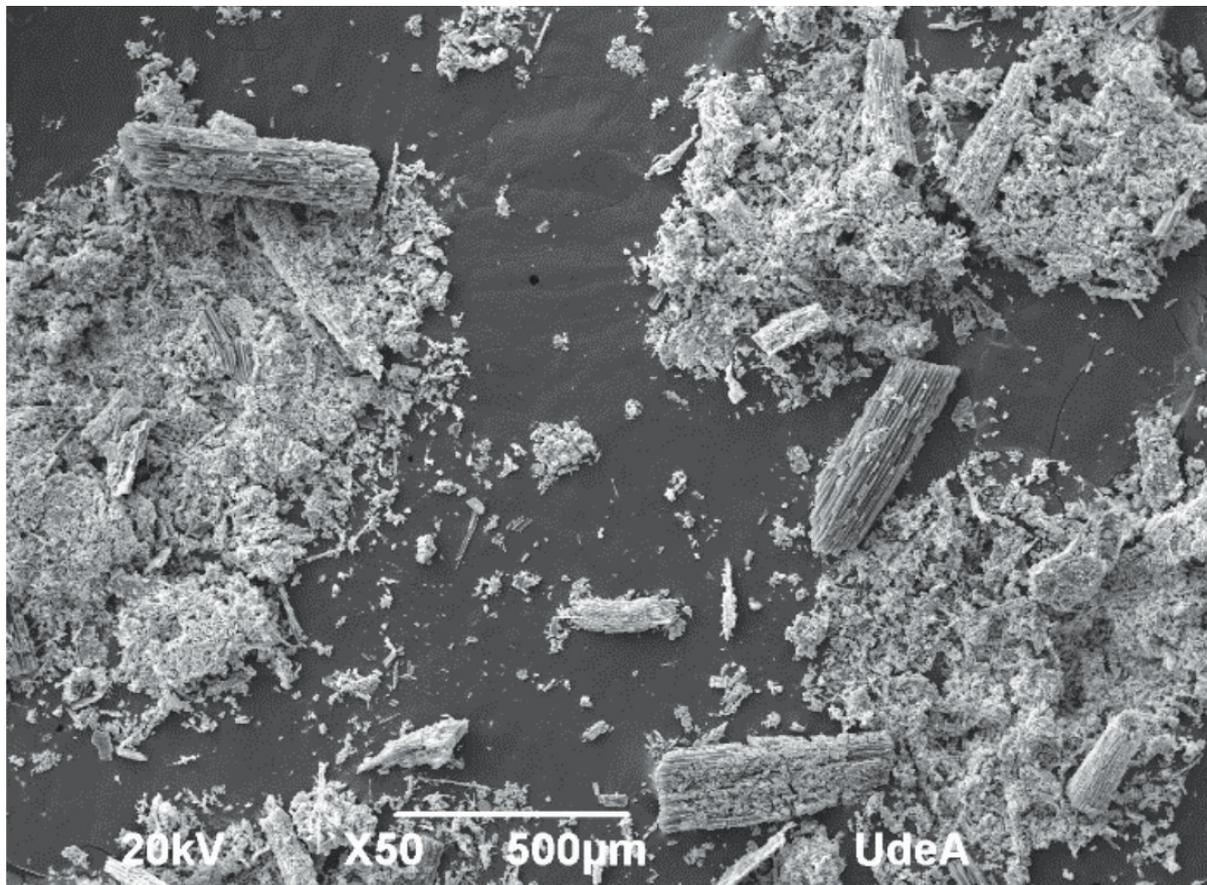


Fig 6. Imágenes SEM de la fibra de coco Fc. Ceniza y fibra en proceso de calcinación.

En la Fig. 6 se observa la muestra Fc calcinada a 600°C, las formaciones de micro fibrillas van reduciendo en longitud y ancho de celdas entre 1 a 9 µm., evidentemente aumenta la presencia de ceniza.

CÓDIGO	SECADO	DESCRIPCIÓN	TEMPERATURA	TIEMPO DE CALCINACIÓN	IMAGEN
Fd	24 HORAS A 100C	FIBRA CALCINADA	650°C	1h30min	

Tabla 5. Muestra de fibra calcinada Fd. Fuente: (San Andrés Zevallos, G. & Aguilar Sierra, S.,2022).

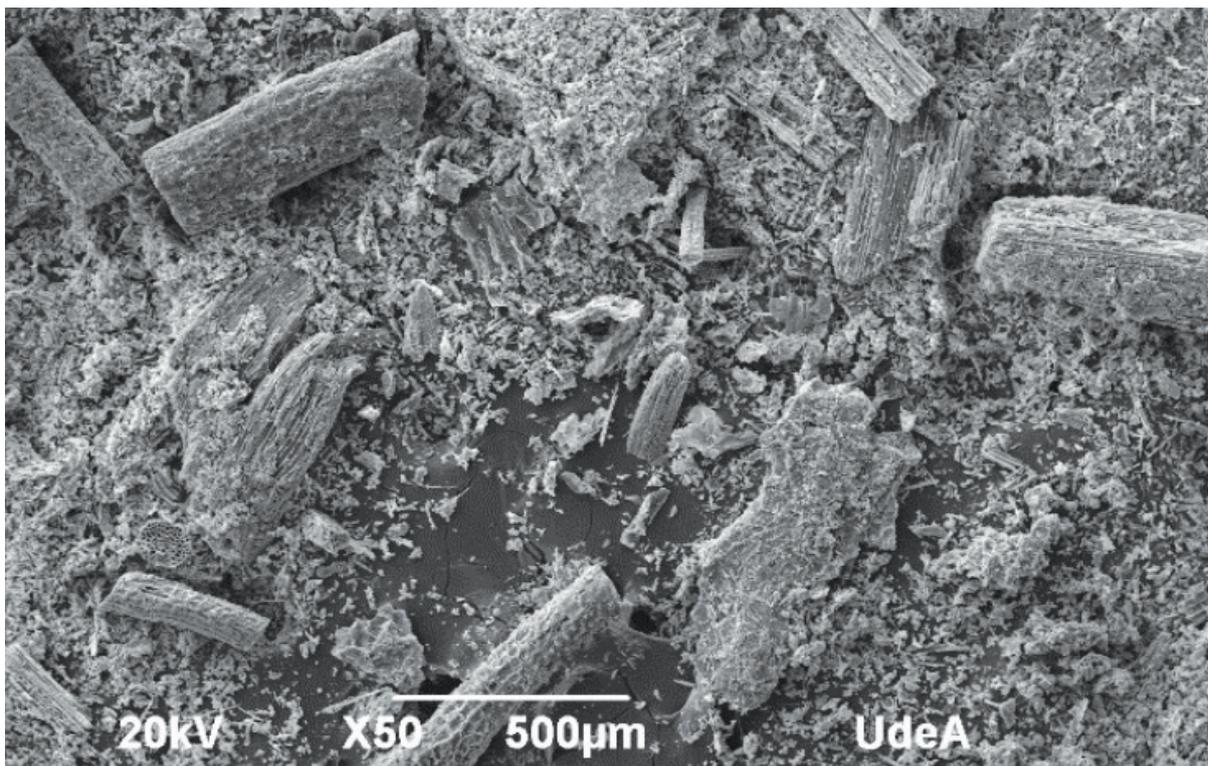


Fig 7. Imágenes SEM de la fibra de coco Fd. Ceniza y fibra en proceso de calcinación. Fuente: (San Andrés Zevallos, G. & Aguilar Sierra, S.,2022).

En la Fig. 7, se observa la muestra Fd calcinada a 650°C, las formaciones de micro fibrillas van reduciendo en longitud y ancho de celdas entre 1 a 6 μm ., evidentemente aumenta la presencia de ceniza.

5.3.2. Características físicas del mesocarpio de coco

Las características físicas y propiedades de las fibras naturales dependen de las condiciones de crecimiento (Majewski & Błędzki, 2013) y ambientales, para la medición de la longitud se utilizaron 50 muestras de fibras, obteniendo una longitud media de 196 mm, desviación standard $1\pm$, el diámetro medio 0.31 mm, desviación standard $0.08\pm$ y el peso específico 0.69 g/cm³. Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los rangos de los datos de investigaciones previas (Danso, 2017), (Andiç-Çakir et al., 2014), (Yan et al., 2015), (Bui et al., 2021), (Honda et al., 2015), (Liu et al., 2022)

5.3.3. Características mecánicas del mesocarpio de coco

Para la caracterización mecánica se ensayaron en la máquina universal 20 fibras de 150 a 200 mm de longitud, se determinó la resistencia a la tensión 228 ± 99 MPa y módulo de elasticidad 3.03 ± 0.26 GPa. Los resultados de Esfuerzo de tensión y Módulo de elasticidad se asemejan a los rangos de investigaciones previas, como se observa en la Tabla 6. (Danso, 2017), (Honda et al., 2015), (Yan et al., 2015), (Bui et al., 2021).

Authors	Tensile Strength Mpa	Modulus of elasticity Gpa
H. Danso	162	2,49
A. Honda	95-118	8
L. Yan	286-72	2,74-0,34
H. Bui	123,6	

Tabla 6. Resistencia a la tensión y módulo de elasticidad de la fibra de coco.

5.3.4. Características Térmicas del mesocarpio de coco

El orden general de pérdida de masa en fibras naturales por efecto de aumento de temperatura es: humedad, hemicelulosa, celulosa y pérdida progresiva de lignina (Yang et al., 2007), (Morán, J., Vazquez, 2008).

El análisis termogravimétrico (TGA) de la fibra, muestra que a los 63 °C hay una pérdida de masa del 3% debido a la eliminación de la humedad, a los 120 °C se estabiliza hasta los 273 °C que hay pérdida de hemicelulosa en un 15% y a 330 °C pérdida de celulosa en un 35%. Desde este punto en la curva, las pérdidas de masa continúan hasta los 900 °C, Fig. 8

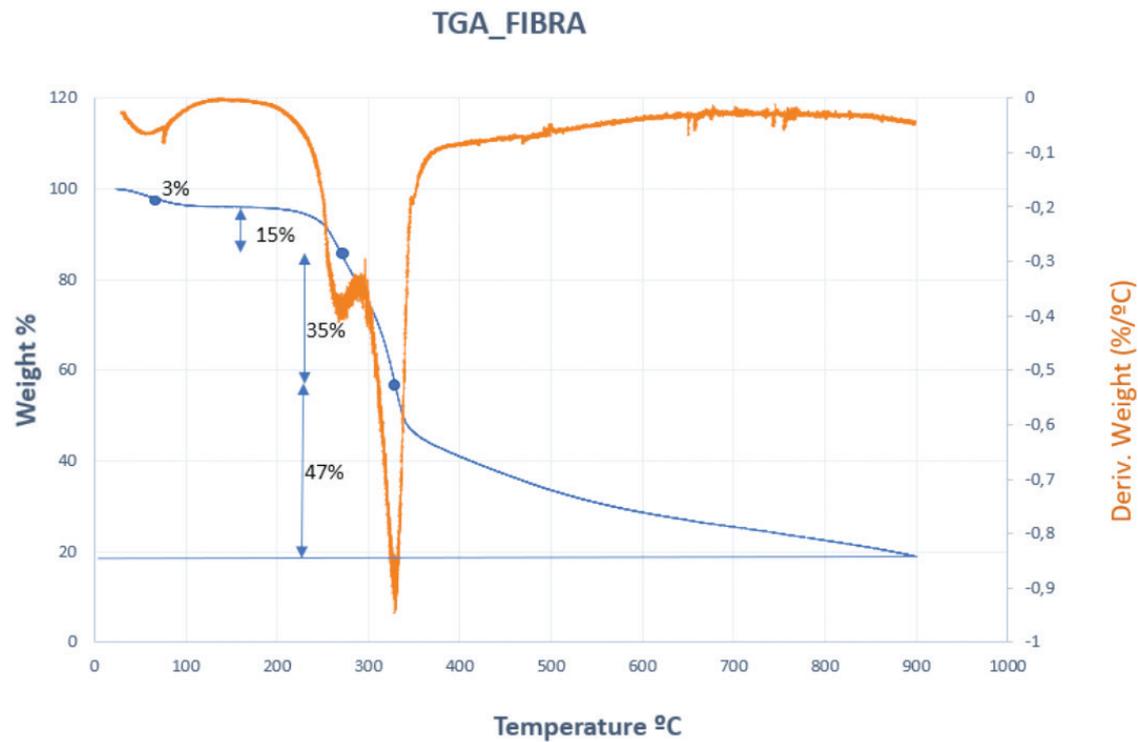


Fig 8. Curvas de TGA, fibra de coco.

Con la técnica termoanalítica de Calorimetría diferencial de barrido (DSC), se determina que la fibra tiene un flujo endotérmico hasta los 400°C, claramente se identifican dos picos en 153°C y 224°C, que indican presencia de material amorfo; en el segundo pico de flujo de calor entre los 14.4 W/g, presenta una variación de sólido a gas, volatizando parte del material, la curva continúa sin mayores deformaciones hasta los 400°C que inicia su proceso de enfriamiento regulado. Fig.9.

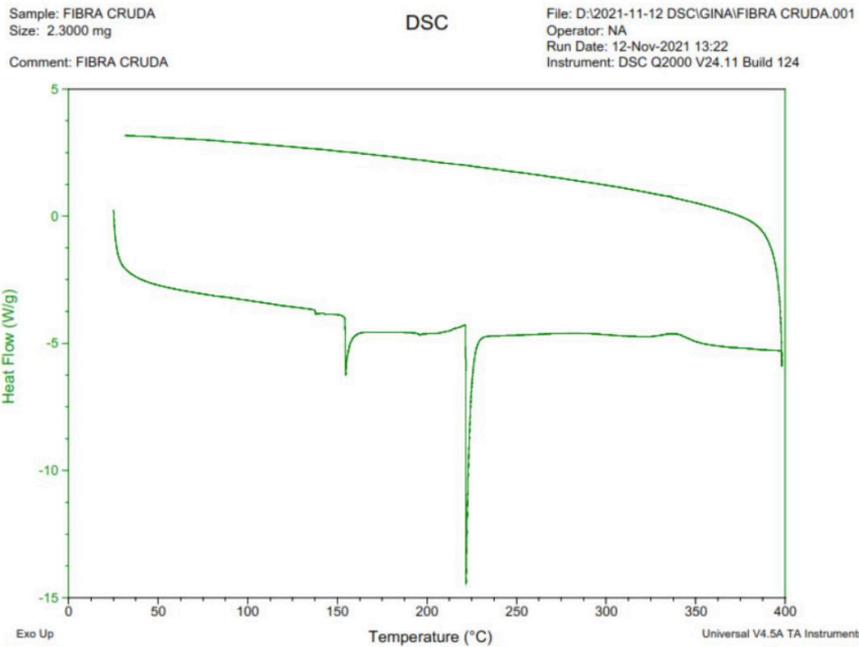


Fig 9. Curva de DSC, fibra de COCO.

5.3.5. Características químicas del mesocarpio de coco

En la composición química de la fibra se destaca la presencia del carbono, oxígeno, silicio, potasio y cloro, como se observa en la Tabla 7. Se evidencia que los elementos predominantes de la fibra de coco son el carbono y el oxígeno.

Element	App. Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
C K	3.60	0.7643	42.02	2.74	50.95
O K	3.27	0.5861	49.82	2.52	45.35
Si K	0.43	0.9060	4.27	0.45	2.21
Cl K	0.10	0.8105	1.14	0.32	0.47
K K	0.32	1.032	2.74	0.37	1.02
Totals			100		

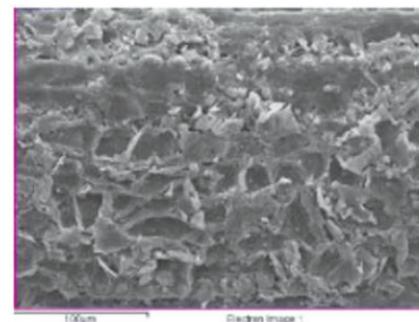


Tabla 7. Composición química de la fibra de coco. SEM-EDX.

Para el ensayo de Fluorescencia de rayos X (FRX) se observaron muestras de fibra de coco Fa, Fb, Fc, Fd, Fe y una muestra de cemento portland Holcim fuerte, tipo Gu, los resultados se observan en la Tabla 8.

Tabla 8.
Composición
química FRX,
cemento, ceniza
de fibra

Componentes	Cement	Fa (500 C)	Fb (550 C)	Fc (600 C)	Fd (650 C)	Fe (700 C)
	Wt%	Wt%	Wt%	Wt%	Wt%	Wt%
CaO	64.77	4.13	5.57	8.25	5.08	7.58
SiO ₂	11.06	7.67	9.35	13.88	9.26	13.62
SO ₃	2.86	1.14	1.07	1.45	0.885	1.40
Al ₂ O ₃	2.61	0.186	0.341	0.601	0.358	0.452
Fe ₂ O ₃	1.78	1.07	1.58	0.821	2.29	1.31
MgO	0.891	2.25	4.01	5.62	3.74	5.70
P ₂ O ₅	0.241	1.96	2.55	3.17	2.10	3.70
K ₂ O	0.143	16.22	24.18	29.04	20.31	35.49
TiO ₂	0.116	0.0160	0.0220	0.0348	0.0194	0.0210
SrO	0.0838	0.0219	0.0365	0.0463	0.0347	0.0499
MnO	0.0543	0.0407	0.0551	0.0429	0.0678	0.0537
BaO	0.0419	0.0226	0.0222	0.0235	0.0216	
CuO	0.0313	0.0541	0.0469	0.0557	0.0376	0.0455
Cr ₂ O ₃	0.0209	0.256	0.349	0.0513	0.603	0.256
ZnO	0.0188	0.0211	0.0329	0.0376	0.0236	0.0438
Cl	0.0178	2.30	2.90	2.97	2.88	5.38
PuO ₂	0.0158					
V ₂ O ₅	0.0143			0.0025		
NiO	0.0116	0.0190	0.0390	0.0186	0.0419	0.0255
Sc ₂ O ₃	0.0032					0.0022
ZrO ₂	0.0028		0.0012	0.0024		
Na ₂ O		2.17	1.57	3.04	2.69	2.46
SnO ₂		0.0047	0.0099	0.0082	0.0073	0.0064
MoO ₃		0.0038	0.0059	0.0033	0.0049	0.0051
PbO		0.0019			0.0531	
Br		0.0256	0.0536	0.0591	0.0455	0.0698
WO ₃			0.0145			
As ₂ O ₃					0.0074	

Los principales óxidos hallados en las muestras fueron CaO, SiO₂, SO₃, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, P₂O₅, K₂O. Se compararon los resultados de los porcentajes de los componentes de cada muestra, con la composición química del cemento (Liu et al., 2022), (Silva et al., 2017), (Gupta et al., 2020). Tomando como referencia los óxidos del cemento, se observó que la ceniza con mayor contenido de estos óxidos fueron: en la muestra Fc calcinada a 600 °C y Fd a 650 °C (San Andrés Zevallos, G. & Aguilar Sierra, S., 2022).

5.4. Propiedades morfológicas, físicas, químicas, mecánicas, y térmicas del endocarpio del coco

5.4.1. Características morfológicas del endocarpio del coco

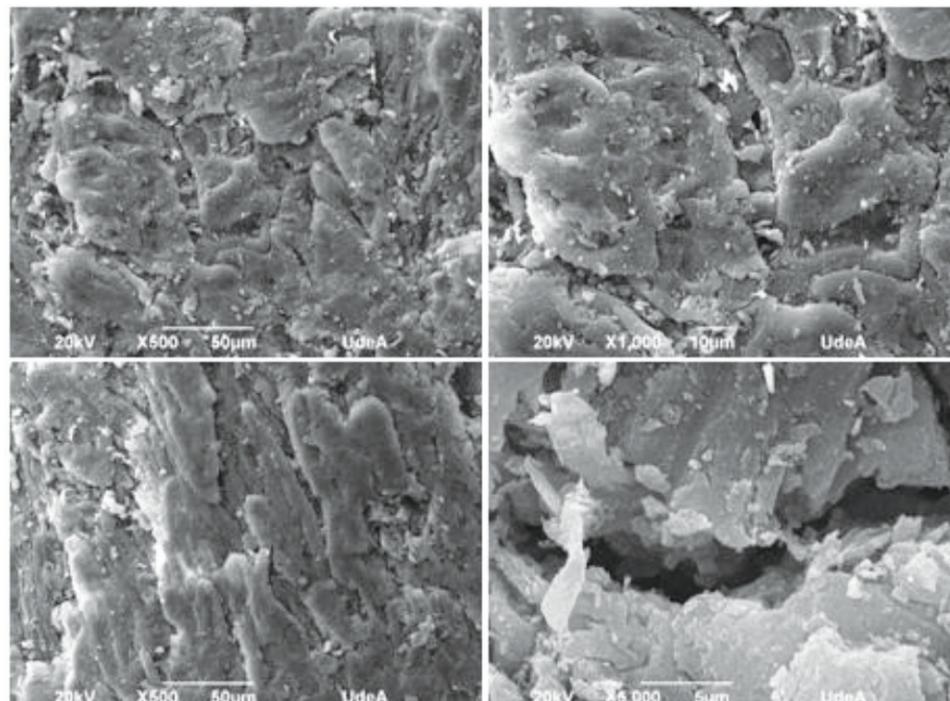
Se observaron 4 muestras de endocarpio de coco en el SEM, las muestras se dividieron de la siguiente manera:

- **E:** Endocarpio crudo, proceso de secado por 48h a 150°C. Tabla 9.
- **E1:** Endocarpio calcinado a 700°C por 3h, previamente, proceso de secado por 48h a 150°C. Tabla 10.
- **E2:** Endocarpio calcinado a 750°C por 3h, previamente, proceso de secado por 48h a 150°C. Tabla 11.
- **E3:** Endocarpio calcinado a 800°C por 3h, previamente, proceso de secado por 48h a 150°C. Tabla 12.

CÓDIGO	SECADO	DESCRIPCIÓN	TEMPERATURA	TIEMPO DE CALCINACIÓN	IMAGEN
E	48 HORAS A 150C	ENDOCARPIO DE COCO SECO, LIMPIEZA A MANO. MARTILLADO CON EL MARTILLO DE PROCTOR Y 30MIN EN EL CILINDRO DE LOS ÁNGELES; SE TAMIZÓ POR LOS PASANTES: # 4, 8, 16, 30	N/A	N/A	

Tabla 9. Muestra E, endocarpio crudo.

Fig 10.
Imágenes
SEM del
endocarpio
crudo,
muestra E.



En la Fig. 10 se observa la morfología de la superficie del endocarpio. Las imágenes muestran que la superficie del endocarpio está compuesta por capas sobrepuestas que provocan desniveles lisos, con áreas aproximadas entre 1068 y 1917 μm^2 , las capas medianas aproximadamente de 170 μm^2 y capas de menor tamaño están alrededor de 20 μm^2 . (San Andrés Zevallos, G. & Aguilar Sierra, S., 2022). La consideración de atributos como relieves, formas y texturas es crucial al incorporar estos materiales en una matriz compuesta. Esto se debe principalmente a que la adhesión entre la fibra de refuerzo y la matriz afecta significativamente el rendimiento de los materiales compuestos. (Bledzki et al., 2010).

CÓDIGO	SECADO	DESCRIPCIÓN	TEMPERATURA	TIEMPO DE CALCINACIÓN	IMAGEN
E1	48 HORAS A 150C	ENDOCARPIO CALCINADO	700°C	3 H	

Tabla 10. Muestra E1, endocarpio calcinado.

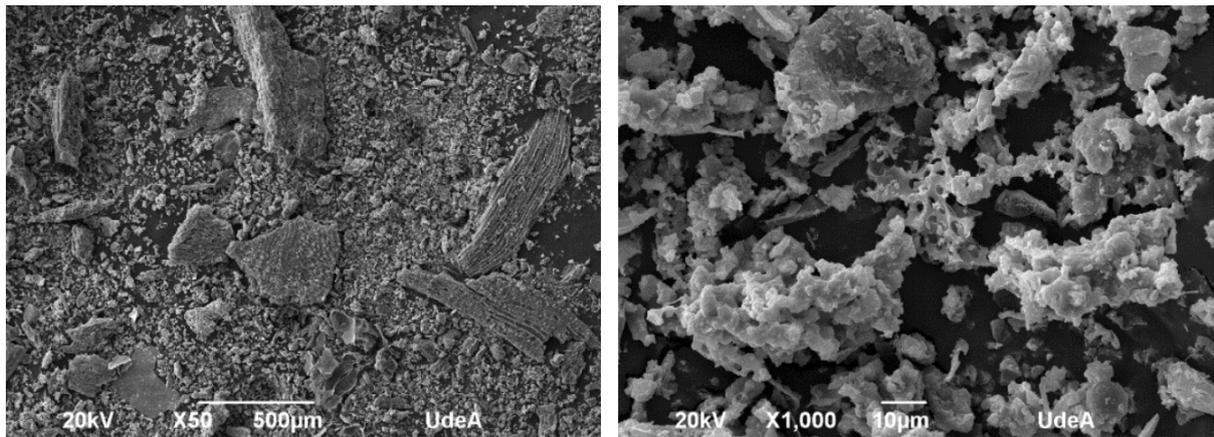


Fig 11. Imágenes SEM de la muestra E1, endocarpio calcinado.

En la Fig. 11 se observa la muestra E1 calcinada a 700°C, con gran porcentaje de ceniza, sin embargo, aún se mantiene en parte la formación laminar del endocarpio, con áreas entre 50 a 230 µm².

CÓDIGO	SECADO	DESCRIPCIÓN	TEMPERATURA	TIEMPO DE CALCINACIÓN	IMAGEN
E2	48 HORAS A 150C	ENDOCARPIO CALCINADO	750°C	3 H	

Tabla 11. Muestra E2, endocarpio calcinado.

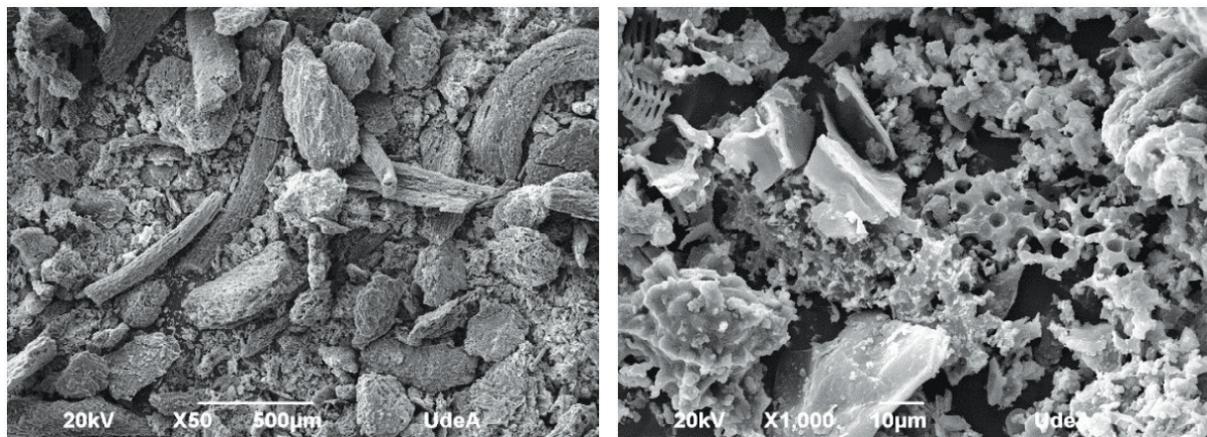


Fig 12. imágenes SEM de la muestra E2, endocarpio calcinado

En la Fig. 12 se observa la muestra E2 calcinada a 750°C, la desintegración del endocarpio forma figuras irregulares con áreas entre 20 a 190 μm^2 .

CÓDIGO	SECADO	DESCRIPCIÓN	TEMPERATURA	TIEMPO DE CALCINACIÓN	IMAGEN
E3	48 HORAS A 150C	ENDOCARPIO CALCINADO	800°C	3 H	

Tabla 12. Muestra E3, endocarpio calcinado.

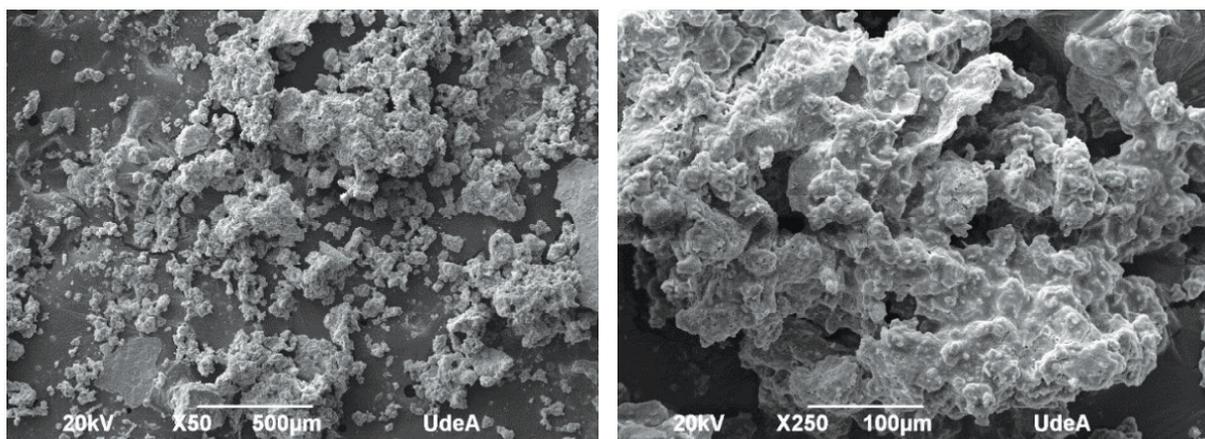


Fig 13. Imágenes SEM de la muestra E3, endocarpio calcinado.

En la Fig. 13 se observa la muestra E3 calcinada a 800°C, la desintegración del endocarpio es casi por completo, transformando la fibra en ceniza.

5.4.2. Características físicas del endocarpio del coco.

Respecto al endocarpio se tomaron 50 muestras de las que resultó un espesor de 3.5 ± 1 mm, peso específico 1.29 g/cm³. Los resultados del peso específico se asemejan a los rangos de investigaciones previas (Danso, 2017), (Honda et al., 2015), (Yan et al., 2015), (Bui et al., 2021).

5.4.3. Características Térmicas del endocarpio del coco

Respecto al endocarpio, el gráfico de las derivadas presenta picos de 96 °C, 271 °C y 339 °C, los que concuerdan con la curva del TGA, ya que son puntos de inflexión que convergen. Además, estos puntos demuestran una pérdida de masa debido a la pérdida de humedad correspondiente al 3%, la pérdida de masa relacionada con la hemicelulosa fue de un 17% y relacionada con la celulosa de un 41%. A partir de los 550 °C la pérdida empieza a ser continua, es decir, la materia orgánica principalmente contenido de lignina se termina de calcinar y queda el material inorgánico, hasta los 600 °C que ya no hay pérdidas de orgánicos, Fig. 15.

Los resultados termogravimétricos guardan relación a los datos obtenidos en investigaciones previas (Kamgang-Syapnjeu et al., 2020), (Verma et al., 2021), (Sari et al., 2021)

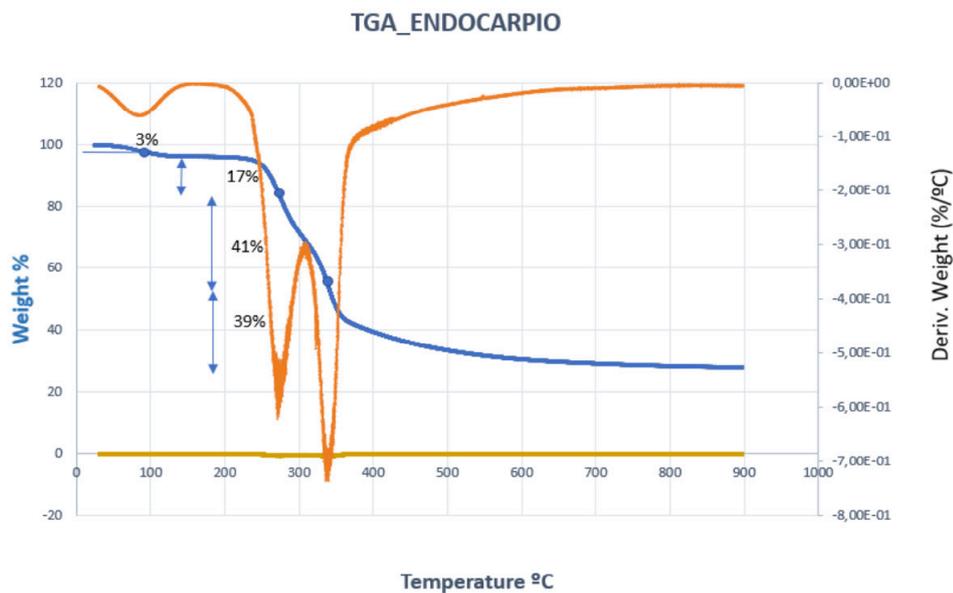


Fig 14. Curvas TGA de endocarpio.

El endocarpio tiene una reacción química de absorción de calor, es decir tiene un flujo endotérmico hasta los 400°C. Las curvas y picos que se muestran en el diagrama de temperatura y flujo de calor, nos permiten entender, a través de la temperatura de transición vítrea (tg), las transiciones de material amorfo y la miscibilidad del endocarpio.

Sample: ENDOCARPIO
Size: 12.3700 mg
Comment: ENDOCARPIO

DSC

File: D:\2021-11-12 DSC\GINA\ENDOCARPIO.002
Operator: NA
Run Date: 12-Nov-2021 12:24
Instrument: DSC Q2000 V24.11 Build 124

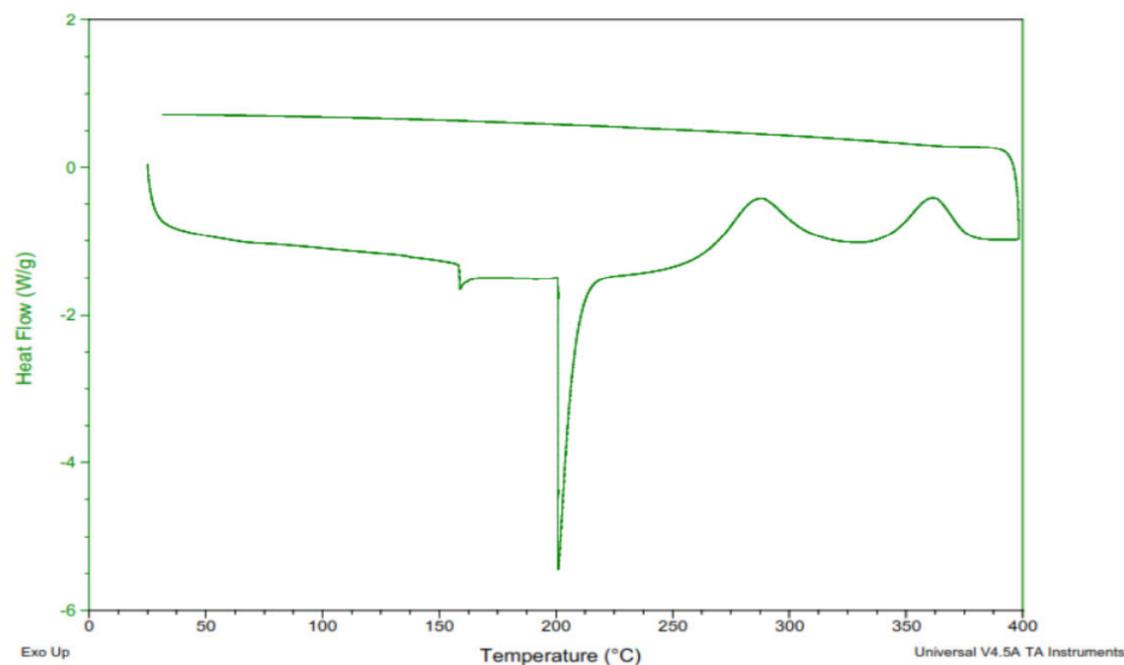


Fig 15. Curvas DSC de endocarpio.

Entre los 155 °C y 221 °C se evidencian picos que indican presencia de material amorfo; en el segundo pico con un flujo de calor entre los 5.5W/g, presenta una variación de sólido a gas, volatizando parte del material. A partir de 255 °C el diagrama cambia en forma y dirección, entendiéndose que el endocarpio ha presentado liberación de calor, por este motivo las curvas se direccionan hacia arriba, pero sin sobrepasar el 0 en flujo de calor; termina con un enfriamiento regulado. Fig. 15

5.4.4. Características químicas del endocarpio de coco

En la composición química del endocarpio se destaca la presencia del carbono, oxígeno, silicio, potasio y cloro, como se observa en la Tabla 13. Además, los elementos predominantes en ambos componentes del coco son el carbono y el oxígeno y no se evidencia una clara diferencia en la cantidad de cada elemento en la composición de la fibra y el endocarpio. (San Andrés Zevallos, G. & Aguilar Sierra, S. , 2022).

Element	App. Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
C K	4.10	0.8258	41.70	2.60	50.53
O K	3.55	0.5856	50.91	2.43	46.31
Si K	0.27	0.9007	2.49	0.39	1.29
Cl K	0.14	0.8201	1.40	0.32	0.58
K K	0.43	1.036	3.50	0.39	1.30
Totals			100		

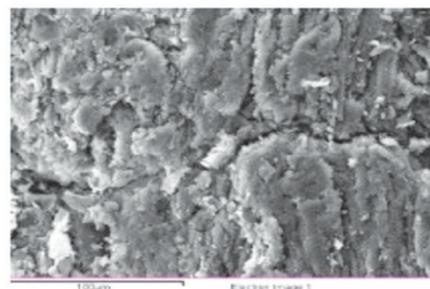


Tabla 13. Composición química de la fibra de coco. SEM-EDX.

Componentes	Cement	E 1 (700 C)	E 2 (750 C)	E 3 (800 C)
	Wt%	Wt%	Wt%	Wt%
CaO	64.77	2.22	2.22	4.31
SiO2	11.06	8.61	8.18	12.84
SO3	2.86	0.905	0.639	0.951
Al2O3	2.61	2.39	2.44	3.75
Fe2O3	1.78	11.04	7.31	15.92
MgO	0.891	2.11	1.94	2.81
P2O5	0.241	2.91	2.24	4.70
K2O	0.143	16.58	14.80	31.36
TiO2	0.116	0.991	0.418	0.513
SrO	0.0838	0.0171	0.0165	0.0448
MnO	0.0543	0.374	0.172	0.308
BaO	0.0419	0.0157		0.0124
CuO	0.0313	0.0627	0.0815	0.222
Cr2O3	0.0209	0.158	0.295	1.45
ZnO	0.0188	0.0485	0.0573	0.129
Cl	0.0178	1.36	0.488	0.156
PuO2	0.0158			
V2O5	0.0143	0.0197	0.0134	0.0249
NiO	0.0116	0.0287	0.0406	0.190
Sc2O3	0.0032			
ZrO2	0.0028	0.0136	0.0072	0.0104
Na2O		6.75	4.38	9.26
SnO2		0.0063	0.0042	
MoO3		0.0036	0.0036	0.010
PbO		0.0020	0.0614	0.007
Br		0.0081	0.0027	0.001
WO3		0.0175	0.0137	0.032
As2O3				0.00
I				0.01

Para el ensayo de Fluorescencia de rayos X (FRX) se observaron muestras de endocarpio E1, E2, E3, los resultados se observan en la Tabla 14.

Los principales óxidos hallados en las muestras fueron CaO, SiO₂, SO₃, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, P₂O₅, K₂O. Nuevamente se compararon los resultados de los porcentajes de los componentes de cada muestra, con la composición química del cemento, se observó que la ceniza con mayor contenido de óxidos fue en la muestra E3 a 800 °C.

Tabla 14. Composición química FRX, ceniza del endocarpio.

6

Material sostenible con residuos de coco, proceso experimental

6.1 Mortero de cemento y fibra de coco

6.2 Matriz de polímeros y fibra de coco



“

La ciencia y la experimentación
son la progresiva aproximación del hombre
al mundo real.

6. MATERIAL SOSTENIBLE CON RESIDUOS DE COCO, PROCESO EXPERIMENTAL

6.1. Mortero de cemento y fibra de coco

El mortero de cemento es una mezcla entre el cemento, agregado fino y agua, la diferencia entre el mortero y el hormigón simple es la incorporación del agregado grueso en la mezcla del hormigón. Ambas matrices forman una masa pétreo que utilizan agua para reaccionar químicamente y adquirir sus propiedades cementantes.

El uso del mortero en la construcción es muy variado y para garantizar que su empleo y propiedades respondan a los fines previstos, se necesita llevar a cabo un control de calidad en obra, bajo el cumplimiento de las Normas, Guías Técnicas, Pliegos de Condiciones, et. (Del Olmo Rodríguez, 1994). Según la Norma ecuatoriana de la construcción los tipos de mortero depende de la resistencia a la compresión a los 28 días y recomiendan sus respectivas dosificaciones. (NEC-SE-MP, 2015)

Tipo de mortero	Resistencia mínima a compresión 28 días (MPa)	Composición en partes por volumen		
		Cemento	Cal	Arena
M20	20.0	1		2.5
M15	15.0	1		3.0
		1	0.5	4.0
M10	10.0	1		4.0
		1	0.5	5.0
M5	5.0	1		6.0
		1	1.0	7.0
M2.5	2.5	1		7.0
		1	2.0	9.0

Tabla 1. Tipos de mortero, según su resistencia. (NEC-SE-MP, 2015).

El cemento portland es un conglomerante hidráulico que después de ser amasados con agua, fraguan y endurecen tanto al aire como sumergidos en agua. Por fraguado se entiende la trabazón y consistencia iniciales de un conglomerante; una vez fraguado, el material puede seguir endureciéndose. (Sanjuán & Chinchón, 2014)

Los componentes principales del cemento portland son: Clínker, escoria granulada de horno alto, puzolanas, cenizas volantes, esquisto calcinado, caliza, humo de sílice. (Sanjuán & Chinchón, 2014). Además, en el Ecuador las características y requisitos que deben cumplir los cementos portland se establecen en la norma NTE INEN 152.

La composición química de un clínker Pórtland típico es de 67% de CaO, 22% de SiO₂, 5% de Al₂O₃, 3% de Fe₂O₃ y de 3% de otros componentes. La composición mineralógica del clínker está constituida por cuatro fases mayoritarias: Silicato tricálcico (3CaO.SiO₂) o Alita (C₃S), silicato bicálcico(3CaO.SiO₂) o Belita (C₂S), aluminato tricálcico (3CaO.Al₂O₃) o (C₃A) y ferritoaluminato tetracálcico (4CaO.Al₂O₃.Fe₂O₃) o (C₄AF). (Castañón et al., 2012)

6.1.1. Metodología

Fase 1.

Los componentes que conforman la matriz del mortero más fibra de coco, se caracterizan a través de ensayos químicos y físicos, para el cemento se realiza el FRX para identificar los óxidos y para el agregado fino se identifica la granulometría, densidad y absorción de humedad.

Fase 2.

Una vez analizado los componentes del mortero, inicia el proceso experimental, se elaboraron las muestras de las diferentes matrices:

1. Mortero base
2. Mortero base más 2% fibra, 1cm de longitud de fibra.
3. Mortero base más 3% fibra, 1cm de longitud de fibra.
4. Mortero base más 4% fibra, 1cm de longitud de fibra.
5. Mortero base más 2% fibra, 3cm de longitud de fibra
6. Mortero base más 3% fibra, 3cm de longitud de fibra.

7. Mortero base más 4% fibra, 3cm de longitud de fibra
8. Mortero base más 2% fibra, 5cm de longitud de fibra.
9. Mortero base más 3% fibra, 5cm de longitud de fibra.
10. Mortero base más 4% fibra, 5 cm de longitud de fibra.

Fase 3.

Finalmente se realizó la comprobación de las resistencias mecánicas a flexión y compresión, con la Prensa de compresión-flexión de 2000 KN, para esto se elaboraron 90 cubos para el ensayo de resistencia a la compresión y 90 prismas para la resistencia a la flexión.

6.1.2. Desarrollo

Se identificó la composición química del cemento Gu Tabla 2., que se utilizó para las muestras el mortero con fibra de coco; el ensayo de Fluorescencia de rayos X (FRX) con el equipo Thermi ARL Optim´XWDXRF, es un tipo de análisis semicuantitativo con el software Uniquant y las condiciones del análisis fueron, humedad 41% y temperatura 24.7 °C, el peso de la masa analizada 18000mg.

Fase 1.

Compound	Wt%	Est.Error	Element	Wt%	Est.Error
CaO	64.77	0.24	Ca	46.31	0.17
SiO2	11.06	0.16	Si	5.17	0.07
SO3	2.86	0.08	Sx	1.15	0.03
Al2O3	2.61	0.08	Al	1.38	0.04
Fe2O3	1.78	0.07	Fe	1.25	0.05
MgO	0.891	0.044	Mg	0.537	0.027
P2O5	0.241	0.012	Px	0.105	0.0053
K2O	0.143	0.0071	K	0.119	0.0059
TiO2	0.116	0.0058	Ti	0.0695	0.0035
SrO	0.0838	0.0042	Sr	0.0709	0.0035
MnO	0.0543	0.0027	Mn	0.0420	0.0021
BaO	0.0419	0.0086	Ba	0.0375	0.0077
CuO	0.0313	0.0030	Cu	0.0250	0.0024
Cr2O3	0.0209	0.0020	Cr	0.0143	0.0013
ZnO	0.0188	0.0009	Zn	0.0151	0.0008
Cl	0.0178	0.0021	Cl	0.0178	0.0021
PuO2	0.0158	0.0035	Pu	0.0139	0.0031
V2O5	0.0143	0.0023	V	0.0080	0.0013
NiO	0.0116	0.0010	Ni	0.0091	0.0008
Sc2O3	0.0032	0.0025	Sc	0.0021	0.0016
ZrO2	0.0028	0.0016	Zr	0.0021	0.0012

Known Concentration = 15,21 LOI
 Sum Weight% before normalization to 100% = 91.5 %
 Total Weight% Oxygen = 28,45

Tabla 2.
Composición
química del
cemento.

Respecto a los agregados finos utilizado para la mezcla de mortero más fibra de coco, se procedió a realizar los ensayos de granulometría Tabla 3., obteniendo además la curva granulométrica Fig. 1

Tamiz	891	Retenido	Retenido	Retenido	Pasante
INEN	ASTM	Parcial (g)	Parcial (%)	Acumulado (%)	Acumulado (%)
9,50 mm	3/8 in.	0.0	0	0	100
4,75 mm	No. 4	2.8	0	0	100
2,36 mm	No. 8	64.1	7	7	93
1,18 mm	No. 16	113.1	12	18	82
600 µm	No. 30	76.9	8	26	74
300 µm	No. 50	81.0	8	35	65
150 µm	No. 100	533.3	55	89	11
Bandeja		103.3	11	100	0
Masa final (g):	974.5	Módulo de Finura :		1.76	
Pérdida ≤0.3%	Ensayo válido				

Tabla 3. Ensayos de granulometría.

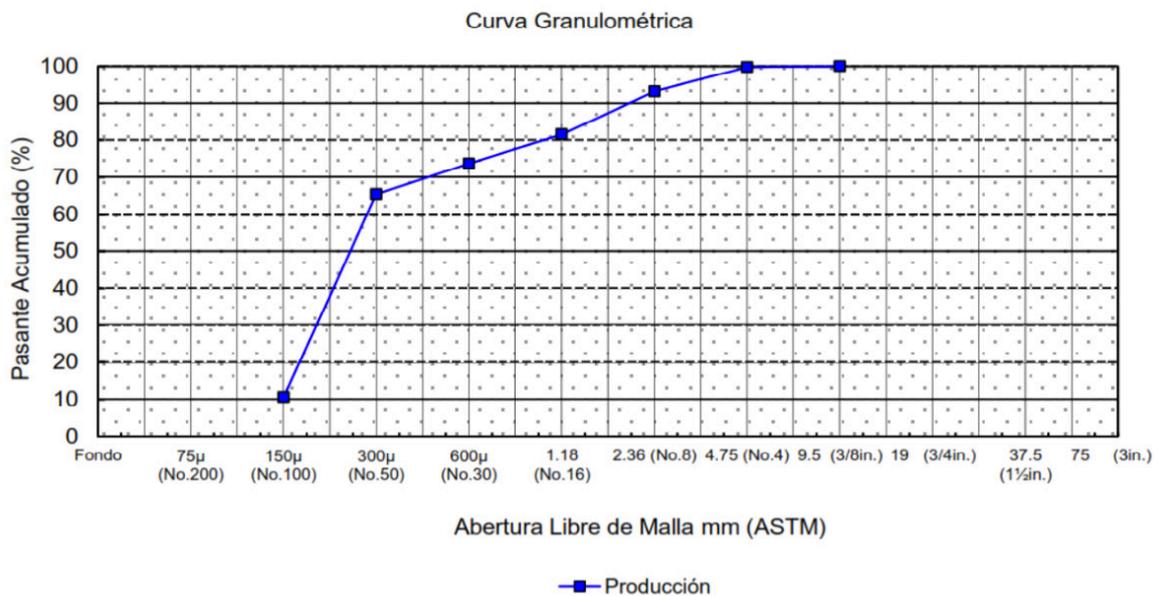


Fig 1. Curva granulométrica de agregado fino.

Además se determinó la densidad y absorción de agua del agregado fino, Tabla 4.

Agregado Fino Densidad y Absorción de Agua											KMAT-H00-RC07
Planta: Picoazá											
Fecha	Muestra	Origen	A g	B g	S g	C g	Ds kg/m ³	Dsss kg/m ³	D kg/m ³	Po %	Hecho Por
11-04-22	Megamezcla	Picoaza	485.2	651.6	500	958.1	2501	2578	2708	3.1	César Mora

Nomenclatura Según INEN 856

- A: Masa en el aire de la muestra secada al horno
- B: Masa del matraz lleno de agua hasta la marca de calibración
- S: Masa en el aire de la muestra en estado saturado superficialmente seco
- C: Masa del matraz con la muestra lleno de agua hasta la marca de calibración
- Ds: Densidad de Volumen a 23 C del árido fino seco
- Dsss: Densidad de Volumen a 23 C del árido fino en estado saturado superficialmente seco
- D: Densidad aparente del árido fino a 23 C
- Po: Porcentaje de absorción de agua del árido fino

Tabla 4. Densidad y absorción de agua del agregado fino.

Fase 2.

Para la elaboración de las matrices, se inició con el procesamiento de la fibra de coco, se cumplió con un proceso de limpieza y secado, para favorecer la adherencia de la fibra a los compuesto del mortero, el proceso consiste en limpiar la fibra con agua, luego es sumergida por 48h en una solución acuosa de hidróxido de sodio de 1,6 mol/l; las fibras resultantes se vuelven a sumergir en una solución con ácido acético 100ml por 4h.; una vez limpia la fibra se esparce en una superficie seca y libre, expuesta al sol por 48h aproximadamente. (Arrakhiz et al., 2013) (Le Troedec et al., 2008). Para culminar el proceso de secado y eliminar la humedad, la fibra ingresa al horno a 100°C por 48 h. Fig. 1



Fig 1. Secado de la fibra de coco en horno.

La fibra debe quedar libre de impurezas para proceder a cortarla y continuar con el proceso de experimentación; la fibra se cortó en tres longitudes diferente 1cm, 3cm y 5cm, Fig. 2, según previa experimentación en la incorporación de fibra de coco en el mortero tradicional con variación de longitudes en los rangos de 1 a 3cm y menor de 1cm de longitud, se demostró que funcionaba mejor las fibras con longitudes entre 1 a 3cm, con incorporación en 2%, 3% y 4% de fibra, también se concluyó que el 3% era la cantidad recomendada (Giler, 2022), además, otros autores también recomiendan longitudes similares de fibra, (Varghese & Unnikrishnan, 2023) (MD & Unnikrishnan, 2022), (Syed et al., 2020), (Quiñones-Bolaños et al., 2021).



Fig 2. Longitudes de fibra: 1cm, 3cm, 5cm.

El mortero más fibra de coco, está compuesto por cemento Portland, agregado fino con una combinación de arena homogenizada y arena de duna, más agua; la dosificación de la base del mortero es 1:3 y la relación agua/cemento de 0.5, además la incorporación de la fibra se la incluye en tres proporciones en función del peso del cemento, a 2%, 3% y 4%, Tabla 1. La unidad de medida de los componentes es el gramo, según la norma ASTM C1329, capítulo 14, prueba de mortero con cemento tipo M que corresponde a cemento Gu, en dosificación 1:3, además se citan otras investigaciones que hacen uso de la misma unidad. (Andiç-Çakir et al., 2014), (Alcivar-Bastidas et al., 2023).

Diseño de mezcla de mortero más fibra de coco.

Componentes	Peso (gr)
Cemento portland	150,00
Arena	450,00
Agua	75,00
Fibra de coco 0%	0,00
Fibra de coco 2%	3,00
Fibra de coco 3%	4,50
Fibra de coco 4%	6,00

Tabla 1. Diseño de mezcla de mortero más fibra de coco.

Fase 3.

Para la prueba de resistencia a compresión se realizaron 90 cubos de 5x5x5cm, Fig. 3, según la norma ASTM C109, con una dosificación 1:3 para el mortero base e incorporando las 3 variables de porción de fibra de coco 2%, 3%, 4%, además, de las 3 variables de longitud de fibra de coco 1cm, 3cm y 5cm; estas muestras se ensayaron en la Prensa de compresión-flexión de 2000 KN. Fig. 4

Fig 3. Muestras de cubos de mortero.



Fig 4. Prensa para ensayos mecánicos de compresión y flexión para el mortero.



Las primeras 27 muestras de mortero se las realizaron incorporando la fibra de 1 cm de longitud, las pruebas de resistencias se las llevó a cabo los días 7, 14, y 28, en cada uno de estos días se ensayaron 3 cubos de muestras, los resultados se detallan en la Tabla 2.

Muestras	Resistencia a compresión			Promedio a los 28 días
	7	KN 14	28	
MB	9,85	12,96	16,41	15,54
	9,86	13,36	15,9	
	9,02	11,59	14,31	
MF 2%	7,16	8,66	10,69	10,12
	6,66	7,85	9,93	
	5,75	7,99	9,74	
MF 3%	8,53	9,87	12,18	12,23
	7,61	8,51	11,19	
	8,12	10,92	13,31	
MF 4%	7,11	9,07	10,30	9,01
	5,86	7,26	9,30	
	4,81	5,85	7,40	

Tabla 2. Resultados de 1cm resistencia de compresión, longitud de fibra 1cm.

Nomenclatura

MB: Mortero base

MF: Mortero fibra

El mismo proceso se desarrolló para las muestras con la fibra a 3cm, con 27 cubos, los resultados de los ensayos se demuestran en la Tabla 3.

Muestras	Resistencia a compresión			Promedio a los 28 días
	7	14	28	
MB	9,85	12,96	16,41	
MB	9,86	13,36	15,9	15,54
MB	9,02	11,59	14,31	
MF 2%	8,47	10,24	12,64	
MF 2%	8,72	10,29	13,02	12,56
MF 2%	7,10	9,86	12,03	
MF 3%	9,48	10,97	13,54	
MF 3%	8,55	9,56	12,58	13,38
MF 3%	8,55	11,50	14,02	
MF 4%	8,49	10,82	12,3	
MF 4%	7,89	9,77	12,53	12,11
MF 4%	7,48	9,09	11,5	

Tabla 3. Resultados de resistencia de compresión, longitud de fibra 3cm.

Nomenclatura

MB: Mortero base

MF: Mortero fibra

En la tabla 4. se muestran los resultados de los ensayos de compresión de los 27 cubos de mortero con fibra a 5cm de longitud.

Muestras	Resistencia a compresión KN			Promedio a los 28 días
	7	14	28	
MB	9,85	12,96	16,41	15,54
MB	9,86	13,36	15,9	
MB	9,02	11,59	14,31	
MF 2%	7,40		11,05	10,61
MF 2%	6,00	8,95		
MF 2%	6,99	7,07	8,95	
MF 2%		9,71	11,84	
MF 3%	8,78	10,16	12,54	10,30
MF 3%	6,71			
MF 3%	5,19	7,50	9,87	
MF 3%		6,97	8,5	
MF 4%	6,81			8,87
MF 4%	5,51	8,69	9,87	
MF 4%		6,82	8,74	
MF 4%	5,21			
MF 4%		6,33	8,01	

Tabla 4. Resultados de resistencia de compresión, longitud de fibra 5cm

Nomenclatura

MB: Mortero base

MF: Mortero fibra

En la tabla 5, se refleja la consolidación de los resultados de los ensayos de resistencia a compresión con un promedio a los 28 días, de las 6 matrices diferentes de mortero, con las variables de contenido y longitud de fibra. En la muestra de Mortero Base (MB) sin presencia de fibra, evidentemente se muestra superior en la resistencia a la compresión con 15.54 KN o 6.21MPa, mientras en las muestras que se incorpora fibra de coco la matriz más favorable en la que incorpora la fibra en un 3% con una longitud de 3cm. alcanzando una resistencia de 13.38KN o 5.35 MPA y el porcentaje más desfavorable con relación a la compresión fue la matriz con 4% fibra de coco con 5cm de longitud.

Según los resultados de los morteros base y el mortero con 3% de fibra de coco de 3cm., se categorizan como un mortero tipo M5, según la clasificación de morteros de la NEC 15, la utilidad principal de este tipo de mortero es para pegar bloques y enlucir paredes, no se lo considera como mortero apto para mampostería estructural.

Diagrama de resultados de resistencia a la compresión, con las variables de porcentaje de fibra y longitud de fibra.

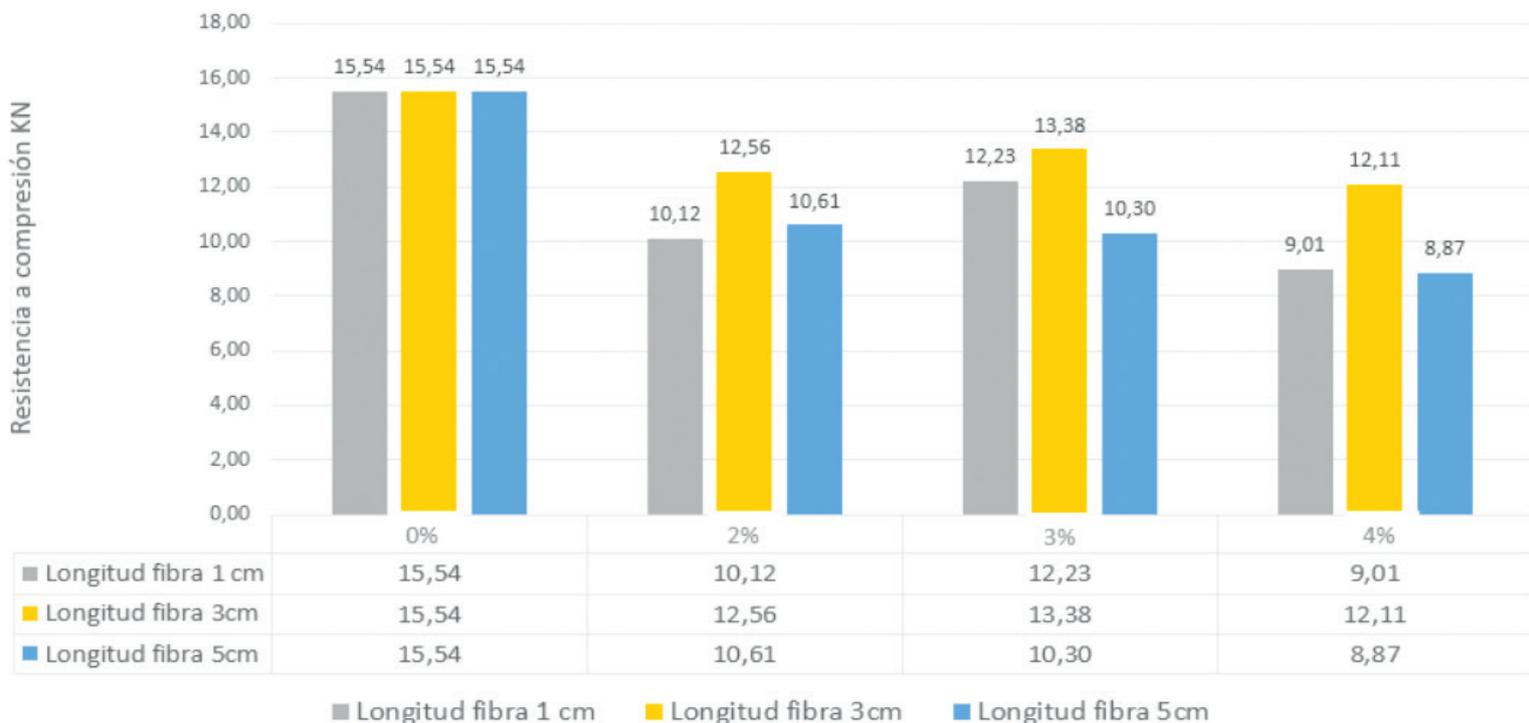


Tabla 5. Resultados de los ensayos de resistencia a compresión.

Para la prueba de resistencia a flexión se realizaron 90 prismas de 5x5x20cm, Fig. 3, según la norma ASTM C348, con una dosificación 1:3 y con las 3 variables de porción de fibra de coco 2%, 3%, 4% y la longitud de 1 cm de fibra, las pruebas de resistencias se las llevó a cabo los días 7, 14, y 28, en cada uno de estos días se ensayaron 3 prismas de muestras, los resultados se detallan en la Tabla 2.



Fig 5. Muestras de los prismas de mortero.

En las Tablas 6-7 y 8 se detallan los resultados de los ensayos de flexión, a los 7, 14 y 28 días, además se promedian los resultados por cada porcentaje de incorporación de fibra.

Muestras	Resistencia a flexión (KN)			Promedio a los 28 días
	7	14	28	
MB	1,58	2,07	2,63	2,53
MB	1,48	2,00	2,39	
MB	1,62	2,09	2,58	
MF 2%	1,07	1,30	1,60	1,65
MF 2%	1,13	1,33	1,69	
MF 2%	0,98	1,36	1,66	
MF 3%	1,28	1,48	1,83	1,84
MF 3%	1,14	1,28	1,68	
MF 3%	1,22	1,64	2,00	
MF 4%	1,35	1,72	1,96	1,74
MF 4%	1,11	1,38	1,77	
MF 4%	0,96	1,17	1,48	

Tabla 6. Resistencia de flexión, longitud de fibra 1cm.

Muestras	Resistencia a flexión (KN)			Promedio a los 28 días
	7	14	28	
	1,58	2,07	2,63	2,53
MB	1,48	2,00	2,39	
MB	1,62	2,09	2,58	
	1,52	1,84	2,28	2,35
MF 2%	1,74	2,06	2,60	
MF 2%	1,28	1,78	2,17	
	1,80	2,08	2,57	2,59
MF 3%	1,63	1,82	2,39	
MF 3%	1,71	2,30	2,80	
	1,70	2,16	2,46	2,38
MF 4%	1,50	1,86	2,38	
MF 4%	1,50	1,82	2,30	

Tabla 7.
Resistencia de
flexión, longitud
de fibra 3cm.

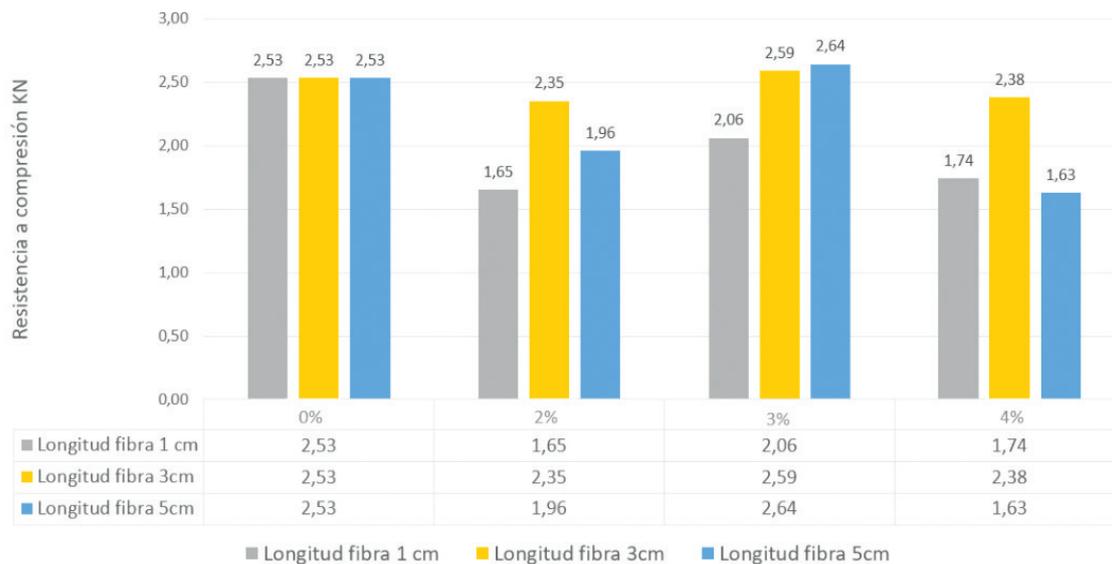
Muestras	Resistencia a flexión (KN)			Promedio a los 28 días
	7	14	28	
	MB	1,58	2,07	
MB	1,48	2,00	2,39	
MB	1,62	2,09	2,58	
MF 2%	1,48	1,79	2,21	2,02
MF 2%	1,32	1,56	1,97	
MF 2%	1,12	1,55	1,89	
MF 3%	2,28	2,64	3,26	2,64
MF 3%	1,44	1,61	2,12	
MF 3%	1,56	2,09	2,55	
MF 4%	1,36	1,74	1,97	1,63
MF 4%	0,83	1,02	1,31	
MF 4%	1,04	1,27	1,60	

Tabla 8. Resistencia de flexión, longitud de fibra 5cm.

En la tabulación de resultados de la resistencia a flexión en el mortero, Tabla 9, identificamos que la fibra de coco favorece a la flexión, la mezcla sin fibra de coco alcanza una resistencia de 2.53 KN, mientras que la mezcla con 3% de fibra de coco a 5cm de longitud llega a 2.64KN.

Tabla 9. Resultados de la resistencia a flexión en el mortero.

Diagrama de resultados de resistencia a la flexión, con las variables de porcentaje de fibra y longitud de fibra.



6.2. Matriz de polímeros y fibra de coco

Históricamente los plásticos han estado relacionados a la contaminación ambiental, por su desenfrenada producción, masivo consumo y descontrol como residuo, es así, como se lo determina como un alto impacto negativo desde su extracción hasta su disposición final Zheng, J., & Suh, S. (2019); Quiñones L. (2021), según las proyecciones y tendencia de consumo para el 2050 existirán sólo en vertederos hasta 12 millones de toneladas métricas de residuos plásticos que contribuirán a 16 millones de t de Gases de Efecto Invernadero (GEI) según Grimberg, E. (2019); Compagnone, A. (2022). Garelli O. Geyer. R. et al. (2017) y Parker L. (2021)

Sin embargo, esta problemática ambiental de residuos plásticos se puede convertir en una oportunidad que aporte al dinamismo económico social de una población, según los principios de la economía circular, que resalta la importancia de manejar los residuos de forma que se puedan reciclar, sin que se desintegren, Tom Szaky (s.f); Elsevier. (s/f) y Pon J (2023); es así como un producto reciclable implica que el material se mantiene en el ciclo de reutilización; se puede transformar en nuevos productos con más valor y menos utilización de energía. Royte, E. (2019). En este sentido, organizaciones mundiales ven como clave para el progreso de nuevas estrategias duraderas para los desafíos socioeconómicos y ambientales que buscan un correcto desarrollo compartido. Gámez, M. J. (2015); Morán M. (2015; Pozo Barrezueta, H. D. et al., (2017); y Solíz, M., Lema, A.

Así mismo, en Ecuador la Ley Orgánica sobre plásticos de un solo uso, el Código Orgánico del Ambiente (COA) argumentan que en el Art. 1 y Art. 9. esta ley tiene como objetivo el establecer un marco legal para la regulación de la generación de los residuos generados por plásticos de un solo uso, esto mediante un regulado consumo, el reciclaje y reutilización de los mismos, además, en las políticas para la gestión del plástico en el Ecuador, resuelve, viabilizar medidas o actividades que demuestren, producción de bioplásticos degradables o compostables, promoción de ciclo cerrado

de vida de productos plásticos y la reutilización o reciclaje de materiales plásticos no biodegradables, entre algunas determinaciones resaltables.

Los investigadores no han dejado pasar esta oportunidad de transformar los residuos de plásticos en un nuevo material, es así como en la actualidad la aplicación de estas nuevas matrices poliméricas se emplea para la elaboración de bloques y tejados para viviendas, Pérez E. (2022); Ludueña Y. (2022); Romero A. et al., (2018), logrando una alternativa de construcción de viviendas sostenibles, Dazne A. (2013).

Continuando con el hilo de investigaciones previas, se aplicó una investigación experimental para entender el efecto que podría causar la presencia de la fibra de coco en una matriz de polímeros, conformada por polietileno de baja densidad, polietileno de alta densidad y polipropileno, de esta manera, se transforman residuos en un nuevo material, como propuesta de material de construcción para viviendas en el cantón de Portoviejo y Rocafuerte.

6.2.1. Metodología

Fase 1.

El levantamiento de información inicial se procedió con la revisión bibliográfica y la búsqueda de fábricas que aplican los residuos del plástico para sus procesos de elaboración de nuevos materiales en la ciudad de Portoviejo, aplicando entrevista semiestructurada como técnica de recolección de datos, que tenían la finalidad de recoger la experiencia en los procesos y dosificaciones que conlleva la elaboración de estos nuevos materiales reciclados.

Fase 2.

Acogiendo la experiencia de la fábrica y por ser una investigación experimental se procedió a proponer diferentes procesos de obtención de una placa de polímeros, buscando la incorporación óptima de la fibra para que sea un elemento que favorezca en las características mecánicas del material.

Fase 3.

Finalmente se realizó la comprobación de las resistencias mecánicas a flexión y compresión, aplicando ensayos de materiales con la Máquina Hidráulica y Máquina Universal Shimadzu UH-F500Knx, precisión 0.00001. bajo las normativas ASTM D790 y ASTM D638.

6.2.2. Desarrollo

Fase 1.

Para lograr una compresión de los componentes de la matriz, es necesario conocer los conceptos principales de los elementos a utilizar, así entender el comportamiento individual de cada elemento y estratégicamente combinarlos para obtener un material compuesto con resistencias mecánicas adecuadas y proponerlo como el reemplazo de la mampostería tradicional en una vivienda.

Las macromoléculas conocidas como polímeros están formadas por una o varias unidades químicas de forma repetitiva, o monómeros, que se extienden a lo largo de toda la cadena, ZS España. (2019). El campo de los polímeros o también conocidos como macromoléculas sintéticas tiene una amplia aplicación diaria según Báez, J.E. (2010). Grandes variedades de objetos tienen a los polímeros como su componente importante, algunos ejemplos de este vendrían a ser las bolsas, adhesivos, la ropa, ciertas partes de automóviles, entre otros. Báez agrega que "La mayoría de los polímeros presentan características de resistencia química, esto quiere decir que puede resistir la oxidación en comparación con los metales". De esta misma forma Báez agrega que:

Los científicos saben que todo en nuestro mundo se puede cambiar inicialmente químicamente. Por lo tanto, usar los términos "contaminantes que no se pueden degradar" o "plásticos que no se pueden degradar" es incorrecto porque todos los contaminantes son materiales y todos los materiales se pueden cambiar o, en este caso, degradar (ya sea por oxidación, combustión, radiación, biodegradación, hidratación, pirólisis, etc.). En relación con el punto anterior, ha surgido una nueva familia de productos químicos conocidos como polímeros biodegradables de alquilfenol para su uso en aplicaciones a corto plazo.

Según Coreño J. et al., (2010) en su investigación "Relación estructura-propiedades de polímeros", los polímeros que presentan ambos tipos de regiones, es decir que son parcialmente cristalinos, se denominan semi-cristalinos. Por otro lado, aquellos cuya composición molecular está completamente desordenada se denominan amorfos. El primer grupo incluye poliamidas, poliésteres y polietilenos, mientras que el segundo grupo incluye caucho natural, resinas fenólicas y cementos de caucho como el acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS).

La misma cita de Sauer, 1977 que se usó en Coreño J. et al., (2010) afirma que "Las amorfas les dan flexibilidad y tenacidad a las partículas mientras que las regiones cristalinas le dan rigidez y resistencia".

En base a la información recopilada de la publicación de Osés O. (2018) podemos estar al tanto que:

Hoy en día, contamos con una variedad de aplicaciones de polímeros que aportan múltiples beneficios a la construcción, equipamientos de viviendas y otras obras. Además una de sus tareas más predecibles es encontrar el equilibrio entre las necesidades del desarrollo humano, la protección del medio ambiente y la salud de todos los habitantes, presentando las siguientes ventajas:

- Duraderos y resistentes a la corrosión. Esta razón hace que se apliquen a elementos expuestos al aire libre debido a que pueden durar por décadas.
- Permite el ahorro de energía gracias a que son grandes aislantes de altas o bajas temperaturas.
- Aislantes acústicos.
- Mucho más livianos que otros materiales empleados en la edificación, lo que los hace cómodos y sencillos de trasladar y guardar.
- Una gran relación costo - beneficio.
- La mayoría son amigables con el medio ambiente: se pueden reciclar, reutilizar o transformar en una fuente de energía.

Un componente importante que se propone utilizar en la matriz es el Polietileno, polímero (PE) derivado del etileno, el cual es un gas extraído del petróleo y se menciona que este en realidad se trata de una familia de plásticos ya que según su densidad lo hay en varios tipos. Materiales Ecológicos (2021).

Dentro de las características que proporciona el polietileno, señala que las propiedades mecánicas fundamentales son la resistencia, rigidez, la elasticidad, elasticidad y la capacidad energética. Y con referencia a Gaggino (2008), respecto al peso específico "Los ladrillos, bloques y placas elaboradas con plásticos reciclados son livianos por el bajo peso específico de la materia prima."

Macías E. (2015) añade que el etileno es sometido a un reactor para un proceso de polimerización. Mientras que Aceromafe plantea en el 2021 que este es el polímero más común ya que se utiliza en los productos cotidianos, también conocido como "plástico". El polietileno es un polímero termoplástico con un color blanquecino el cual se pueden producir a nivel mundial hasta 65 millones de toneladas cada año.

Citando nuevamente a Materiales Ecológicos (2021) y Macías E. (2015) postulan que el primer paso para la obtención del polietileno es la extracción del petróleo donde se los lleva a buques-tanque donde son separados con el fin de que estos puedan ser aprovechados. Luego el petróleo se introduce en alargados recipientes de acero conocidas como columnas de destilación para dividir los distintos hidrocarburos según su densidad.

Así mismo estos autores mencionan que:

- Bajo ciertas condiciones de catalizador, presión y temperatura, se produce la polimerización que origina las largas cadenas conocidas como Polímeros. Estos polímeros son termoplásticos sólidos con forma de gránulos o "pellets", que sirven como materia prima para los transformadores que los convierten en diversos productos plásticos mediante los procesos de extrusión, soplado, moldeo o inyección.
- Polietileno de Baja Densidad PE-BD. De acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana en el 2012 (p.9) este PE-BD es utilizado por lo general para la elaboración de recubrimientos para cartones de leche, tapas de contenedores, juguetes, cables, botellas, entre otros. Esto es debido a su gran dureza y flexibilidad, además por su relativa transparencia y su fácil sellado mediante el calor.
- El Polietileno Alta Densidad PEAD. Cárdenas J., et al. Lo describe como uno de los más utilizados a nivel mundial, y esto se debe a que es la materia

prima de muchos productos plásticos que se usan día a día y añadiendo su bajo costo pese a sus altas propiedades químicas y físicas. Este puede ser moldeado casi de cualquier forma, extruirse para hacer fibras o ser soplado para hacer películas delgadas (2019 p.113)

El Polietileno de alta densidad también suele ser utilizado para la creación de tuberías para conducción de agua potable y riego ya que, por sus características de resistencia a la abrasión y propiedades eléctricas, los tubos de acero a diferencia de los tubos de PEAD no se ven expuestos a la erosión según pruebas comparativas de acuerdo al Catálogo de Productos de Polietileno de Alta Densidad de TIGRE., Bolivia (s.f p.7)

Otro polímero aplicado en la matriz que se propone es el Polipropileno (C₃H₆), según la tesis doctoral de Monzó M. (2015 p. 23):

- Un plástico termo conformado o técnico que básicamente se utiliza para la construcción de piezas que necesitan resistencia química, peso ligero y fricción suave.
- El polipropileno cumple tareas como fibra y como plástico. Corso P., et al., menciona que este se obtiene de la extracción del gas petróleo. Es un material bastante resistente al calor que puede ser ablandado a una temperatura un poco más elevada de 150°C. Así mismo es bastante resistente a los golpes a pesar de que puede ser doblado muy fácilmente por su baja densidad. (2016)

Por otro lado, dentro del levantamiento de información que le precede a la presente investigación, es indispensable conocer la realidad de los residuos plásticos post industriales en la ciudad de Portoviejo, por este motivo se realizó una entrevista al Sr. Robert Tapia, encargado de la empresa EXPLAST en Portoviejo y especialista en la elaboración de tapas de alcantarillado a base de materiales alternativos como el residuo postindustrial, la información relevante de la entrevista se enmarca en la dotación de la materia prima el polietileno de alta y baja densidad y el polipropileno que es comprado directamente a las fábricas que elaboran artículos de plásticos en los cantones de Manta y Portoviejo a un valor de 0.46 ctvs. a 0.75ctvs el Kilogramo, cabe indicar que estos residuos deben ser lavados con agua y jabón previo a su uso. Además, según su experiencia el método recomendado es el de extrucción y presión para la elaboración de las tapas y tablas plásticas, este proceso consiste en zonas de la camisa de la máquina que

tiene temperatura mediana/baja (180°C), mediana (200°C) y mediana/alta (250°C). En la máquina (tornillo), se va con una hélice más ancha desde atrás conocida como zona de empuje que es donde se ingresa el material; luego, se tiene la zona de compresión con la hélice intermedia y por último, la zona más fina llamada zona de fundición; luego de todo esto, continúa el proceso de enfriamiento que progresivamente baja su temperatura por ser macizo; el proceso de enfriamiento es muy importante, ya que producto de su proceso de dilatación, es el responsable de mantener la forma y tamaño que se desea de la pieza moldeada; el tiempo aproximado de enfriamiento es entre 15 o 20 minutos. Anexo 5.

Fase 2.

Tomando como base la experiencia exitosa de la elaboración de los materiales termoplásticos postindustriales reciclados, dada por la empresa EXPLAST en Portoviejo, se realizaron muestras a base de una dosificación 1:1:1 en kg de Polietileno de Baja Densidad (PEBD), Polietileno de Alta Densidad (PEAD) y Polipropileno (PP), y la proporción de fibra de coco y el proceso de elaboración, son las variables experimentales estudiadas. Fig.1



Fig 1. : Fig 1a Polietileno de baja densidad, residuos industriales de la elaboración de fundas plásticas, Fig. 1b Polietileno de alta densidad, residuos industriales de la elaboración de botellas de agua, bidones, Fig. 1c Polipropileno de inyección, residuos industriales de la elaboración de sillas, mesas, tinas plásticas.

La preparación de la fibra de coco, consistió en una limpieza de la fibra libre de endocarpio y agentes externos diferente a la fibra; para mejorar la adherencia de la fibra a la matriz de polímero se procedió a lavar con agua y luego sumergirla por 48h en una solución acuosa de hidróxido de sodio de 1,6 mol/l, luego las fibras resultantes se vuelven a sumergir en una solución con ácido acético 100ml por 4h., una vez limpia la fibra se esparce en una superficie seca y libre, expuesta al sol por 48h aproximadamente. (Arrakhiz et al., 2013) (Le Troedec et al., 2008) Para culminar el proceso de secado y eliminar la humedad, la fibra ingresa al horno a 100°C por 48 h.

Una característica física de la fibra para para ingresar a la mezcla de polímeros es la longitud de la fibra, es por esto que luego se procedió con el corte de la fibra, que de acuerdo a la experiencia con el uso, se determinó longitudes entre 1 a 6 cm Fig. 2. (Quiñones-Bolaños et al., 2021)



Fig 2. Fibra de coco, limpia y cortada entre 1 a 5cm.

La primera propuesta de placa de polímeros más fibra de coco, consistió en una placa tipo sandwich con 4 capas de polímeros y 3 capas de fibra de coco, las capas de polímeros responden a la dosificación base 1:1:1

Materiales:

- 1kg de polietileno de baja densidad,
- 1kg de polietileno de alta densidad,
- 1kg polipropileno,
- 1kg de fibra de coco.

Método de elaboración:

Se lubrica el molde de acero, en un recipiente aparte se mezclan los 3 polímeros homogéneamente, se coloca en el molde la primera capa, luego colocamos una la capa de fibra de coco y encima se vuelve a colocar la mezcla de los polímeros, hasta terminar las 5 capas, ingresa al horno por 90min a 200°C. Fig. 3a

Resultado:

La fibra de coco no permitió la transferencia de calor dentro de la mezcla, provocando un material sin fundir. Fig. 3b

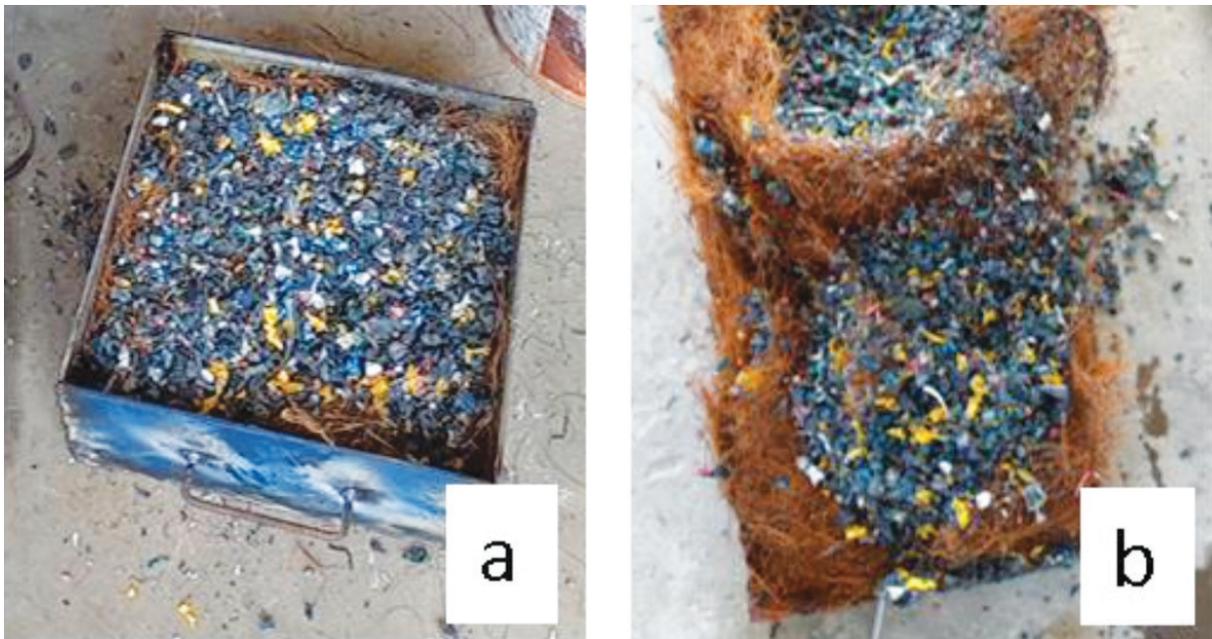


Fig 3. : Fig. 3a placa con las capas de polímeros y de fibra de coco, Fig. 3b. placa abierta por la mitad, comprobación de la falta de fundición de los polímeros.

La segunda propuesta de placa de polímeros más fibra de coco, consistió en una placa tipo confinada, rellena con fibra.

Materiales:

- 1kg de polietileno de baja densidad,
- 1kg de polietileno de alta densidad,
- 1kg polipropileno,
- 0.5 kg de fibra de coco.

Método de elaboración:

Se lubrica el molde de acero, en un recipiente aparte se mezclan los 3 polímeros más la fibra de coco homogéneamente, se comprime la mezcla y paralelamente se la enfría con agua. Fig. 4a

Resultado:

Se logró una mezcla homogénea compacta, pero con vacíos en el interior. Fig. 4b

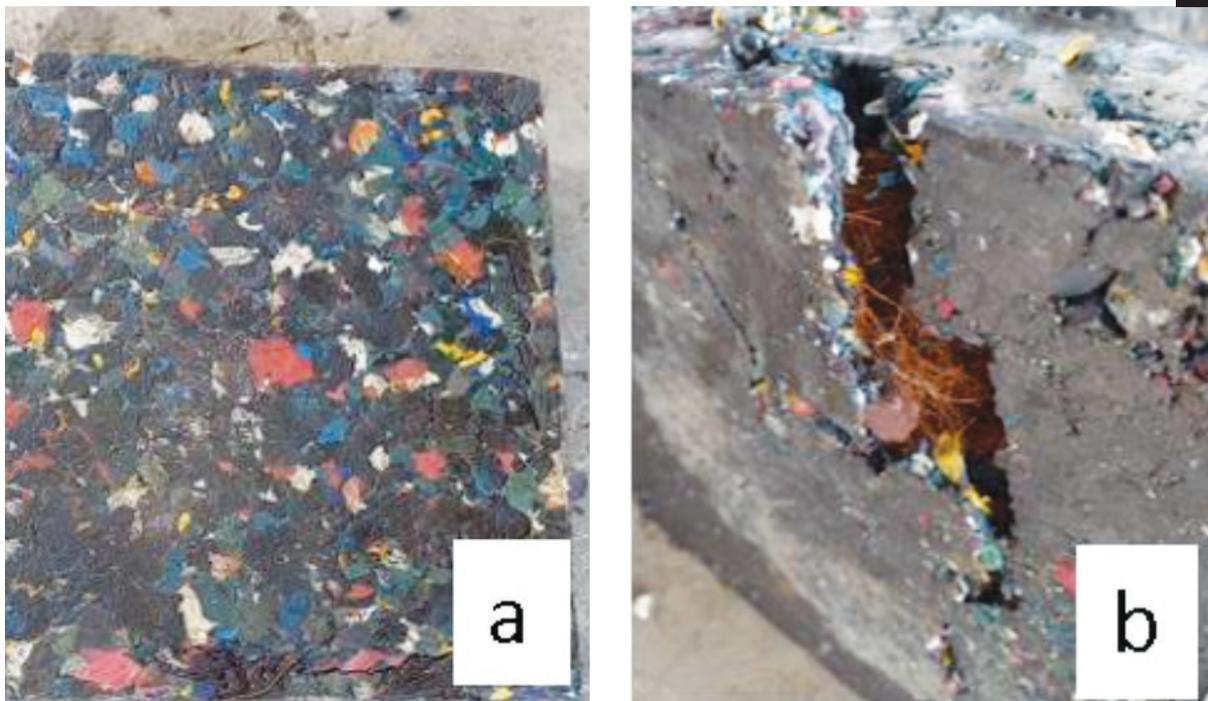


Fig 4. : Fig. 4a placa con envoltura de polímeros y rellena de fibra de coco,
Fig. 4b. placa abierta por la mitad, comprobación de la falta de fundición de los polímeros.

Para la tercera propuesta el método utilizado para la fabricación del panel termoplástico industrial reciclado es por extrusión - presión, también conocido como método de "inyección" mediante una inyectora de plástico.

Materiales:

- 1kg de polietileno de baja densidad,
- 1kg de polietileno de alta densidad,
- 1kg polipropileno,
- 0.5 kg de fibra de coco.

Método de elaboración:

Los polímeros granulados se inyectan a presión al molde a través de una boquilla y se mantiene una presión constante mientras se enfría la pieza dotándolo de su forma final. Los gránulos de termoplásticos industriales reciclados son integrados a la tolva para que mediante distintas hélices ubicadas dentro de la camisa calefactora logren que el plástico se funda. Estas hélices van ubicadas de más anchas a más finas con temperaturas controladas que van de 180°C; 200°C y 250°C para que así el material se homogenice y se plastifique de manera correcta para posteriormente ser inyectado en el molde. Fig. 5

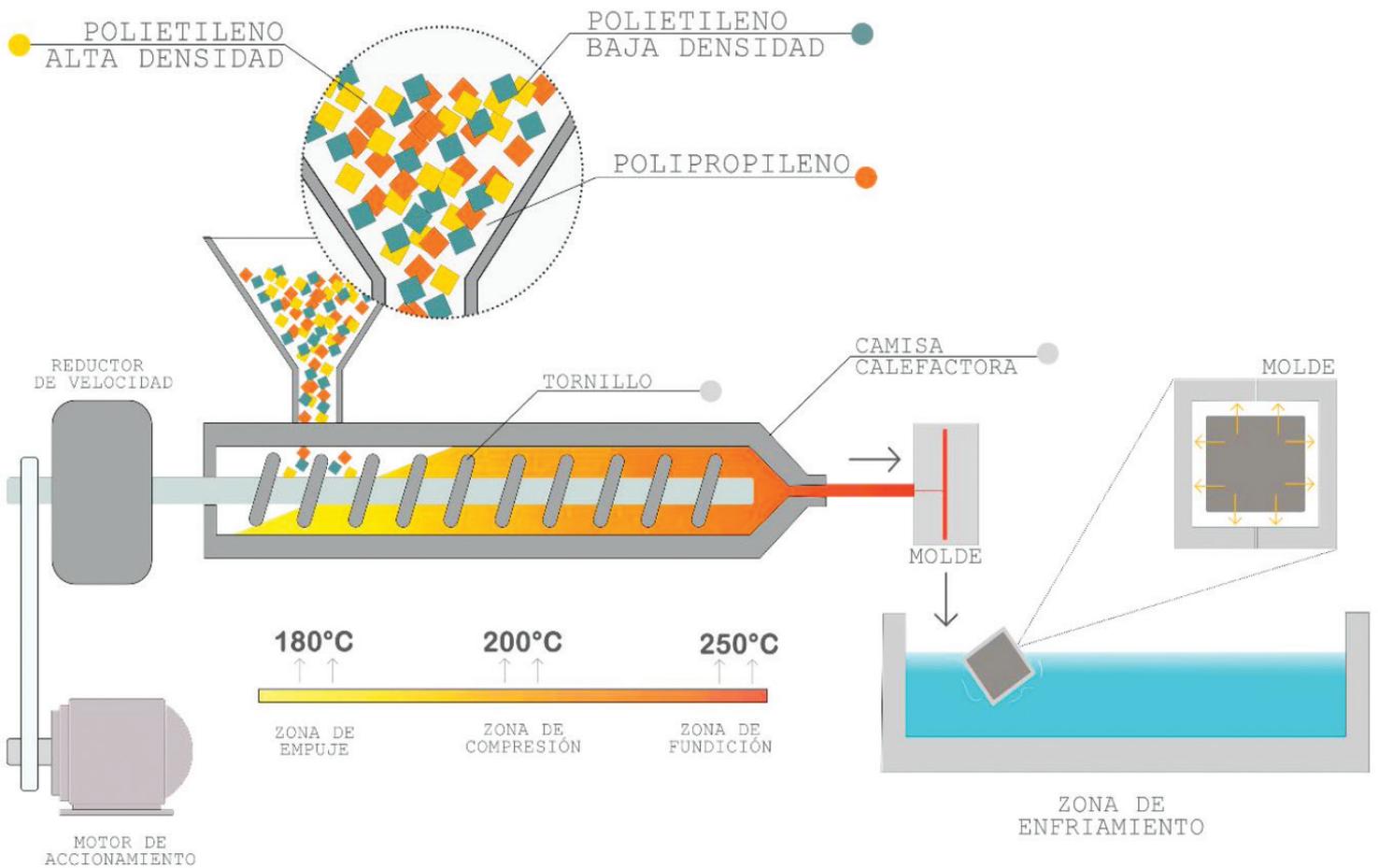


Fig 5. Proceso de fundición de los materiales mediante distintas temperaturas.

Existen tres aspectos importantes a tomar en cuenta durante este procedimiento.

- Temperatura, debe ser de una forma controlada y precisa para conseguir que los polímeros inyectados se fusionen correctamente. En el proceso de enfriamiento es importante la temperatura y el tiempo de enfriado, esto dependerá del tipo de pieza requerido (tamaño, forma).
- Presión, aplicada durante el proceso también es un factor importante para asegurar que el material primario se adhiera correctamente al molde. Uno de los requisitos más críticos del proceso es ejercer una presión constante y fuerte.
- Velocidad, el material derretido por el calor de las cavidades se traslada al molde en un instante. Es importante que este traslado sea veloz y preciso, porque el enfriamiento del material comienza desde que entra al molde. Por eso, hay que controlar bien el tiempo y la forma de pasar al molde.
- Terminando el relleno de los moldes con la mezcla, se obtienen las muestras y se proceden a ser cortadas en medidas iguales para ser ensayadas en el laboratorio.

Resultado:

Se logró una placa compacta, homogénea, con muy pocos vacíos. Fig. 6



Fig 6. Placa de polímeros más fibra de coco.

Fase 3.

En el proceso experimental se propuso la aplicación de diferentes técnicas de elaboración de los paneles, con la intención de buscar la incorporación de la fibra de coco a la matriz de polímero como un aditivo que favorezca a las resistencias mecánicas de flexión y compresión del nuevo material reciclado.

En las propuestas uno y dos, no se logró la fundición óptima de los polímeros conllevando a tener desprendimientos de los componentes de la matriz, por tanto, se descartaron todas estas muestras.

La propuesta tres, gracias al proceso de extracción, inyección y moldeo de la matriz de polímeros más la fibra de coco, todos los componentes se integraron homogéneamente, por este motivo, se escogió este proceso de elaboración del nuevo material, lo que conduce a una segunda fase de investigación experimental, donde la variable es la dosificación de los componentes.

Se elaboraron 3 propuesta con diferentes dosificaciones, donde la variable era el porcentaje de incorporación de fibra de coco, manteniendo la misma matriz de polímeros, los porcentajes de fibra fueron, 25%, 20% y 15%, Fig. 7, más las muestras de la matriz de polímeros sin fibra de coco, para analizar las diferencias en los resultados de los ensayos de resistencia de compresión y flexión. Fig. 8a Cubos de 5x5x5 cm, para ensayo de resistencia a la compresión y Fig. 8b vigas de 5x5x40 cm, para ensayo de flexión.

Fig 7. Placa de polímeros más fibra de coco 25%, 20% y 15%.





Fig 8. Especímenes de las placas de polímeros más fibra de coco, Fig. 8a muestras para ensayos de resistencia a la compresión. Fig. 8b muestras para ensayos de resistencia a la flexión.

MUESTRAS DE PLACAS CONFINADAS DE POLIETILENO DE BAJA Y ALTA DENSIDAD, POLIPROPILENO Y FIBRA DE COCO, PRUEBA DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN.

MUESTRA	CONTENIDO				Volumen cm ³	PESO gr.	DENSIDA D gr/cm ³
	POLIETILENO BAJA	POLIETILENO ALTA	POLIPROPILENO	FIBRA DE COCO			
1,1					125	127,63	1,02
1,2	33,33	33,33	33,33	0	125	127,70	1,02
2,1					125	99,59	0,80
2,2	25	25	25	25	125	99,65	0,80
3,1					125	119,30	0,95
3,2	26,67	26,67	26,66	20	125	119,01	0,95
4,1					125	124,90	1,00
4,2	28,33	28,33	28,33	15	125	124,81	1,00

Tabla 1. Dosificación y datos físicos de las ocho muestras.

En la tabla 1, se detallan las cuatro diferentes dosificaciones del material compuesto, las muestras 1,1 y 1,2 es el material referencial sin fibra de coco, las muestras 2,1 y 2,2 se incorpora 25% de fibra de coco, las muestras 3,1 y 3,2 se incorpora 20% de fibra y por último las muestras 4,1 y 4,2 con 15% de fibra, respecto al peso de las muestras evidentemente se demuestra que la incorporación de fibra reduce el peso de los materiales con una diferencia aproximada de 28,11 gr. con la inclusión del 25% de fibra de coco.

RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

MUESTRA	VELOCIDAD	RESISTENCIA A COMPRESIÓN		PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
	Mpa/s	Kg/cm ²	MPA	MPA
1,1	0,25	195,88	19,2	19,31
1,2		198,06	19,42	
2,1	0,25	214,86	21,06	21,79
2,2		229,67	22,52	
3,1	0,25	197,86	19,4	19,53
3,2		200,59	19,67	
4,1	0,25	197,92	19,4	19,43
4,2		198,4	19,45	

Tabla 2. Resultados del ensayo de resistencia a compresión de 8 muestras.

En la Tabla 2, se demuestran los resultados de las resistencias a la compresión, la muestra con 25% de fibra alcanzó la mayor resistencia, además se evidenció que la reducción de resistencia a compresión es proporcional hasta la muestra sin fibra de coco.

MUESTRAS DE PLACAS CONFINADAS DE POLIETILENO DE BAJA Y ALTA DENSIDAD, POLIPROPILENO Y FIBRA DE COCO, PRUEBA DE RESISTENCIA A FLEXIÓN.

MUESTRA	CONTENIDO %				Volumen cm ³	PESO gr.	DENSIDAD gr/cm ³
	POLIETILENO BAJA	POLIETILENO ALTA	POLIPROPILENO	FIBRA DE COCO			
1,1	33,33	33,33	33,33	0	1000	1010,30	1,01
1,2						1010,54	1,01
2,1	25,00	25,00	25,00	25	1000	803,20	0,80
2,2						803,40	0,80
3,1	26,67	26,67	26,66	20	1000	935,00	0,94
3,2						935,34	0,94
4,1	28,33	28,33	28,33	15	1000	1002,50	1,00
4,2						1001,30	1,00

Tabla 3. Dosificación y datos físicos de las ocho muestras, para ensayo de flexión.

Para llevar a cabo el ensayo de tracción se muestrearon ocho vigas, en la tabla 3, se resume la dosificación, volumen, peso y densidad, se resalta una vez más que la incorporación de la fibra reduce el peso del material e influye directamente en la reducción de la densidad.

**MUESTRAS DE PLACAS CONFINADAS DE POLIETILENO DE BAJA Y
ALTA DENSIDAD, POLIPROPILENO Y FIBRA DE COCO**

MUESTRA	VELOCIDAD	RESISTENCIA		PROMEDIO DE RESISTENCIA
		A FLEXIÓN	A LA FLEXIÓN	
1,1	0,10	132,76	13,01	13,05
1,2		133,5	13,08	
2,1	0,10	158,39	15,52	15,58
2,2		159,42	15,63	
3,1	0,10	176,12	17,26	17,37
3,2		178,20	17,47	
4,1	0,10	132,50	12,99	12,94
4,2		131,50	12,89	

Tabla. 4. Resultados del ensayo de flexión, de 8 muestras.

En los resultados de los ensayos de resistencia a flexión Tabla 4, se evidencia que la incorporación del 20% de fibra de coco a la matriz de polímeros, favoreció al desempeño a la flexión del material.



Conclusiones



“

**La naturaleza no necesita
al hombre, pero el hombre
no puede vivir sin ella.**



7.CONCLUSIONES

Claramente a lo largo de las investigaciones se ha demostrado los multimpactos negativos que el sector de la construcción ha provocado sobre el medio ambiente, por este motivo, la elección de materiales sostenibles y prácticas constructivas respetuosas con el ambiente y la sociedad, se ha convertido en una necesidad imperativa en la industria de la construcción y es prioridad dentro de la cuarta revolución industrial.

En los procesos agroindustriales se producen una gran cantidad de residuos orgánicos e inorgánicos, que afectan directamente al medio ambiente y el bienestar en la sociedad, existe gran acervo bibliográfico dando soluciones innovadoras y propuestas de nuevos materiales reciclados, además de normativas nacionales e internacionales que intentan regular el debido proceso de gestión de residuos; estas acciones direccionan a la aplicación de procesos de reuso de materiales, sin embargo, en países en vía de desarrollo difícilmente se avizora una aplicación eficiente de procesos de reciclaje, los cuales son principios básicos para la aplicación de la economía circular.

Un residuo agroindustrial que se ha estado aplicando en diferentes matrices de materiales compuestos, es el residuo de coco, tanto la fibra como el endocarpio; investigaciones demuestran el valor agregado que los residuos de coco pueden proporcionar a diversos materiales empleados en la construcción y a los distintos actores involucrados en la producción y distribución de los productos de coco.

El Ecuador es un país agrícola que posee un gran cúmulo de legislación ambiental nacional, sin embargo, la fuente de datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería, no posee información de frutas importantes que se producen en la costa ecuatoriana, como es el caso del coco, que no registra datos actualizados de hectáreas sembradas y toneladas de producción.

En lo que respecta al manejo de residuos de coco en la provincia de Manabí, se evidenció una gestión inadecuada del manejo de estos residuos, lo que inquieta a los ciudadanos y responsables de los rellenos sanitarios municipales, el problema se agudiza por la escasa información respecto de la producción de coco en el Ecuador, que sin una base de datos que reflejen la problemática real, difícilmente se logran dar solución.

Según los resultados de los actores intervinientes en el ciclo de vida del coco, reflejan importantes impactos negativos de se producen en la etapa de fin de uso del coco, la gran parte de estos residuos son incinerados por los agricultores, la mayoría de los comerciantes y el total de los consumidores comunes envían los residuos al relleno sanitario municipal de los cantones Portoviejo, Manta y Rocafuerte, que son vertidos a las fosas común sin ningún tipo de clasificación de residuos.

Por otro lado tenemos a los recicladores, que a pesar que son la minoría, ellos han transformado los residuos en materiales con usos bastante interesantes y que en la actualidad les generan ganancias económicas, como es el caso de la comercialización del sustrato de fibra de coco, el cordón de fibra de coco para el calafateo y las artesanías. Es resaltable el emprendimiento de los empresarios dedicados a la elaboración de mantos estabilizadores de talud con fibra de coco, sin embargo, conlleva a un análisis del por qué el elevado costo del proceso de preparación de fibra previo a su uso, en comparación al costo de la importación del mismo material desde la India.

Una vez que se comprobó el desaprovechamiento de la fibra y endocarpio de coco en las ciudades de Portoviejo, Manta y Rocafuerte, se justificó la necesidad de investigar a profundidad las características de estos residuos y brindar desde la investigación científica información a nuevos emprendedores del Ecuador.

En el estudio de la caracterización, según la morfología, la fibra posee una superficie escamosa y de composición interna tubular, a diferencia del endocarpio de coco, que posee una superficie lisa y estructura interna densa; estos datos deben ser tomados en cuenta para su incorporación a una matriz de compuestos. Esta caracterización morfológica nos aporta información para determinan la posible adherencia de la fibra y el endocarpio con otros materiales. (San Andrés et al., 2023)

De acuerdo con el análisis físico y mecánico, la fibra de coco posee una resistencia a la tracción que puede aplicarse como aditamento en una mezcla de compuestos para materiales que

necesiten mejorar esta resistencia, además la baja densidad de la fibra y el endocarpio favorece a la reducción de pesos de materiales en los que se incorporen. (San Andrés et al., 2023)

Sobre el análisis termogravimétrico: en la fibra, la mayor pérdida de masa correspondiente a un 35% se da a los 330 °C; respecto al endocarpio, se observa una pérdida de masa de un 41% a los 339 °C, tanto en la fibra como en el endocarpio la pérdida mayor de masa se debe a la pérdida de la celulosa. (San Andrés et al., 2023)

Respecto a los óxidos encontrados en las calcinaciones poseen un contenido de CaO, SiO₂, SO₃, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, P₂O₅ compuestos que se relacionan a la composición química del cemento, sin embargo, es necesario continuar estudiando la ceniza de coco para determinar si podría ser una ceniza puzolánica. (San Andrés et al., 2023)

Una vez estudiadas las características de los residuos de fibra y endocarpio de coco, demuestran ser un componente interesante para la aplicación como materia prima en una nueva matriz de material compuesto, aplicado en el área de la construcción, ya que las propiedades físicas, mecánicas, morfológicas y térmicas; ambos materiales aportarían a mejorar resistencias a cargas y baja densidad; destacando el aporte al medio ambiente por estar reciclando un residuo. (San Andrés et al., 2023)

De acuerdo a los resultados de la caracterización física, química, mecánica, morfológica y térmica del endocarpio y fibra de coco, se propuso la incorporación de la fibra de coco en las matrices de morteros y polímeros, en función de la viabilidad técnica y productiva de materiales útiles aplicados para la construcción de obras civiles, en los cantones de Portoviejo, Manta y Rocafuerte.

Para la matriz de los morteros ensayados con variables de incorporación de fibra de coco según la cantidad y longitud, se determinó según los resultados mecánicos de compresión que el porcentaje recomendado es el 3% en relación al peso del cemento y con una longitud de 3cm de fibra, dando una resistencia de 13.38KN, sin embargo, se evidencia una reducción en la resistencia en comparación con el mortero base que alcanzó una resistencia de 15,54KN.

De acuerdo con los resultados obtenidos de los ensayos a flexión, identificamos el aporte que la fibra le dio a la matriz,

los mejores resultados se dieron con la incorporación del 3% de fibra de coco con una longitud de 5cm logrando una resistencia a flexión de 2.64KN, mientras que el mortero base alcanzó 2.53KN.

En función de los resultados obtenidos en los ensayos de compresión y flexión, determinamos que la fibra de coco favorece a la resistencia a la flexión del mortero en un 4% aproximadamente, mientras que la resistencia a compresión desmejora en un 13% aproximadamente, sin embargo existen otras propiedades del mortero interesantes a analizar y que investigaciones previas arrojan resultados favorables como es el aislamiento térmico y acústico, esto conlleva a motivar la continuidad de la presente investigación.

Por otro lado, el material compuesto obtenido entre los polímeros industriales reciclados y la fibra de coco, demostró que el proceso adecuado para la fundición y mezcla homogénea, es el método de extracción, inyección y moldeo de la matriz de compuestos.

Se realizó un proceso experimental con la matriz de polímeros base y la incorporación de fibra de coco en diferentes proporciones, el resultado de las pruebas de resistencia a la compresión y flexión mostraron significativamente el aporte de la fibra en la matriz, con la incorporación de un 25% de fibra, la resistencia a la compresión fue de 21,79 Mpa, mientras que en la matriz base resultó de 19.31Mpa, lo que demuestra un aumento del 11 % aprox. de la resistencia a la compresión gracias a la incorporación de la fibra, además, la fibra también aportó a la resistencia a la flexión con el incremento de un 20% de fibra, el resultado de la resistencia fue 17.37 MPa, mientras que la matriz base llegó a 13.05 MPa, con un 24% aprox. de diferencia.

Estos resultados nos demuestran que la fibra de coco dentro de la matriz de polímeros industriales reciclados, aportan a las resistencias de compresión y flexión, tomando en cuenta el método de elaboración y la preparación de la fibra antes de usarla.



BIBLIOGRAFÍA

Agrocalidad . (2020). Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Agencia de regulación y Control Fitosanitario. Resolución111. <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/111.pdf>.

Alava Ullauri,J. y López Mero,L. (2022). Estudio de Factibilidad del Uso de la Fibra de Coco para la Elaboración de Mampuesto. Carrera de Arquitectura, Universidad San Gregorio de Portoviejo. Portoviejo, Ecuador: Universidad San Gregorio de Portoviejo. <http://repositorio.sangregorio.edu.ec/bitstream/123456789/2852/1/ARQ-C2022-001.pdf>

Alava Ullauri,J. y López Mero,L. (2022). Estudio de Factibilidad del Uso de la Fibra de Coco para la Elaboración de Mampuesto. Carrera de Arquitectura, Universidad San Gregorio de Portoviejo. Portoviejo, Ecuador: Universidad San Gregorio de Portoviejo. <http://repositorio.sangregorio.edu.ec/bitstream/123456789/2852/1/ARQ-C2022-001.pdf>

Alavedra, P., Domínguez, J., Gonzalo, E., & Serra, J. (1997). La construcción sostenible: el estado de la cuestión. *Informes de la Construcción*, 49(451), 41-47. Disponible en: <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/artic le/view/936/1018>.

Alcivar-Bastidas, S., Petroche, D. M., & Martinez-Echevarria, M. J. (2023). The effect of different treatments on abaca fibers used in cementitious composites. *Journal of Natural Fibers*, 20(1). <https://doi.org/10.1080/15440478.2023.2177235>

Andiç-Çakir, Ö., Sarikanat, M., Tüfekçi, H. B., Demirci, C., & Erdoğan, Ü. H. (2014). Physical and mechanical properties of randomly oriented coir fiber-cementitious composites.

Composites Part B: Engineering, 61, 49-54. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2014.01.029>

Arenas, F. (2018). Los materiales de construcción y el medio ambiente. https://huespedes.cica.es/gimadus/17/03_materiales.html.

Arias Maya, L., & Vanegas Useche, L. (2004). Materiales compuestos inteligentes. *Scientia et Technica*, 2(25). (p. 143). Disponible en: <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/7225/4241>

Arrakhiz, F. Z., El Achaby, M., Malha, M., Bensalah, M. O., Fassi-Fehri, O., Bouhfid, R., Benmoussa, K., & Qaiss, A. (2013). Mechanical and thermal properties of natural fibers reinforced polymer composites: Doum/low density polyethylene. *Materials and Design*, 43, 200-205. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2012.06.056>

Aulestia Altamirano, A. (2020). Análisis de factibilidad del uso de fibra de coco en la fabricación de ladrillos de cemento para construcciones de vivienda en el Ecuador. [Ingeniería Mecánica: Mención en Diseño y Materiales], Universidad Internacional SEK, Facultad de Arquitectura e Ingeniería, Quito, Ecuador. <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3907/1/Andr%C3%A9s%20Israel%20Aulestia%20Altamirano.pdf>

Ávila, P. Z. (2018). LA SUSTENTABILIDAD O SOSTENIBILIDAD: UN CONCEPTO PODEROSO PARA LA HUMANIDAD. *Tabula Rasa* []. 2018, 28, pp.409-423. ISSN 1794-2489. <https://doi.org/10.25058/20112742.n28.18>.

Báez, J. E. (2010). Cómo obtener un polímero degradable en el laboratorio: síntesis de la poli (d, l -lactida) y caracterización por RMN 1 H. *Educación química*, 21(2), 170-177. [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(18\)30168-x](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(18)30168-x)

Bathla A., Narula C. & Chauhan R. P. (2018). Hydrothermal synthesis and characterization of silica nanowires using ice husk ash: an agricultural waste. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 29(8), pp. 6225-6231. <https://www.springerprofessional.de/en/hydrothermal-synthesis-and-characterization-of-silica-nanowires-/15367982>

Batidas Luzuriaga, E. (2013). Estudio Investigativo del Coco, sus Propiedades Nutricionales y su Aplicación en la Gastronomía. [Trabajo de grado, Facultad de Turismo y Preservación Ambiental, Hotelería y Gastronomía, Universidad Tecnológica Equinoccial]. Repositorio UTE.

Batidas Luzuriaga, E. (2013). Estudio Investigativo del Coco, sus Propiedades Nutricionales y su Aplicación en la Gastronomía. [Trabajo de grado, Facultad de Turismo y Preservación Ambiental, Hotelería y Gastronomía, Universidad Tecnológica Equinoccial]. Repositorio UTE.

Bledzki, A. K., Mamun, A. A., & Volk, J. (2010). Barley husk and coconut shell reinforced polypropylene composites: The effect of fibre physical, chemical and surface properties. *Composites Science and Technology*, 70(5), 840-846. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2010.01.022>

Bui, H., Boutouil, M., Levacher, D., & Sebaibi, N. (2021). Evaluation of the influence of accelerated carbonation on the microstructure and mechanical characteristics of coconut fibre-reinforced cementitious matrix. *Journal of Building Engineering*, 39(October 2020), 102269. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102269>

Cárdenas, J., Rojas, A., & Galviz, B. (2019). Cambios en la estructura química del polietileno de alta densidad al experimentar múltiples reprocesamientos. 18(35), 111-124. <https://doi.org/10.22395/rium.v18n35a7>

Castañón, A. M., Granda, S. G., Guerrero, A. M., & Gómez-Fernández, F. (2012). A research of the mineralogy phases of clinker in a Spanish cement using the method of Rietveld. *DYNA (Colombia)*, 79(173 PART I), 41-47.

CASTRO BRIONES, K. L., & MENDOZA SOLEDISPA, S. A. R. A. (2023). Análisis comparativo de métodos internacionales de evaluación sostenible aplicados en la urbanización “Los Bosques” en la Ciudad de Portoviejo. <http://repositorio.sangregorio.edu.ec:8080/handle/123456789/2997>

Chantré Muñoz, S. M. (2022). Metodología para la evaluación del desempeño ambiental de un prototipo de infraestructura básica multipropósito durante su ciclo de vida.

Characterisation of mechanical and thermal properties of copper slag filled composite material with and without coconut fibre. *Materials Today: Proceedings*, xxxx. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.06.054>

Characterisation of mechanical and thermal properties of copper slag filled composite material with and without coconut fibre. *Materials Today: Proceedings*, xxx. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.06.054>

Circle Economy. (2018). *The Fourth Industrial Revolution and the Circular Economy: Opportunities and Challenges for Waste Management*. Recuperado de <https://www.circle-economy.com/resources/the-fourth-industrial-revolution-and-the-circular-economy>

Compagnone, A. (2022, junio 7). Ocho países de América Latina combatirán juntos la basura marina y la contaminación por plásticos. *Noticias ONU*. <https://news.un.org/es/story/2022/06/1509892>

CONPES. (2018). *Construcción Sostenible. Colombia Potencia de la Vida. Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Consejo Nacional de Política Económica y Social. <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/construccion-sostenible/#:~:text=Las%20edificaciones%20sostenibles%20se%20consideran,dise%C3%B1os%20de%20bioarquitectura%20y%20t%C3%A9cnicas>.

Construible. (2022). *Materiales Sostenibles. Todo sobre construcción sostenible*. <https://www.construible.es/materiales-sostenibles/#:~:text=Se%20consideran%20sostenibles%20los%20materiales,del%20uso%20de%20recursos%20naturales>.

Construnova. (2017). *De cocos y estructuras*. <https://construinova.net/2017/03/23/de-cocos-y-estructuras/>.

Coreño-Alonso, J., & Méndez-Bautista, M. T. (2010). Relación estructura-propiedades de polímeros. *Educación Química*, 21(4), 291-299. [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(18\)30098-3](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(18)30098-3)

Corso, P., A, López, A., & C Caleffi, E. al. (2016). *Polipropileno* [Universidad San Antonio de Páez]. <https://ppqujap.files.wordpress.com/2016/05/proceso-depolipropileno.pdf>

Couret, D. G. (2018). Sobre los métodos de evaluación de la sustentabilidad. *Revista Científica de Arquitectura y Urbanismo*, 39(1), 88-98.

Danso, H. (2017). Properties of Coconut, Oil Palm and Bagasse Fibres: As Potential Building Materials. *Procedia Engineering*, 200, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.002>

Del Olmo Rodríguez, C. (1994). Los morteros. Control de calidad. *Informes de La Construcción*, 46(433), 57-73. <https://doi.org/10.3989/ic.1994.v46.i433.1117>

Demera Centeno, S. y Romero Rodríguez, B. (2018). Evaluación del uso de los residuos de cascarilla de arroz como agregado en bloques para la construcción. [Tesis de Maestría], Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Carrera de Medio Ambiente, Bolívar, Manabí. <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/807/1/TTMA5.pdf>

Ecohabitar. (2020). Impacto de los materiales de la construcción, análisis de ciclo de vida. <https://ecohabitar.org/impacto-de-los-materiales-de-construccion-analisis-de-ciclo-de-vida/>.

Ecologicos, M. (2021, febrero 5). ¿Qué es el polietileno, cómo se fabrica y qué productos se hacen con él? *Materiales Ecologicos.es*. <https://materialesecologicos.es/que-es-el-polietileno/>

Elsevier (Ed.). (2017). Propiedades de las fibras de coco, palma aceitera y bagazo: como posibles materiales de construcción. *Ingeniería de procedimientos*, 100, pp. 1-9. doi:<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.002>

Elsevier. (s/f). *Plastics in the circular economy*. Elsevier.com. Recuperado el 1 de septiembre de 2023, de <https://www.elsevier.com/physical-sciences-and-engineering/chemistry/journals/new-chemistry-research/plastics-in-the-circular-economy>

EPA (2019). *Edificaciones sostenibles*. (p. 24). Recuperado a partir de <https://espanol.epa.gov/>

Fabbri, K., Tronchin, L., & Barbieri, F. (2021). Coconut fibre insulators: The hygrothermal behaviour in the case of green roofs. *Construction and Building Materials*, 266, 121026. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121026>

Fan, Z., & Friedmann, S. J. (2021). Low-carbon production of iron and steel: Technology options, economic assessment,

and policy. *Joule*, 5(4), 829-862. [https://www.cell.com/joule/pdf/S2542-4351\(21\)00095-7.pdf](https://www.cell.com/joule/pdf/S2542-4351(21)00095-7.pdf)

FAO. (1986). *La madera de coco: elaboracion y aprovechamiento*. (p.3)

Fernández, I. (2022). El coco como aislante termoacústico natural. *Arquitectura Sostenible*, pp. 1-2. <https://arquitectura-sostenible.es/coco-aislante-termoacustico-natural/>

Flores, P. (2021). *La construcción sostenible en Latinoamérica*. Recuperado a partir de <https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Limaq/article/view/5336>

Frutas & Hortalizas. (2018). *Coco (Coco nucifera/Familia Palmae)*. [https://www.frutas-hortalizas.com/Frutas/Presentacion-Coco.html#:~:text=El%20coco%20\(Cocos%20nucifera%20L,de%20color%20marr%C3%B3n%20y%20peluda.](https://www.frutas-hortalizas.com/Frutas/Presentacion-Coco.html#:~:text=El%20coco%20(Cocos%20nucifera%20L,de%20color%20marr%C3%B3n%20y%20peluda.)

Garelli, O. (2020). Los graves peligros de la incineración de plásticos. *Greenpeace México*. <https://www.greenpeace.org/mexico/blog/4047/los-graves-peligros-de-la-incineracion-de-plasticos/>

Geyer, R. (2017, noviembre 9). El 91 por ciento del plástico que fabricamos no se recicla. *National Geographic*. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2017/07/el-91-por-ciento-del-plastico-que-fabricamos-no-se-recicla>

Gracia-Rojas, J. P. (2015). *Desarrollo sostenible: origen, evolución y enfoques*. (Documento de docencia No. 3). Bogotá: Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia. doi: <http://dx.doi.org/10.16925/greylit.1074>

Granados-Sánchez, D., & Lopez-Rios, G. . (2002). Manejo de la Palma de Coco en México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 8, 39-48. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62980105>

Grimberg, E. (2019). *Residuos Sólidos y Responsabilidad Extendida del Productor*. No-burn.org. <https://www.no-burn.org/wp-content/uploads/Documento-REP-GAIA-ESP-.pdf>

Gupta, S., Krishnan, P., Kashani, A., & Kua, H. W. (2020). Application of biochar from coconut and wood waste to reduce shrinkage and improve physical properties of silica fume-cement mortar. *Construction and Building Materials*, 262, 120688. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120688>

Gutiérrez de López, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción*. Departamento de Ingeniería Civil.

Honda, A., Morita, M., Taniguchi, A., Tabuchi, A., & Kubo, S. (2015). Successful extracorporeal membrane oxygenation for a patient with nearly fatal hypoxemia induced by transfusion-related acute lung injury. *Japanese Journal of Anesthesiology*, 64(11), 1181-1185.

http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/11824/1/53645_1.pdf

http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/11824/1/53645_1.pdf

Hurtado, I. (2015). *Concepto de Sustentabilidad*. [En línea]. Consultado: [16, abril, 2018]. Disponible en: <http://roa.uveg.edu.mx/repositorio/postgrado2015/60/Conceptodesustentabilidad.pdf>

INEC. (2020). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Metodologia%20ESPAC%202020.pdf.

Iturralde Mucarsel, F. (2021). *Revisión de la literatura del estado de arte de la utilización de cáscaras y fibras de coco para el desarrollo de pavimentos sostenibles*. Colegio de Ciencias e Ingenierías. Quito, Ecuador: Universidad San Francisco de Quito. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/10599/1/136809.pdf>

Jarre, C., Howland J., Guerrero, M., Salomón, B. (2017). Impacto de la utilización de puzolanas naturales ecuatorianas. Disponible en: <http://revistas.utm.edu.ec/index.php/Riemat/article/view/931/827>

Jouve-Loor, A.; Andrade-Lastra, O.; Areche-García, J. (2021). Mortero con incorporación de fibra de coco y cerámica para acabados interiores de edificaciones. (U. L. Rocafuerte., Ed.) *Revista Polo de Conocimiento*, pp. 1-23. doi:10.23857/pc.v6i4.2564

Jumbo, F. (2017). Metodología de trabajo para el diseño de viviendas sísmo resistente. Programa de reconstrucción post sísmico del MIDUV. Universidad Técnica de Machala, Universidad Académica de Ingeniería Civil. Machala, Ecuador: Centro de Estudios de Pos Grados. http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10602/1/TMUAIC_2017_GC_CD018.pdf

Kamgang-Syapnjeu, P., Njoya, D., Kamseu, E., Cornette de Saint Cyr, L., Marcano-Zerpa, A., Balme, S., Bechelany, M., & Soussan, L. (2020). Elaboration of a new ceramic membrane support from Cameroonian clays, coconut husks and eggshells: Application for Escherichia coli bacteria retention. *Applied Clay Science*, 198(April), 105836. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2020.105836>

Le Troedec, M., Sedan, D., Peyratout, C., Bonnet, J. P., Smith, A., Guinebretiere, R., Gloaguen, V., & Krausz, P. (2008). Influence of various chemical treatments on the composition and structure of hemp fibres. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 39(3), 514-522. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2007.12.001>

Legislativo, D. (2018). Constitución de la República del Ecuador. Registro Oficial, 449(20), 25-2021. www.lexis.com.ec.

Lexis Finder. (2017). Ley orgánica de Agrodiversidad, semilla y fomento de agricultura. Quito, Ecuador: República del Ecuador Asamblea Nacional. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Ley-Organica-Agrobiodiversidad-Semillas-y-Fomento-de-Agricultura.pdf>

Ley de Gestión Ambiental, Codificación (2004). Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf>

Liu, H., Li, Q., & Ni, S. (2022). Assessment of the engineering properties of biomass recycled aggregate concrete developed from coconut shells. *Construction and Building Materials*, 342(PA), 128015. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.128015>

Liu, T., Hou, S., Nguyen, X., & Han, X. (2017). Energy absorption characteristics of sandwich structures with composite sheets and bio coconut core. *Composites Part B: Engineering*, 114, 328-338. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2017.01.035>

Lopez Lagos, J. C., & Guerrero Ruales, C. A. (2020). Elaboración de bloques ecológicos implementando sistemas

de producción alternativos, para la construcción de viviendas sostenibles y sustentables. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/29584>

Ludueña, Y. (2022). Joven transforma plásticos no reciclables en techos más resistentes que el convencional. Portal-ambiental.com. <https://portal-ambiental.com/ecologia/joven-transformaplasticos-no-reciclables-en-techos-mas-resistentes-que-el-convencional/>

Macancela, A. & Martínez, A. (2020). Fabricación de bloques de cemento y fibra de estopa de coco y pet reciclado para la ecoconstrucción. Facultad de Industrias y construcción, Carrera de diseño de interiores. Guayaquil, Ecuador: Universidad Laica Vicente Rocafuerte. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/3540/1/T-ULVR-3111.pdf>

Macias, E. (2015, enero 15). COMO SE PRODUCE EL POLIETILENO. Enrique Macias. <https://hdpemacias.com/como-se-produce-el-polietileno/>

Majewski, T., & Błędzki, A. (2013). Desarrollo y aplicaciones actuales de los plásticos reforzados por fibras naturales. Memorias Del Xix Congreso Internacional Anual De La Somim, 676-682.

Marq. (2022). Materiales de construcción que son amigables con el medio ambiente. <https://marq.mx/es/materiales-de-construccion-que-son-amigables-con-el-medio-ambiente/>.

Martínez Marín A. A., & Macancela Cabrera Á. E. (2020). Fabricación de bloques de cemento y fibra de estopa de coco y pet reciclado para la eco-construcción [Tesis de Grado, Facultad de Diseño de Interiores, Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil]. Repositorio Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/3540/1/T-ULVR-3111.pdf>

Merovacesa. (2021). Materiales de construcción sostenibles. <https://metrovacesa.com/blog/materiales-de-construccion-sostenibles>.

MIDUVI (2020). Plan Nacional de Hábitat y Vivienda. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec>.

Miranda Cantillo, C. A., & Quintero Torres, J. (2020). Estudio del efecto del mesocarpio del coco y estiércol bovino en la conductividad térmica y resistencia a la compresión de bloques de mampostería. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/3474/mirandacantillocesar-quinterotorresjason.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Miranda Cantillo, C. A., & Quintero Torres, J. (2020). Estudio del efecto del mesocarpio del coco y estiércol bovino en la conductividad térmica y resistencia a la compresión de bloques de mampostería. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/3474/mirandacantillocesar-quinterotorresjason.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Miravete, A. (2003). Materiales compuestos 03 (Vol. 1). Reverte.). (p.473)

Morán, J., Vazquez, A. and C. V. P. (2008). Extracción De Celulosa Y Obtención De Nanocelulosa a Partir De Fibra Sisal - Caracterización. In 2do Encuentro de Jóvenes Investigadores en Ciencia y Tecnología de Materiales (Issue 1, pp. 16-17).

Moran, M. (2015, enero 7). Ciudades. Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>

Moreno, J. (2016). La fibra de coco, una alternativa sostenible para la construcción de cubiertas. (A. i. México, Ed.) Revista iResiduo: Conacyt [ciencia+tecnología+innovación], pp. 1-17. <https://iresiduo.com/noticias/mexico/conacyt/16/11/21/fibra-coco-alternativa-sostenible-construccion-cubiertas>

MPCEIP. (2021). Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca. El Libro Blanco de la Economía Circular en el Ecuador. https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2021/05/OT-44416_Libro-Blanco_paginas.pdf.

NEC-SE-MP. (2015). Mampostería Estructural. In Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Newsletter. (2019). Materiales de construcción no contaminantes. Sostenibilidad para todos. https://www.sostenibilidad.com/construccion-y-urbanismo/materiales-construccion-no-contaminantes/?_adin=02021864894.

Nunes, L. A., Silva, M. L. S., Gerber, J. Z., & Kalid, R. de A. (2020). Waste green coconut shells: Diagnosis of the disposal and applications for use in other products. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120169. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120169>

Nunes, L. A., Silva, M. L. S., Gerber, J. Z., & Kalid, R. de A. (2020). Waste green coconut shells: Diagnosis of the disposal and applications for use in other products. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120169. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120169>

Ofiprix. (2015). La construcción sostenible nos muestra el futuro. <https://www.ofiprix.com/blog/construccion-sostenible/>.

ONU. (2019). Sostenibilidad ambiental: ¿Qué es y por qué es importante. <https://coca-colafemsa.com/noticias/blog-que-es-y-porque-importa-la-sostenibilidad-ambiental/#:~:text=La%20sostenibilidad%20ambiental%20representa%20una,y%20gobierno%20dentro%20del%20planeta.>

ONUDI. (2021). La economía circular: un motor de desarrollo industrial inclusivo y sostenible. Recuperado de <https://iap.unido.org/es/articulos/la-economia-circular-un-motor-de-desarrollo-industrial-inclusivo-y-sostenible>

Orbe, T. (2008). Emplean fibras orgánicas en construcción sostenible. Eci-Dev-Net. Ediciones América Latina y el Caribe. <https://www.scidev.net/america-latina/news/emplean-fibras-org-nicas-en-construccion-sostenible/>.

Oses, O. (2018). Los beneficios del uso de polímeros en las construcciones - Polilift. Polilift.com. <https://polilift.com/2018/08/02/los-beneficios-del-uso-polimeros-en-las-construcciones/>

Padamata, S. K., Yasinskiy, A., & Polyakov, P. (2021). A review of secondary aluminum production and its byproducts. *Jom*, 73, 2603-2614. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s11837-021-04802-y>

Pineda Burgos A. M., & Navarrete Rivadeneira J. J. (2017). Obtención de Celulosa Micro Cristalina a partir de las Fibras de Estopa de Coco [Trabajo de Grado, Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/18805>

Pineda Burgos A. M., & Navarrete Rivadeneira J. J. (2017). Obtención de Celulosa Micro Cristalina a partir de la Fibras de Estopa de Coco [Trabajo de Grado, Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/18805>

Pon, J. (2023, mayo 17). ¿Qué beneficios nos trae el reciclaje? 5 datos que necesitas saber. National Geographic. <https://www.nationalgeographic.com/medio-ambiente/2023/05/que-beneficios-nos-trae-el-reciclaje-5-datos-que-necesitas-saber>

Prakash Marimuthu, K., Mohan Kumar, S., Ravi Kumar, V., & Govindaraju, H. K. (2019). Characterization of mechanical properties of epoxy reinforced with glass fiber and coconut fiber. *Materials Today: Proceedings*, 16, 661-667. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.05.143>

Prakash Marimuthu, K., Mohan Kumar, S., Ravi Kumar, V., & Govindaraju, H. K. (2019). Characterization of mechanical properties of epoxy reinforced with glass fiber and coconut fiber. *Materials Today: Proceedings*, 16, 661-667. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.05.143>

Quesada, F., Calle, A. E., Guillén, V. F., Ortiz, J. M., & Lema, K. J. (2018). Método de evaluación sustentable de la vivienda en la ciudad de Cuenca, Ecuador. *Revista Técnica "energía"*, 14(1), 204-212.

Quiñones, L. (2021, octubre 21). El plástico, que ya ha atragantado nuestros océanos, terminará por asfixiarnos a todos si no actuamos rápidamente. Noticias ONU. <https://news.un.org/es/story/2021/10/1498752>

Quiñones-Bolaños, E., Gómez-Oviedo, M., Mouthon-Bello, J., Sierra-Vitola, L., Berardi, U., & Bustillo-Lecompte, C. (2021). Potential use of coconut fibre modified mortars to enhance thermal comfort in low-income housing. *Journal of Environmental Management*, 277(August 2020). <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111503>

Quiñones-Bolaños, E.; Eljaiek-Urzola, M.; Gómez Oviedo, M. (2017). Aprovechamiento del residuo a base de fibra del mesocarpio del coco para mejorar las propiedades térmicas de morteros elaborados con cemento. (U. d. Cantabria., Ed.) VII Simposio Iberoamericano en Ingeniería de Residuos: hacia una economía circular, 1, pp.1-3. https://www.researchgate.net/publication/322625733_Aprovechamiento_del_residuo_a_

base_de_fibra_del_mesocarpio_del_coco_para_mejorar_las_propiedades_termicas_de_morteros_elaborados_con_cemento

Quiñones-Bolaños,E;Eljaiek-Urzola,M; Gómez Oviedo,M. (2017). Aprovechamiento del residuo a base de fibra del mesocarpio del coco para mejorar las propiedades térmicas de morteros elaborados con cemento. (U. d. Cantabria., Ed.) VII Simposio Iberoamericano en Ingeniería de Residuos: hacia una economía circular, 1, pp.1-3. https://www.researchgate.net/publication/322625733_Aprovechamiento_del_residuo_a_base_de_fibra_del_mesocarpio_del_coco_para_mejorar_las_propiedades_termicas_de_morteros_elaborados_con_cemento

Revista Líderes. (2017, 19 de julio). Esmeraldas concentra palma y coco negocios. Recuperado el 12 de octubre de 2023, de <https://www.revistalideres.ec/lideres/esmeraldas-concentra-palma-coco-negocios.html>

Revista Primicias. (2022). Las construcciones sostenibles son el presente y el futuro del planeta. https://www.primicias.ec/nota_comercial/hablemos-de/cambio/construcciones-sostenibles-presente-y-futuro/.

Rodríguez, J. (2014). Ceniza de bagazo de caña: efecto puzolánico en morteros de cemento. Disponible en: <http://ri.uaq.mx/bitstream/123456789/5270/1/RI001501.pdf>

Rojas,A. (2015). Adición de la fibra de coco en el hormigón y su incidencia en la resistencia a compresión. Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/17066/1/Tesis%20945%20-%20Rojas%20Torres%20%C3%81ngel%20Modesto.pdf>

Romero Delgado V. M., Rosado Zambrano, G. V., Sablón Cossío, N., & Burbano Mera, L. (2020). Análisis de la cadena agroalimentaria del coco (cocos nucifera) en la provincia de Manabí, Ecuador. *La Técnica: Revista de las Agrociencias*, (24), 43-72. <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/latecnica/article/view/2345>

Romero Delgado,V;Rosado Zambrano,G;Sablón Cossío,N;Burbano Mera,L. (2020). Análisis de la cadena agroalimentaria del coco (cocos nucifera) en la provincia de Manabí, Ecuador. *Revista La Técnica. Revista de Agrociencias*(24), pp. 1-30. file:///C:/Users/jc153/Downloads/Dialnet-AnalisisDeLaCadenaAgroalimentariaDelCocoCocosNucif-8232827.pdf

Romero, A. (2018). 7 Materiales Reciclados para la Construcción de tu Vivienda. Arrevol Arquitectos. <https://www.arrevol.com/blog/7-materiales-productosrecicladospa-la-construccion-de-tu-vivienda>

Royte, E. (2019, marzo 13). ¿Es buena idea incinerar los residuos plásticos? National Geographic. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2019/03/es-buena-idea-incinerar-los-residuos-plasticos>

Salas, D. A., Ramirez, A. D., Rodríguez, C. R., Petroche, D. M., Boero, A. J., & Duque-Rivera, J. (2016). Environmental impacts, life cycle assessment and potential improvement measures for cement production: a literature review. *Journal of Cleaner Production*, 113, 114-122. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652615017485?via%3Dihub>

San Andrés Zevallos, G. & Aguilar Sierra, S. . (2022). Estado actual del ciclo de vida del coco en Manabí, Ecuador. Medwave. <https://www.medwave.cl/resumenescongreso/ci2022/cienciasdelosrecursosnaturales/8564.html>.

San Andrés, G., Aguilar-Sierra, S., & Graziella, B. (2023). Morphological, physical, and chemical characterization of coconut residues in Ecuador. *Heliyon*, 9(9).

Sánchez D. G., & Ríos G. L. (2002). Manejo de la palma de coco (*Cocos nucifera* L.) en México. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 8(1), 39-48. <https://www.redalyc.org/pdf/629/62980105.pdf>

Sanjuán, Á., & Chinchón, S. (2014). Introducción a la fabricación y normalización del Cemento Portland. In *Nucleic Acids Research* (Vol. 34, Issue 11). <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/45347>

Sari, R. M., Gea, S., Wirjosentono, B., Hendrana, S., & Torres, F. G. (2021). The effectiveness of coconut coir as tar adsorbent in liquid smoke integrated into the pyrolysis reactor. *Case Studies in Thermal Engineering*, 25(March), 100907. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.100907>

Schwab, K. (2016). *La cuarta revolución industrial*. Penguin Random House Grupo Editorial España.

Silva, E. J. da, Marques, M. L., Velasco, F. G., Fornari Junior, C., Luzardo, F. M., & Tashima, M. M. (2017). A new treatment for coconut fibers to improve the properties of cement-based composites - Combined effect of natural latex/pozzolanic materials. *Sustainable Materials and Technologies*, 12(January 2016), 44-51. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2017.04.003>

Solíz, M., Lema, A., & Enríquez, D. (2022). Ecuador sigue importando miles de toneladas de desechos plásticos, sobre todo desde EEUU. *Edu.ec*. <https://www.uasb.edu.ec/wp-content/uploads/2022/04/Informe-Desechos-plasticos-Alianza-Basura-Cero-Ecuador-2022.pdf>

Souza, E. (2022). Diseño de residuos agrícolas: cáscaras, bagazo y paja transformados en materiales de construcción eficientes. <https://www.archdaily.cl/cl/978809/diseño-de-residuos-agricolas-cascaras-bagazo-y-paja-transformados-en-materiales-de-construcción-eficientes>.

The Student Conservation Association. (2021). The Environmental Impact of Aluminum (And Why it's Still Better Than Plastic) Obtenido de <https://www.thesca.org/connect/blog/environmental-impact-aluminum/>

The World Counts. (2023, 20 de julio). Environmental Impact of Steel. Recuperado de <https://www.theworldcounts.com/challenges/planet-earth/mining/environmental-impact-of-steel-production>

Trujillo Sánchez, A. F., & Arias Maya, L. S. (2013). El coco, recurso renovable para el diseño de materiales verdes. <https://revistas.ucp.edu.co/index.php/entrecienciaeingenieria/article/view/637/641>

UE. (2021). Construcción sostenible: ¿qué es?. *Arquitectura y Diseño*. Universidad Europea. <https://universidadeuropea.com/blog/construcción-sostenible/#:-:text=Una%20construcción%20sostenible%20es%20aquella,de%20su%20ciclo%20de%20vida>.

Unesco (2023). Oportunidades y desafíos de la era de la inteligencia artificial para la educación superior. Una introducción para los actores de la educación superior. (p. 58)

Velasco, B. (2017). Esmeraldas concentra la palma de coco. *Revista Líderes*, pp.1-3-. <https://www.revistalideres.ec/lideres/esmeraldas-concentra-palma-coco-negocios.html>

Vera Barreno E. N. (2020). Capacidad antioxidante y contenido de polifenoles totales in vitro, en el fruto de cocos nucifera L. (coco) [Tesis de Grado, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Católica Los Ángeles Chimbote]. Repositorio Institucional ULADECH. <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/22180>

Verma, R., Maji, P. K., & Sarkar, S. (2021). Comprehensive investigation of the mechanism for Cr(VI) removal from contaminated water using coconut husk as a biosorbent. *Journal of Cleaner Production*, 314(December 2020), 128117. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128117>

Wang, B., Yan, L., & Kasal, B. (2023). Análisis microestructural, componentes físicos, químicos y propiedades de tracción de la fibra de coco expuesta a largo plazo en Ca(OH)₂ como representante de la solución de poro del hormigón. (Elsevier, Ed.) *Revista de producción más limpia*, 385, pp. 135-693. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135693>

Yan, L., Su, S., & Chouw, N. (2015). Microstructure, flexural properties and durability of coir fibre reinforced concrete beams externally strengthened with flax FRP composites. *Composites Part B: Engineering*, 80, 343-354. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2015.06.011>

Zheng, J., & Suh, S. (2019). Strategies to reduce the global carbon footprint of plastics. *Nature Climate Change*, 9(5), 374-378. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0459-z>

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Muestra de fibra cruda FC.	115
Tabla 2. Muestra de fibra calcinada Fa.	117
Tabla 3. Muestra de fibra calcinada Fb.	118
Tabla 4. Muestra de fibra calcinada Fc.	119
Tabla 5. Muestra de fibra calcinada Fd.	120
Tabla 6. Resistencia a la tensión y módulo de elasticidad de la fibra de coco.	121
Tabla 7. Composición química de la fibra de coco. SEM-EDX.	123
Tabla 8. Composición química FRX, cemento, ceniza de fibra	124
Tabla 9. Muestra E, endocarpio crudo.	125
Tabla 10. Muestra E1, endocarpio calcinado.	126
Tabla 11. Muestra E2, endocarpio calcinado.	127
Tabla 12. Muestra E3, endocarpio calcinado.	128
Tabla 13. Composición química de la fibra de coco. SEM-EDX.	131
Tabla 14. Composición química FRX, ceniza del endocarpio.	131

CAPÍTULO 6

6.1 Mortero de cemento y fibra de coco Desarrollo

Fase 1

Tabla 1. Tipos de mortero, según su resistencia.	135
--------------------------------------------------	-----

Fase 2

Tabla 2. Composición química del cemento.	137
Tabla 3. Ensayos de granulometría.	138
Tabla 4. Densidad y absorción de agua del agregado fino.	139

Fase 3

Tabla 1. Diseño de mezcla de mortero más fibra de coco.	141
Tabla 2. Resultados de 1cm resistencia de compresión, longitud de fibra 1cm.	143
Tabla 3. Resultados de resistencia de compresión, longitud de fibra 3cm.	144
Tabla 4. Resultados de resistencia de compresión, longitud de fibra 5cm	145
Tabla 5. Resultados de los ensayos de resistencia a compresión.	146
Tabla 6. Resistencia de flexión, longitud de fibra 1cm.	148
Tabla 7. Resistencia de flexión, longitud de fibra 3cm.	148
Tabla 8. Resistencia de flexión, longitud de fibra 5cm.	149
Tabla 9. Resultados de la resistencia a flexión en el mortero.	149

6.2 Matriz de polímeros y fibra de coco

Tabla 1. Dosificación y datos físicos de las ocho muestras.	163
Tabla 2. Resultados del ensayo de resistencia a compresión de 8 muestras.	164
Tabla. 3. Dosificación y datos físicos de las ocho muestras, para ensayo de flexión.	164
Tabla. 4. Resultados del ensayo de flexión, de 8 muestras.	165

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig 1. Edificación integral en el entorno.	50
Fig 2. Esquema del desarrollo sostenible.	52
Fig 3. Esquema de la economía circular.	55
Fig 4. Proceso de producción del cemento.	57
Fig 5. Materiales de construcción ecológicos.	61
Fig 6. Viviendas sostenibles en España con alta eficiencia energética.	63
Fig 7. Requisitos para lograr edificaciones sostenibles.	66
Fig 8. Aprovechamiento integral del coco.	70
Fig 9. Proceso de extracción de la fibra de coco.	72
Fig 10. La fibra del cocotero.	73
Fig 11. Partes del cocus nucifera.	75
Fig 12. Composición del coco.	76
Fig 13. Estructura del endocarpio de coco	79
Fig 14. Azulejos de fibra de coco. Fuente: autor de tesis.	82
Fig 15. Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos	92
Fig 16. Comercialización del coco en Manabí.	93
Fig 17. Imágenes de residuos de coco Parroquia Abdón Calderón en Portoviejo, Sitio Sosote de Rocafuerte.	95
Fig 18. Mapa de cultivo de coco en la provincia de Manabí.	97
Fig 19. Cosecha de coco	98
Fig 20. Cosecha de coco	100
Fig 21. Entrevista a comerciante de coco .	106
Fig 22. Artesanía elaborada con residuos de coco	107

CAPÍTULO 5

Fig 1. Fibra obtenida de la máquina desfibadora. Endocarpio triturado y tamizado, usado en la investigación.	111
Fig 2. Fibra calcinada a Fa 500oC, Fb 550oC, Fc 600oC, Fd 650oC, Fe 700 oC. Endocarpio calcinado a 700oC, 750oC, 800oC.	114
Fig 3. Imágenes SEM de la fibra de coco FC.	116
Fig 4. Imágenes SEM de la fibra de coco Fa.	117
Fig 5. mágenes SEM de la fibra de coco Fb. Ceniza y fibra en proceso de calcinación.	118
Fig 6. Imágenes SEM de la fibra de coco Fc.	119
Fig 7. Imágenes SEM de la fibra de coco Fd.	120
Fig 8. Curvas de TGA, fibra de coco.	122
Fig 9. Curva de DSC, fibra de coco.	123
Fig 10. Imágenes SEM del endocarpio crudo, muestra E.	126
Fig 11. Imágenes SEM de la muestra E1, endocarpio calcinado.	127

Fig 12. mágenes SEM de la muestra E2, endocarpio calcinado	127
Fig 13. Imágenes SEM de la muestra E3, endocarpio calcinado.	128
Fig 14. Curvas TGA de endocarpio.	129
Fig 15. Curvas DSC de endocarpio.	130

CAPÍTULO 6

6.1 Mortero de cemento y fibra de coco Desarrollo

Fig 1. Curva granulométrica de agregado fino.	138
Fig 1. Secado de la fibra de coco en horno.	139
Fig 2. Longitudes de fibra: 1cm, 3cm, 5cm.	140
Fig 3. Muestras de cubos de mortero.	141
Fig 4. Prensa para ensayos mecánicos de compresión y flexión para el mortero.	142
Fig 5. Muestras de los prismas de mortero.	147

Fase 2

Fig 1. : Fig 1a Polietileno de baja densidad, residuos industriales de la elaboración de fundas plásticas, botellas de agua, bidones, sillas, mesas, tinas plásticas.	156
Fig 2. Fibra de coco, limpia y cortada entre 1 a 5cm.	157
Fig 3. Placa con las capas de polímeros y de fibra de coco, placa abierta por la mitad, comprobación de la falta de fundición de los polímeros.	158
Fig 4. Placa con envoltura de polímeros y rellena de fibra de coco, placa abierta por la mitad, comprobación de la falta de fundición de los polímeros.	159
Fig 5. Proceso de fundición de los materiales mediante distintas temperaturas.	160
Fig 6. Placa de polímeros más fibra de coco.	161
Fig 7. Placa de polímeros más fibra de coco 25%, 20% y 15%.	162
Fig 8. Especímenes de las placas de polímeros más fibra de coco, muestras para ensayos de resistencia a la compresión, muestras para ensayos de resistencia a la flexión.	163



ANEXOS

A large pile of coconuts in a tropical landscape with palm trees and a cloudy sky.

“

**No basta amar la tierra,
hay que comprenderla**

ANEXOS DEL CAPÍTULO 4 – REALIDAD DE LOS RESIDUOS DEL COCO EN EL ECUADOR.

RESULTADOS DE ENTREVISTAS CICLO DE VIDA DEL COCO, SITUACIÓN ACTUAL.

El Objetivo general de las entrevistas es el levantamiento de información cualitativa del estado actual del ciclo de vida del coco, enfatizando la gestión de los residuos, en las comunidades y parroquias más importantes dentro de la cadena del uso del coco, en los cantones Portoviejo, Rocafuerte y Manta.

FASE 1: SIEMBRA Y COSECHA

ACTORES: AGRICULTORES

OBJETIVO: CONOCER DE PRIMERA FUENTE TIPO DE PALMA, TIEMPO Y CANTIDAD DE COSECHA Y GESTIÓN DE RESIDUOS.

ENTREVISTA 1:

1. ¿Qué tipo de palma de coco tiene sembrada?

Se tiene sembrado Palmas criolla, jardín, malina y manilon

2. Desde la siembra de la palma, ¿en qué tiempo se obtiene la primera cosecha?

Las cosechas que se obtienen dependiendo del tipo de palma, la palma criolla da cosecha después de 7 años, jardín 2 años y medio

3. ¿Cuántas Ha. tiene sembrada con palma de coco?

5 hectáreas de coco

4. ¿Cuántos cocos cosecha y con qué frecuencia? (semana)

Se cosecha 2.000 cocos con una frecuencia de 7 o 8 semanas depende del sol, debido a la influencia que tiene en la producción del coco.

5. ¿Es la cosecha estacional? ¿Cuándo cosecha más y cuándo menos?

Se da más en la época del invierno por la misma demanda de venta el coco se venden en verde o fresco, incluso se llega a cosechar cocos tiernos solo para la obtención del jugo debido al requerimiento de los compradores.

6. ¿Qué hace con esta cosecha de coco?

Se vende

7. ¿Quiénes son sus compradores?

Compradores locales

8. ¿Qué hace con los cocos que no se venden?

Por lo general se vende todo

9. ¿Qué residuos quedan después de la cosecha y venta?

Durante las cosechas las Hojas de las palmas

10. ¿Qué hace con estos residuos del coco?

Se quema, se utiliza como cede "Techo" y también se llega a realizar un proceso experimental.

1. Describa ¿qué proceso les realiza a los residuos?

El proceso experimental que se realiza es la recolección de las hojas, se recopilan, se lo coloca el estiércol, se tapa y se mojan durante 2 meses y se inoculan las lombrices, para utilizarlo como humus, es decir un abono orgánico

1. ¿usa químicos?

No

2. ¿qué tiempo se demora el proceso?

2 meses

2. ¿A quién le entrega o vende los residuos procesados?

No se venden

3. ¿Cada que tiempo entrega los residuos procesados?

No se entregan

11. ¿A quién se los entrega o vende? (Si vende o entrega los residuos, se genera esta pregunta)

No se vende

12. ¿Causa alguna molestia o enfermedad la aglomeración de los residuos de coco en su finca?

Si, causa plaga a la palma.

13. ¿Usted ha enviado al botadero municipal los residuos de coco?

Si

1. ¿Cada que tiempo?

Cada que se cosecha, es decir 7 u 8 semanas

14. ¿Usted ha incinerado los residuos de coco?

SI

1. ¿Cada que tiempo?

2 veces al año

15. ¿Ha usado alguna vez algún residuo del coco?

Si

1. ¿en qué?

Como cade “techo”

ENTREVISTA 2:

1. ¿Qué tipo de palma de coco tiene sembrada?

Manila y Manilon variedad de tres años.

2. Desde la siembra de la palma, ¿en qué tiempo se obtiene la primera cosecha?

3 años los primeros coquitos.

3. ¿Cuántas Ha. tiene sembrada con palma de coco?

El valle de Riochico está por las 7000 hectáreas, mediante un censo que han hecho.

El sr Teófilo tiene alrededor de media hectárea sembrada.

4. ¿Cuántos coco cosecha y con qué frecuencia? (semana)

Cosecha alrededor de 400 cocos semanales.

5. ¿Es la cosecha estacional? ¿Cuándo cosecha más y cuándo menos?

La mejor época es el invierno porque el agua viene completa y engruesa el coco.

6. ¿Qué hace con esta cosecha de coco?

El coco verde, el coco seco, la madera del coco para hacer cabaña. Cascara de cocos, concha de cocos. El hace varios productos, encocados, aceite de coco puro.

7. ¿Quiénes son sus compradores?

Varios compradores locales comerciales y vendedores de la zona.

8. ¿Qué hace con los cocos que no se venden?

Todos se venden.

9. ¿Qué residuos quedan después de la cosecha y venta?

Palma deja hojas, tela, canoa...

10. ¿Qué hace con estos residuos del coco?

Reutilizar.

1. Describa ¿qué proceso les realiza a los residuos?

1. ¿usa químicos?

No usa químicos.

2. ¿A quién le entrega o vende los residuos procesados?

A nadie le entregan los residuos. El usa la fibra de coco para que de humedad a la Tierra.

El señor Teófilo quiere hacer un proceso con el endocarpio que se hace carbón y usarlo para los filtros de los carros. Lo está reuniendo para empezar a comercializar.

3. ¿Cada que tiempo entrega los residuos procesados?

11. ¿A quién se los entrega o vende? (Si vende o entrega los residuos, se genera esta pregunta).

Hace uso de sus propios desechos para mejoramiento de sus tierras.

12. ¿Causa alguna molestia o enfermedad la aglomeración de los residuos de coco en su finca?

No, para nada. Para el sr. Teófilo es una bendición para todo el proceso del coco, esto incluye su madera, el fruto en todas sus facetas incluso lo que algunos consideran desperdicios.

13. ¿Usted ha enviado al botadero municipal los residuos de coco?

No.

14. ¿Usted ha incinerado los residuos de coco?

No. Porque ayudan a mantener la humedad.

15. ¿Ha usado alguna vez algún residuo del coco?

Sí, para mejorar sus tierras.

ENTREVISTA 3:

1. ¿Qué tipo de palma de coco tiene sembrada?

Manilón, manila y palma criolla.

2. Desde la siembra de la palma, ¿en qué tiempo se obtiene la primera cosecha?

Entre 2 a 3 años

3. ¿Cuántas Ha. tiene sembrada con palma de coco?

En la comunidad hay aproximadamente sembradas 6 hectáreas.

4. ¿Cuántos cocos cosecha y con qué frecuencia? (semana)

20.000 cocos pipa por semana

40.000 como máximo

5. ¿Es la cosecha estacional? ¿Cuándo cosecha más y cuándo menos?

Sí, es estacional, en época de invierno hay más producción por la constante lluvia, que ayuda al crecimiento del coco.

Cuando termina el invierno baja la producción y en Julio vuelve a aumentar.

6. ¿Qué hace con esta cosecha de coco?

Mayormente entregada a intermediario, que luego entregan a fábricas.

7. ¿Quiénes son sus compradores?

Personas de la comunidad y de otras ciudades tales como Quito, Ibarra, Santo Domingo, Ambato, Cuenca, sobre todo de la Sierra.

8. ¿Qué hace con los cocos que no se venden?

Lo venden a pequeños comerciantes.

9. ¿Qué residuos quedan después de la cosecha y venta?

Sí, queda un residuo, y se lo deja en medio de la finca.

10. ¿Qué hace con estos residuos del coco?

Se los quema o se los lleva un señor (sin nombre).

Actualmente nuevas industrias están realizando un proceso para comprarles estos residuos para crear nuevos productos. GEOAMBIENTAL en Montecristi

1. Describa ¿qué proceso les realiza a los residuos?

Se los deja en medio de la finca y se los quema

2. ¿usa químicos?

Sí

3. ¿Qué tiempo se demora el proceso?

Se los quema cada 3 o 6 meses dependiendo de la cantidad de residuos que haya.

11. ¿A quién se los entrega o vende? (Si vende o entrega los residuos, se genera esta pregunta)

Un señor no identificado.

Posiblemente se los venderán a GEOAMBIENTAL.

12. ¿Causa alguna molestia o enfermedad la aglomeración de los residuos de coco en su finca?

Causan infecciones, actualmente alguien se encarga de sacar los residuos, ya que además de las molestias en la salud, atrae a roedores.

13. ¿Usted ha enviado al botadero municipal los residuos de coco?

NO

14. ¿Usted ha incinerado los residuos de coco?

SÍ

1. ¿Cada que tiempo?

Entre 3 a 6 meses

15. ¿A usado alguna vez algún residuo del coco?

NO

ENTREVISTA 4:

1. ¿Qué tipo de palma de coco tiene sembrada?

Manilón, manila y palma criolla.

2. Desde la siembra de la palma, ¿en qué tiempo se obtiene la primera cosecha?

Entre 2 a 3 años

3. ¿Cuántas Ha. tiene sembrada con palma de coco?

En la comunidad hay aproximadamente sembradas 6 hectáreas.

4. ¿Cuántos cocos cosecha y con qué frecuencia? (semana)

20.000 cocos pipa por semana

40.000 como máximo

5. ¿Es la cosecha estacional? ¿Cuándo cosecha más y cuándo menos?

Sí, es estacional, en época de invierno hay más producción por la constante lluvia, que ayuda al crecimiento del coco.

Cuando termina el invierno baja la producción y en Julio vuelve a aumentar.

6. ¿Qué hace con esta cosecha de coco?

Mayormente entregada a intermediario, que luego entregan a fábricas.

7. ¿Quiénes son sus compradores?

Personas de la comunidad y de otras ciudades tales como Quito, Ibarra, Santo Domingo, Ambato, Cuenca, sobre todo de la Sierra.

8. ¿Qué hace con los cocos que no se venden?

Lo venden a pequeños comerciantes.

9. ¿Qué residuos quedan después de la cosecha y venta?

Sí, queda un residuo, y se lo deja en medio de la finca.

10. ¿Qué hace con estos residuos del coco?

Se los quema

O se los lleva un señor (sin nombre)

Actualmente nuevas industrias están realizando un proceso para comprarles estos residuos para crear nuevos productos. GEOAMBIENTAL en Montecristi.

1. Describa ¿qué proceso les realiza a los residuos?

Se los deja en medio de la finca y se los quema

2. ¿usa químicos?

Sí

3. ¿Qué tiempo se demora el proceso?

Se los quema cada 3 o 6 meses dependiendo de la cantidad de residuos que haya.

11. ¿A quién se los entrega o vende? (Si vende o entrega los residuos, se genera esta pregunta)

Un señor no identificado.

Posiblemente se los venderán a GEOAMBIENTAL.

12. ¿Causa alguna molestia o enfermedad la aglomeración de los residuos de coco en su finca?

Causan infecciones, actualmente alguien se encarga de sacar los residuos, ya que además de las molestias en la salud, atrae a roedores.

13. ¿Usted ha enviado al botadero municipal los residuos de coco?

NO

14. ¿Usted ha incinerado los residuos de coco?

SÍ

1. ¿Cada que tiempo?

Entre 3 a 6 meses

15. ¿A usado alguna vez algún residuo del coco?

NO

ENTREVISTA 5:

1. ¿Qué tipo de palma de coco tiene sembrada?

Se tiene sembrado Palmas criolla, jardín, malina y manilon

2. Desde la siembra de la palma, ¿en qué tiempo se obtiene la primera cosecha?

Las cosechas que se obtienen dependiendo del tipo de palma, la palma criolla da cosecha después de 7 años, jardín 2 años y medio.

3. ¿Cuántas Ha. tiene sembrada con palma de coco?

5 hectáreas de coco.

4. ¿Cuántos cocos cosecha y con qué frecuencia? (semana)

Se cosecha 2.000 cocos con una frecuencia de 7 o 8 semanas depende del sol, debido a la influencia que tiene en la producción del coco.

5. ¿Es la cosecha estacional? ¿Cuándo cosecha más y cuándo menos?

Se da más en la época del invierno por la misma demanda de venta el coco se venden en verde o fresco, incluso se llega a cosechar cocos tiernos solo para la obtención del jugo debido al requerimiento de los compradores.

6. ¿Qué hace con esta cosecha de coco?

Se vende.

7. ¿Quiénes son sus compradores?

Compradores locales.

8. ¿Qué hace con los cocos que no se venden?

Por lo general se vende todo

9. ¿Qué residuos quedan después de la cosecha y venta?

Durante las cosechas las Hojas de las palmas

10. ¿Qué hace con estos residuos del coco?

Se quema, se utiliza como cede “Techo” y también se llega a realizar un proceso experimental.

1. Describa ¿qué proceso les realiza a los residuos?

El proceso experimental que se realiza es la recolección de las hojas, se recopilan, se lo coloca el estiércol, se tapa y se mojan durante 2 meses y se inoculan las lombrices, para utilizarlo como humus, es decir un abono orgánico

1. ¿usa químicos?

No

2. ¿qué tiempo se demora el proceso?

2 meses

2. ¿A quién le entrega o vende los residuos procesados?

No se venden

3. ¿Cada que tiempo entrega los residuos procesados?

No se entregan

11. ¿A quién se los entrega o vende? (Si vende o entrega los residuos, se genera esta pregunta)

No se vende.

12. ¿Causa alguna molestia o enfermedad la aglomeración de los residuos de coco en su finca?

Si, causa plaga a la palma.

13. ¿Usted ha enviado al botadero municipal los residuos de coco?

Si

1. ¿Cada que tiempo?

Cada que se cosecha, es decir entre 7 y 8 semanas.

14. ¿Usted ha incinerado los residuos de coco?

SI

1. ¿Cada que tiempo?

2 veces al año

15. ¿Ha usado alguna vez algún residuo del coco?

Si

1. ¿en qué?

Como cade “techo”

FASE 2: COMERCIALIZACIÓN

ACTORES: PEQUEÑOS, MEDIANOS Y GRANDES COMERCIANTES

OBJETIVO: CONOCER DOTACIÓN Y CANTIDAD DE VENTA DE COCO, Y GESTIÓN DE SUS RESIDUOS.

ENTREVISTA 1:

ACTORES: PEQUEÑOS COMERCIANTES

Encuestado: Sr Marco Antonio (vendedor ambulante de coco)

1. ¿A quién le compra el coco?

Proveedor de Rocafuerte

2. ¿Cuántos cocos compra por semana?

100 semanales

3. ¿Cuántos cocos vende o usa por semana?

30 cocos diarios

4. ¿Genera algún residuo la comercialización o el excedente de cocos sobrantes?

Si

1. ¿Qué hace con este residuo?

Bota todos los residuos

5. ¿La dotación del coco es constante durante todo el año?

Si

6. En caso que use el coco como materia prima, ¿qué producto obtiene?

Carne de coco y agua de coco

7. ¿Todo el coco que compra, lo logra usar o vender?

Si

8. ¿Qué hace con los residuos del coco?

Bota todos los residuos

1. Describa ¿qué proceso les realiza a los residuos?

Ninguno

1. ¿usa químicos?

No

2. ¿qué tiempo se demora el proceso?

Ninguno

2. ¿A quién le entrega o vende los residuos procesados?

Al basurero municipal

3. ¿Cada que tiempo entrega los residuos procesados?

Diario

9. ¿Causa alguna molestia o enfermedad la aglomeración de los residuos de coco en su lugar de almacenamiento?

No

10. ¿Usted ha enviado al botadero municipal los residuos de coco?

Si

1. ¿Cada que tiempo?

Diario

11. ¿Usted ha incinerado los residuos de coco?

No

1. ¿Cada que tiempo?

Nunca

12. ¿Ha usado alguna vez algún residuo del coco? ¿en qué?

No

13. ¿Cuál ha sido el mayor desafío respecto a los residuos del coco?

Ninguno

14. ¿En qué le gustaría transformar el residuo del coco?

No desea usar el residuo debido a que le consume mucho tiempo

ENTREVISTA 2:

ACTORES: GRANDES COMERCIANTES

Encuestado: Sra Melania Cabo (Productos del campo 100% criollos)

PREGUNTAS:

1. ¿A quién le compra el coco?

Rocafuerte, Sosote

2. ¿Cuántos cocos compra por semana?

800

3. ¿Cuántos cocos vende o usa por semana?

Se usan los 800

4. ¿Genera algún residuo la comercialización o el excedente de cocos sobrantes?

Si

1. ¿Qué hace con este residuo?

La bota.

5. ¿La dotación del coco es constante durante todo el año?

El mes de Julio escasea

6. En caso que use el coco como materia prima, ¿qué producto obtiene?

Del coco verde o tierno se usa la carne para realizar granizados, el coco seco se usa para los dulces, jugos

7. ¿Todo el coco que compra, lo logra usar o vender?

si

8. ¿Qué hace con los residuos del coco?

La bota y hay personas que le solicitan la estopa o las cascaras

1. Describa ¿qué proceso les realiza a los residuos?

ninguno

1. ¿usa químicos?

No

2. ¿qué tiempo se demora el proceso?

Ninguno

2. ¿A quién le entrega o vende los residuos procesados?

Nadie

3. ¿Cada que tiempo entrega los residuos procesados?

Los residuos se entregan diarios

9. ¿Causa alguna molestia o enfermedad la aglomeración de los residuos de coco en su lugar de almacenamiento?

no

10. ¿Usted ha enviado al botadero municipal los residuos de coco?

si

1. ¿Cada que tiempo?

Diario

11. ¿Usted ha incinerado los residuos de coco?

si

1. ¿Cada que tiempo?

Pocas veces

12. ¿Ha usado alguna vez algún residuo del coco? ¿en qué?

No

13. ¿Cuál ha sido el mayor desafío respecto a los residuos del coco?

Ninguno

14. ¿En qué le gustaría transformar el residuo del coco?

En algo productivo para todos que no contamine

ENTREVISTA 3:

ACTORES: MEDIANOS COMERCIANTES

Encuestado: Juan Carlos Macías - LOCAL LA FRUTA PROHIBIDA

1. ¿A quién le compra el coco?

A dos personas son las que le compran el coco una de Picoza y otra de Chirigo.

2. ¿Cuántos cocos compra por semana?

Por semana compra de 200 a 150 cocos.

3. ¿Cuántos cocos vende o usa por semana?

Se venden y se pelan unos 60 cocos diariamente.

4. ¿Genera algún residuo la comercialización o el excedente de cocos sobrantes?

Si lo que es la cascara del coco al momento de pelarlo.

4.1 ¿Qué hace con este residuo?

Se bota al basurero

5. ¿La dotación del coco es constante durante todo el año?

Depende de la época a veces hay más coco otras veces menos pero se puede decir que es constante durante todo el año.

6. En caso que use el coco como materia prima, ¿qué producto obtiene?

No se obtiene solo vende en coco como jugo y la carne del coco.

7. ¿Todo el coco que compra, lo logra usar o vender?

Si se logra vender todo el coco que se compra, algunas veces sobra diez o menos coco de los sesenta que se venden diariamente.

8. ¿Qué hace con los residuos del coco?

Se lo bota a la basura.

8.1 Describa ¿qué proceso le realiza a los residuos?

Ninguno.

1. ¿usa químicos?

No

2. ¿qué tiempo se demora el proceso?

No hay proceso de ningún tipo

8.2 ¿A quién le entrega o vende los residuos procesados?

No se generan residuos.

8.3 ¿Cada que tiempo entrega los residuos procesados?

No hay.

9. ¿Causa alguna molestia o enfermedad la aglomeración de los residuos de coco en su lugar de almacenamiento?

No se ha presentado ninguna molestia por los residuos del coco.

10. ¿Usted ha enviado al botadero municipal los residuos de coco?

1. ¿Cada que tiempo?

Si lo bota al basurero.

11. ¿Usted ha incinerado los residuos de coco?

1. ¿Cada que tiempo?

Nunca se ha incinerado los residuos de coco.

12. ¿Ha usado alguna vez algún residuo del coco? ¿en qué?

No ninguna vez solo se desecha el residuo que es la cascara.

13. ¿Cuál ha sido el mayor desafío respecto a los residuos del coco?

No se ha presentado un inconveniente solo se coloca en fundas y se bota el residuo del coco.

14. ¿En qué le gustaría transformar el residuo del coco?

Por el momento no presenta ningún interés en transformar el residuo de coco.

ENTREVISTA 4:

ACTORES: MEDIANOS COMERCIANTES

Encuestado: Fernanda Romero - LOCAL LOS ALMENDROS – ROCAFUERTE
MANABÍ

1. ¿A quién le compra el coco?

coco les compra a personas aledañas del sector

2. ¿Cuántos cocos compra por semana?

600 cocos a la semana

3. ¿Cuántos cocos vende o usa por semana?

Utiliza los cocos sembrados los 600 cocos.

4. ¿Genera algún residuo la comercialización o el excedente de cocos sobrantes?

Si genera el casco.

4.1 ¿Qué hace con este residuo?

el residuo que obtiene de estas se las da a un grupo de militares que tienen un emprendimiento.

5. ¿La dotación del coco es constante durante todo el año?

sí porque es la materia principal para todos sus productos

6. En caso que use el coco como materia prima, ¿qué producto obtiene?

Cocadas, helados, galletas de coco, etc.

7. ¿Todo el coco que compra, lo logra usar o vender?

Si por que la producción es de mínimo 3000 cocadas diarias.

8. ¿Qué hace con los residuos del coco?

Se acumulan hasta ser entregados al sistema de recolección de basura

1. Describa ¿qué proceso les realiza a los residuos?

Ninguno

1. ¿usa químicos?

2. ¿qué tiempo se demora el proceso?

2. ¿A quién le entrega o vende los residuos procesados?

3. ¿Cada que tiempo entrega los residuos procesados?

9. ¿Causa alguna molestia o enfermedad la aglomeración de los residuos de coco en su lugar de almacenamiento?

La única molestia de los residuos son el hecho de que al acumularse ocupan un espacio considerable.

10. ¿Usted ha enviado al botadero municipal los residuos de coco?

Si

1. ¿Cada que tiempo?

Una o dos veces por semana

11. ¿Usted ha incinerado los residuos de coco?

No

1. ¿Cada que tiempo?

12. ¿Ha usado alguna vez algún residuo del coco? ¿en qué?

No

13. ¿Cuál ha sido el mayor desafío respecto a los residuos del coco?

La manipulación

14. ¿En qué le gustaría transformar el residuo del coco?

Artesanías

ENTREVISTA 5:

ACTORES: PEQUEÑOS COMERCIANTES

ENCUESTADO: WACHO CHÁVEZ - DULCERÍA SAMUARY

1. ¿A quién le compra el coco?

Compra a personas aledañas al sector de El Resbalón

2. ¿Cuántos cocos compra por semana?

Aproximadamente 100 cocos semanales

3. ¿Cuántos cocos vende o usa por semana?

Los 100 cocos que se adquieren semanalmente, son utilizados dentro de la misma semana.

4. ¿Genera algún residuo la comercialización o el excedente de cocos sobrantes?

Por supuesto.

1. ¿Qué hace con este residuo?

Es acumulado en bolsas plásticas y posteriormente desechado.

5. ¿La dotación del coco es constante durante todo el año?

Sí, es constante.

6. En caso que use el coco como materia prima, ¿qué producto obtiene?

Variedades de cocadas y otros dulces surtidos de esta fruta.

7. ¿Todo el coco que compra, lo logra usar o vender?

Sí, todo lo adquirido es usado en productos del local y posteriormente vendidos.

8. ¿Qué hace con los residuos del coco?

Es acumulado en bolsas plásticas y posteriormente desechado.

1. Describa ¿qué proceso le realiza a los residuos?

Ningún tipo de proceso.

1. ¿usa químicos?

2. ¿qué tiempo se demora el proceso?

2. ¿A quién le entrega o vende los residuos procesados?

3. ¿Cada que tiempo entrega los residuos procesados?

9. ¿Causa alguna molestia o enfermedad la aglomeración de los residuos de coco en su lugar de almacenamiento?

La única molestia de los residuos son el hecho de que al acumularse ocupan un espacio considerable.

10. ¿Usted ha enviado al botadero municipal los residuos de coco?

Por supuesto.

1. ¿Cada que tiempo?

Una vez a la semana.

11. ¿Usted ha incinerado los residuos de coco?

No, nunca.

1. ¿Cada que tiempo?

12. ¿Ha usado alguna vez algún residuo del coco? ¿en qué?

No, nunca.

13. ¿Cuál ha sido el mayor desafío respecto a los residuos del coco?

La manipulación de los mismos.

14. ¿En qué le gustaría transformar el residuo del coco?

No tiene conocimiento sobre la transformación de los residuos por lo que no puede explicar a detalle a esta pregunta.

ENTREVISTA 6:

ACTORES: MEDIANO COMERCIANTE

ENCUESTADO: SRA. MARGARITA BRAVO

1. ¿A quién le compra el coco?

Proveedores de Manta

2. ¿Cuántos cocos compra por semana?

Aproximadamente 5000 cocos semanales

3. ¿Cuántos cocos vende o usa por semana?

800 cocos por día

4. ¿Genera algún residuo la comercialización o el excedente de cocos sobrantes?

Si

1. ¿Qué hace con este residuo?

Se lo usa como abono

5. ¿La dotación del coco es constante durante todo el año?

Sí, es constante.

6. En caso que use el coco como materia prima, ¿qué producto obtiene?

Variedades de cocadas y otros dulces surtidos de esta fruta.

7. ¿Todo el coco que compra, lo logra usar o vender?

Sí

8. ¿Qué hace con los residuos del coco?

Se desechan

1. Describa ¿qué proceso le realiza a los residuos?

Ningún tipo de proceso.

1. ¿usa químicos?

2. ¿qué tiempo se demora el proceso?

2. ¿A quién le entrega o vende los residuos procesados?

3. ¿Cada que tiempo entrega los residuos procesados?

9. ¿Causa alguna molestia o enfermedad la aglomeración de los residuos de coco en su lugar de almacenamiento?

No

10. ¿Usted ha enviado al botadero municipal los residuos de coco?

No

1. ¿Cada que tiempo?

11. ¿Usted ha incinerado los residuos de coco?

SI

2. ¿Cada que tiempo?

Una vez cada dos semanas

12. ¿Ha usado alguna vez algún residuo del coco? ¿en qué?

No, nunca.

13. ¿Cuál ha sido el mayor desafío respecto a los residuos del coco?

La manipulación de los mismos.

14. ¿En qué le gustaría transformar el residuo del coco?

No tiene conocimiento sobre la transformación de los residuos

ENTREVISTA 7:

ACTORES: PEQUEÑO COMERCIANTE

ENCUESTADO: SR. JULIO ALBERTO LOOR

1. ¿A quién le compra el coco?

Lo traen de Rocafuerte, se lo regalan.

2. ¿Cuántos cocos compra por semana?

Cada 15 días va a ver los cocos y trae 500

3. ¿Cuántos cocos vende o usa por semana?

Promedio de 300 a 500 cocos cada 15 días

4. ¿Genera algún residuo la comercialización o el excedente de cocos sobrantes?

Si genera residuo la cascara de coco

1. ¿Qué hace con este residuo?

Lo desecha

5. ¿La dotación del coco es constante durante todo el año?

El coco tiene la cualidad de producir todo el año

6. En caso que use el coco como materia prima, ¿qué producto obtiene?

Estopa

7. ¿Todo el coco que compra, lo logra usar o vender?

Si es utilizado todo el coco

8. ¿Qué hace con los residuos del coco?

Se desecha el garbanzo al basurero

1. Describa ¿qué proceso le realiza a los residuos?

Lo golpean y lo ponen a remojar con el agua que lavan la ropa, al día siguiente ya se encuentra blando y salen la fibra blanda.

1. ¿usa químicos?

Solo deja con agua

2. ¿qué tiempo se demora el proceso?

3 horas 20 a 30 cocos

2. ¿A quién le entrega o vende los residuos procesados?

Armadores de barcos

3. ¿Cada que tiempo entrega los residuos procesados?

Cada 15 días

9. ¿Causa alguna molestia o enfermedad la aglomeración de los residuos de coco en su lugar de almacenamiento?

Antes si tenían alergias, pero ahora hacen el uso de mascarillas

10. ¿Usted ha enviado al botadero municipal los residuos de coco?

Si

1. ¿Cada que tiempo?

Todos los días o cada dos días

11. ¿Usted ha incinerado los residuos de coco?

No, pero de donde lo traen si lo incineran

1. ¿Cada que tiempo?

Todas las semanas en Rocafuerte lo incineran, porque no utilizan los residuos

12. ¿Ha usado alguna vez algún residuo del coco? ¿en qué?

No lo ha utilizado, lo que haces es obtener la estopa y venderla

13. ¿Cuál ha sido el mayor desafío respecto a los residuos del coco?

No ha tenido desafíos ya que ha sido un negocio familiar, el desde pequeño ha aprendido porque sus papas vivían de esto.

14. ¿En qué le gustaría transformar el residuo del coco?

Si ha pensado, pero No ha logrado encontrar una respuesta

15. ¿Cuánto cuesta la estopa?

100 dólares el quintal

ENTREVISTA 8:

ACTORES: PEQUEÑO COMERCIANTE

ENCUESTADO: SRA. MARCELA LOOR

1. ¿A quién le compra el coco?

Proveedores de Rocafuerte

2. ¿Cuántos cocos compra por semana?

150 semanales

3. ¿Cuántos cocos vende o usa por semana?

35 cocos diarios

4. ¿Genera algún residuo la comercialización o el excedente de cocos sobrantes?

Si

1. ¿Qué hace con este residuo?

Bota todos los residuos

5. ¿La dotación del coco es constante durante todo el año?

Si

6. En caso que use el coco como materia prima, ¿qué producto obtiene?

Carne de coco y agua de coco

7. ¿Todo el coco que compra, lo logra usar o vender?

Si

8. ¿Qué hace con los residuos del coco?

Bota todos los residuos

1. Describa ¿qué proceso le realiza a los residuos?

Ninguno

1. ¿usa químicos?

No

2. ¿qué tiempo se demora el proceso?

Ninguno

2. ¿A quién le entrega o vende los residuos procesados?

Al basurero municipal .

3. ¿Cada que tiempo entrega los residuos procesados?

Diario

9. ¿Causa alguna molestia o enfermedad la aglomeración de los residuos de coco en su lugar de almacenamiento?

No

10. ¿Usted ha enviado al botadero municipal los residuos de coco?

Si

1. ¿Cada que tiempo?

Diario

11. ¿Usted ha incinerado los residuos de coco?

No

1. ¿Cada que tiempo?

Nunca

12. ¿Ha usado alguna vez algún residuo del coco? ¿en qué?

No

13. ¿Cuál ha sido el mayor desafío respecto a los residuos del coco?

Ninguno

14. ¿En qué le gustaría transformar el residuo del coco?

No desea usar el residuo debido a que le consume mucho tiempo.

FASE 3: RECICLADO DE RESIDUOS DEL COCO

ACTORES: USUARIOS DEL RECICLADO DE LOS RESIDUOS

OBJETIVO: CONOCER LOS USOS QUE SE LE DA A LOS RESIDUOS DEL COCO, EN LOS 3 CANTONES DEL ESTUDIO.

ENTREVISTA 1:

ACTORES: USUARIOS DEL RECICLADO DE LOS RESIDUOS

ENCUESTADO: SR. FRANCISCO ZAMBRANO

1. ¿Dónde adquiere el residuo de coco?

Los residuos son generados de la empresa anexa Ecopacific.

2. ¿Compra o le regalan el residuo de coco?

Es dado por anexo de estas dos empresas.

3. ¿Qué parte de los residuos Ud. ¿Acopia?

Endocarpio y Mesocarpio.

4. ¿Dónde almacena el residuo?

En una finca propia .

5. ¿Qué hace con los residuos que no le sirven o los desechos que provienen del proceso?

Los residuos que no tienen mercado son almacenados para un futuro comprador.

6. El residuo de coco que Ud. usa a la semana, ¿de cuántos cocos proviene?

Son procesadas 10 toneladas de coco semanalmente

7. ¿Cuántas veces por semana adquiere el residuo?

EL residuo es adquirido cada semana.

8. ¿Qué material u objeto obtiene desde este residuo?

Ser secado mediante proceso natural para posterior a eso ser procesado y así sustraer nuevos productos aplicados en diferentes campos.

9. Explique el proceso de elaboración del material.

Para el sustrato utilizado en el campo agrícola el coco verde el traspasado y demora de 5 a 8 semanas en secar para ser procesado mediante las máquinas, es decir que tendría un aproximado de duración de 2 meses .

1. ¿tiempo de elaboración?

2 meses

2. ¿recursos usados?

Recursos humanos

Recursos Mecánicos

10. ¿Para qué sirve del material obtenido?

Agricultura, Empresa exportadora de flores de verano.

Artesanía, Ambato, pesebre.

Construcción, tres proyectos en Ecuador ubicados en Manta, Montecristi, Cumbayá.

11. ¿Cuál ha sido el mayor desafío respecto al material obtenido?

Buscar un mercado estable para la cantidad desechos producida para que exista un aprovechamiento, así como este cambio de paradigma de sostenibilidad y aplicación de nuevas técnicas, además de la competencia de precios en el mercado

ENTREVISTA 2:

ACTORES: USUARIOS DEL RECICLADO DE LOS RESIDUOS

ENCUESTADO: SRA. KAREN SANCHEZ

1. ¿Dónde adquiere el residuo de coco?

Distribuidora de coco de Rocafuerte

2. ¿Compra o le regalan el residuo de coco?

Regalan

3. ¿Qué parte de los residuos Ud. Acopia?

La cascara con la fibra del coco

4. ¿Dónde almacena el residuo?

En el patio de su casa donde trabaja

5. ¿Qué hace con los residuos que no le sirven o los desechos que provienen del proceso?

Son botados a la basura

6. El residuo de coco que Ud. usa a la semana, ¿de cuánto coco proviene?

10 a 15 cocos a la semana

7. ¿Cuántas veces por semana adquiere el residuo?

Una vez

8. ¿Qué material u objeto obtiene desde este residuo?

Figuras de monos a base de coco

9. Explique, proceso de elaboración del material.

Lo primero que hacen es con un cuchillo darle la forma del mono a la cascara de coco, se empieza generalmente por la cabeza y después con unas peinillas metálicas se saca la fibra del coco para luego hacer como el pelito del monito y finalmente con quemadores le daban sombras al rostro de la figura.

1. ¿tiempo de elaboración?

4 a 5 horas por figura

2. ¿recursos usados?

Cuchillos afilados, quemadores, peinilla metálica.

10. ¿Para qué sirve del material obtenido?

Venta de Artesanías

11. ¿Cuál ha sido el mayor desafío respecto al material obtenido?

No hay ningún desafío porque el coco es manejable, no existe una dificultad, lo que utiliza solo es su creatividad.

ENTREVISTA 3:

ACTORES: USUARIOS DEL RECICLADO DE LOS RESIDUOS

ENCUESTADO: SR. DARIO MENDOZA

1. ¿Dónde adquiere el residuo de coco?

Distribuidora de Manta

2. ¿Compra o le regalan el residuo de coco?

Compran

3. ¿Qué parte de los residuos Ud. Acopia?

El carapacho del coco

4. ¿Dónde almacena el residuo?

En el taller donde trabaja

5. ¿Qué hace con los residuos que no le sirven o los desechos que provienen del proceso?

Son botados a la basura

6. El residuo de coco que Ud. usa a la semana, ¿de cuánto coco proviene?

50 cocos a la semana

7. ¿Cuántas veces por semana adquiere el residuo?

Cada tres veces por semana

8. ¿Qué material u objeto obtiene desde este residuo?

Aretes

9. Explique, proceso de elaboración del material.

Lo que se hace es meter en la máquina de agua después se liga, se pule, se le da brillo y finalmente se le agrega los ganchitos para colocar en el arete

1. ¿tiempo de elaboración?

2 a 3 días por figura

2. ¿recursos usados?

Motores, ligadores de agua, dreme.

10. ¿Para qué sirve del material obtenido?

Venta de Artesanías

11. ¿Cuál ha sido el mayor desafío respecto al material obtenido?

No hay ningún desafío.

ENTREVISTA 4:

ACTORES: USUARIOS DEL RECICLADO DE LOS RESIDUOS

ENCUESTADO: SR. LENIN ALCÍVAR – CONSTRUCTOR DE BARCOS EN
PLAYITA MÍA, MANTA.

1. ¿Dónde adquiere el residuo de coco?

El residuo del coco lo compran ya listo, convertido en estopa.

2. ¿Compra o le regalan el residuo de coco?

Compran para la elaboración de barcos

3. ¿Qué parte de los residuos Ud. Acopia?

La fibra del coco

4. ¿Dónde almacena el residuo?

Las personas que procesan y elaboran la estopa lo almacenan en sus casas.

5. ¿Qué hace con los residuos que no le sirven o los desechos que provienen del proceso?

Con la estopa se elaboran tipo sogas, las cuales van en las ranuras de los barcos, el residuo de esas sogas se desecha, pero son mínimas cantidades que es tipo polvillo.

6. El residuo de coco que Ud. usa a la semana, ¿de cuántos coco proviene?

Depende del trabajo, por lo general 2 semanas.

7. ¿Cuántas veces por semana adquiere el residuo?

Es un trabajo temporal ya que no siempre se arman barcos.

8. ¿Qué material u objeto obtiene desde este residuo?

Sogas las cuales sirven para las ranuras de los barcos, para que no existan filtraciones dentro del barco.

9. Explique, proceso de elaboración del material.

Abren la fibra y la deshilachan, luego es separada en dos tramos y les van dando vuelta para ir formando un cabo trenzado el cual lo ponen en las ranuras de las embarcaciones con un calafate.

1. ¿tiempo de elaboración?

2 semanas o dependiendo de la embarcación

2. ¿recursos usados?

Majador

10. ¿Para qué sirve del material obtenido?

Para la elaboración de barcos, por lo general se utilizan 4 quintales por barco.

11. ¿Cuál ha sido el mayor desafío respecto al material obtenido?

Poner la estopa a los barcos que llegan a tierra y no los alzan, solo se quedan arena.

ENTREVISTA 5:

ACTORES: USUARIOS DEL RECICLADO DE LOS RESIDUOS

ENCUESTADO: SR. JOSÉ CARRILLO – CONSTRUCTOR DE BARCOS EN
PLAYITA MÍA, MANTA.

1. ¿Dónde adquiere el residuo de coco?

Lo compran

2. ¿Compra o le regalan el residuo de coco?

Ellos compran el residuo de coco listo para ser trabajado, es decir la fibra seca y limpia.

3. ¿Qué parte de los residuos Ud. Acopia?

Usan la parte de adentro del coco, la fibra.

4. ¿Dónde almacena el residuo?

Una vez comprada la estopa, la guardan en sacos y lo almacenan dentro de la misma embarcación.

5. ¿Qué hace con los residuos que no le sirven o los desechos que provienen del proceso?

Los residuos son mínimos, es solo un polvillo de la fibra.

6. El residuo de coco que Ud. usa a la semana, ¿de cuántos cocos proviene?

Usan más o menos dos sacos de estopa para una embarcación grande.

7. ¿Cuántas veces por semana adquiere el residuo?

La estopa solo se usa durante dos semanas más o menos, es un trabajo temporal ya que no siempre se arman barcos.

8. ¿Qué material u objeto obtiene desde este residuo?

Ellos realizan sogas tipo trenzas para ubicar entre las ranuras de las embarcaciones.

9. Explique, proceso de elaboración del material.

Abren la fibra y la deshilachan, luego es separada en dos tramos y les van dando vuelta para ir formando un cabo trenzado, una vez obtenido el cabo, lo ingresan en las ranuras de las embarcaciones con un calafate.

1. ¿tiempo de elaboración?

En una embarcación grande más o menos unos 15 días

2. ¿recursos usados?

Estopa, calafate, cemento blanco con goma

10. ¿Para qué sirve del material obtenido?

Para la elaboración de barcos y evitar filtraciones de agua dentro de los mismos.

11. ¿Cuál ha sido el mayor desafío respecto al material obtenido?

Lo más difícil es cuando el barco se encuentra varado y ellos no pueden realizar fácilmente su trabajo en la parte de abajo del barco, algunas veces han tenido que cavar para poder realizar el calafateo.

FASE 4: NUEVO MATERIAL

ACTORES: USUARIOS DEL NUEVO MATERIAL

OBJETIVO: CONOCER LOS USOS QUE SE LE DA AL "NUEVO MATERIAL" OBTENIDO DE LOS RESIDUOS DEL COCO.

ENTREVISTA 1:

ACTORES: USUARIOS DEL NUEVO MATERIAL

ENCUESTADO: SR. FABRICIO LOOR – DUEÑO DEL LOCAL MONTECUADORHATS

1. ¿Dónde adquiere el Nuevo Material?

De artesanos manabitas, Esmeraldas, Napo, y Perú.

2. ¿Para qué lo usa?

El material ya viene procesado en distintas artesanías, como lo es: collares, monederos, carteras y recuerdos.

3. ¿Cuánto le cuesta?

Depende del proceso del producto, tiene un valor de \$3-\$10.

4. Explique el proceso de uso.

Recuerdos de viaje.

Collares, pulseras y monederos para uno diario

Alcancías

5. ¿Qué otro material puede reemplazar al Nuevo Material?

El marfil vegetal “La Tagua”.

6. ¿Qué ventaja tiene el material a base de coco respecto a otros más comunes?

Más económico en su elaboración.

7. Si se descompone el Nuevo Material, ¿qué hace con este nuevo residuo?

Mas variedad como lo es los botones.

8. ¿Cuál ha sido el mayor desafío respecto al Nuevo Material?

Lleva un trabajo más complejo por los diferentes procesos y poder obtener una artesanía con acabados más finos.

9. ¿Qué otras cosas creen que puede hacerse a base del residuo del coco?

No tiene conocimiento.

ENTREVISTA 2:

ACTORES: USUARIOS DEL NUEVO MATERIAL

ENCUESTADO: GERÓNIMO GANGOTENA Y MATEO ESPINOSA

1. ¿Dónde adquiere el Nuevo Material?

Importado de la India en contenedores. Trabajan con coco seco, tienen una máquina para desfibrar, pero por pandemia no han encontrado alguien en Ecuador que les venda coco seco en una gran cantidad para poder desfibrarlo.

2. ¿Para qué lo usa?

Para realizar mantos que son utilizados en la agricultura y para el control de erosión en pendientes y planicies.

3. ¿Cuánto le cuesta?

Depende del volumen, a mayor volumen baja el costo, y depende del valor a lo que esté la materia prima.

4. Explique el proceso de uso.

Al utilizar el manto de coco en una producción agrícola este ayuda en el control de riego y plagas, pues el coco absorbe de 8 a 9 veces su peso en agua, es decir, una vez realizado el regado en una producción agrícola con este manto se ahorra el estar regando todos los días porque el agua absorbida por el mismo se va soltando de poco a poco y esta dura hasta 10 días de almacenamiento. Además, que realiza un microclima debajo del suelo la cual acelera la putrefacción del coco y pasa a ser sustrato para el suelo.

5. ¿Qué otro material puede reemplazar al Nuevo Material?

Trabajaban al inicio con el ábaco

6. ¿Qué ventaja tiene el material a base de coco respecto a otros más comunes?

Controla la erosión, y absorbe de 8 a 9 veces su peso en agua

7. Si se descompone el Nuevo Material, ¿qué hace con este nuevo residuo?

Este es absorbido por la tierra y se vuelve sustrato (abono) para el mismo

8. ¿Cuál ha sido el mayor desafío respecto al Nuevo Material?

El principal problema es ubicar el coco porque acá no se trabaja con la fibra de coco en cantidades grandes, y con Ebanitos han realizado las pruebas requeridas del coco y por pandemia se quedó paralizado, es por esto que lo importan.

9. ¿Qué otras cosas creen que puede hacerse a base del residuo del coco?

Ya han realizado, tienen hecho las investigaciones y prototipos de:

- Planchas para sustituir el gypsum
- Para realizar piezas automotrices
- Tablones tipo de MDF
- Plantillas para zapatos
- Para aislamiento térmico
- Planchas para reemplazar el corcho
- Planchas estilo bloques para utilizar en construcción

FASE 5: NUEVO MATERIAL

ACTORES: CONSUMIDORES DEL AGUA DEL COCO

OBJETIVO: CONOCER EL PROCESO DE ELIMINACIÓN DEL RESIDUO DEL COCO, DE LOS CONSUMIDORES EN SUS VIVIENDAS O CENTROS DE CIUDAD.

ENTREVISTA 1:

ACTORES: CONSUMIDORES DEL AGUA DE COCO

ENCUESTADO: SRA. ANGIE CEVALLOS

1. ¿A quién le compra usted el coco?

En manta en si el coco se lo comercializa más en las playas como El Murciélagos y en San Mateo, donde existen vendedores que poseen carretas o pequeñas islas, y en las cuales se acude a comprar jugo o lo que es carne de coco.

2. ¿Cuántos cocos usted compra por semana?

El coco se lo consume más cuando se va a la playa, en este caso, los fines de semana o en épocas de calor y en donde a uno se le antoja un buen jugo helado de coco.

3. ¿Qué haría con los residuos del coco?

Se tiene el conocimiento de que los residuos del coco en la actualidad tienen múltiples usos, en lo que en realidad a veces se lo ve más como un alimento o una fruta.

4. ¿Usted ha usado alguna vez estos residuos?

Nunca en si he usado estos residuos en algo específico, pero si en adornos con los cocos, al pintarlos y convertirlos en artesanía, también que se los pueden emplear en la elaboración de productos nutritivos.

5. ¿Usted utilizaría algún material producto de este residuo?

Si estos residuos tienen beneficios que favorezcan en la vida diaria, como cremas para la piel y esto trae buenos resultados si lo utilizaría.

ENTREVISTA 2:

ACTORES: CONSUMIDORES DEL AGUA DE COCO

ENCUESTADO: SR. LENIN ZAMBRANO

1. ¿A quién le compra usted el coco?

Usualmente en casi todas las partes, ya que aquí en las costas o peral costanero, las ventas del coco son más comunes, pues existen comerciantes ofreciendo este producto.

2. ¿Cuántos cocos usted compra por semana?

En si en una cifra exacta de 2 a 3 cocos por semana, a veces dependiendo del calor o de los días de trabajo, ya que es una bebida con electrolitos y eso ayuda bastante a la hidratación de nuestro cuerpo y organismo.

3. ¿Qué haría con los residuos del coco?

Con esos residuos en si pueden ser reutilizados en artesanías, abono, como la fibra de coco que pueden ser utilizados para parchar fugas o filtraciones de agua en barcos o lanchas artesanales de madera.

4. ¿Usted ha usado alguna vez estos residuos?

Pues en si por mi trabajo si, como abono en algunas artesanías, o también así mismo para sellar o tapar filtraciones de agua en embarcaciones artesanales de madera.

5. ¿Usted utilizaría algún material producto de este residuo?

Si lo utilizaría ya que este fruto contiene nutrientes y además es biodegradable y esto ayudaría a obtener más productos hechos con estos residuos.

ENTREVISTA 3:

ACTORES: CONSUMIDORES DEL AGUA DE COCO

ENCUESTADO: SRA. MARY VITERI

1. ¿A quién le compra usted el coco?

Normalmente le gusta comprarle a la vendedora que llega cerca de su casa, más en horas de la tarde. Pero también cuando va a la playa, donde de seguro termina comprando uno en alguno de los locales.

2. ¿Cuántos cocos usted compra por semana?

Compra de dos a tres a la semana y dependiendo del clima, podrían ser más.

3. ¿Qué haría con los residuos del coco?

Los deja en el mismo lugar donde lo compra.

4. ¿Usted ha usado alguna vez estos residuos?

No, porque no sabría qué hacer con ellos.

5. ¿Usted utilizaría algún material producto de este residuo?

Si, buscando la manera de hacer algo interesante

ENTREVISTA 4:

ACTORES: CONSUMIDORES DEL AGUA DE COCO

ENCUESTADO: SR. ARNOLDO SUAREZ.

1. ¿A quién le compra usted el coco?

Siempre le gusta comprar cuando va a la playa con su novia. Sin embargo, cerca del trabajo llega un vendedor, en donde él y sus compañeros suelen comprar.

2. ¿Cuántos cocos usted compra por semana?

Podría decir que a lo largo de la semana consume uno. Pero si el fin de semana se va a la playa, sería de dos a tres más.

3. ¿Qué haría con los residuos del coco?

Rara es la ocasión que se lleva el coco a la casa, ya que los suele dejar en el sitio donde lo compra.

4. ¿Usted ha usado alguna vez estos residuos?

No se le había ocurrido que podría usar los residuos del coco.

5. ¿Usted utilizaría algún material producto de este residuo?

Sería muy favorable buscarle una utilidad a este residuo, que es natural y se encuentra en abundancia en nuestro medio.

ENTREVISTA 5:

ACTORES: CONSUMIDORES DEL AGUA DE COCO

ENCUESTADO: SR. ANDRES CEDEÑO

1. ¿A quién le compra usted el coco?

Al día si tiene ganas recurre a un parque, o cuando esta con sus familiares porque les gusta mucho del jugo de coco, también en la playa el murciélago ya que viven cerca y compran a los señores que usan carretas o islas.

2. ¿Cuántos cocos usted compra por semana?

Exactamente no sabría cuántos, pero varios a la semana, más aún cuando pasa con su familia, que les gusta disfrutar del jugo y también de la carne del coco, más en días soleados.

3. ¿Qué haría con los residuos del coco?

De esos residuos podrían crearse cosas nuevas, como con la cascara del coco artesanías o con la fibra.

4. ¿Usted ha usado alguna vez estos residuos?

En realidad, no tendría o no sabría en que usarlo, así que solo los desecha.

5. ¿Usted utilizaría algún material producto de este residuo?

Claro que lo usaría, seguramente se podría usar de muchas maneras y sacarles provecho a los residuos.

ENTREVISTA 6:

ACTORES: CONSUMIDORES DEL AGUA DE COCO

ENCUESTADO: SR. GUIDO ALAVA

1. ¿A quién le compra el coco?

Usualmente le compro a los vendedores deambulantes.

2. ¿Cuántos cocos compra por semana?

Uno por semana tal vez, no es siempre que realizo el consumo

3. ¿Qué hace con los residuos del coco?

Pues la verdad yo lo pido en vaso, porque no me termino un coco completo

4. ¿Usted ha usado alguna vez estos residuos?

No, la verdad es que no.

5. ¿Usted utilizaría algún material producto de este residuo?

Existen elemento que contienen estos materiales, como son algunos cepillos de lavar.

ENTREVISTA 7:

ACTORES: CONSUMIDORES DEL AGUA DE COCO

ENCUESTADO: SRA. MARIA ALAVA

1. ¿A quién le compra el coco?

Siempre en al mismo señor, su trabajo está cerca y el señor tiene su puesto fijo.

2. ¿Cuántos cocos compra por semana?

Hasta 2 por semana, dependiendo del calor que haya.

3. ¿Qué hace con los residuos del coco?

El señor vende por vaso, entonces no me llevo la cáscara como tal.

4. ¿Usted ha usado alguna vez estos residuos?

Sí, para hacer maceteros, la idea la vi en Facebook y me gustó mucho cuando la vi.

5. ¿Usted utilizaría algún material producto de este residuo?

No lo sé, dependería de qué producto y si resultaría comprarlo.

ENTREVISTA 8:

ACTORES: CONSUMIDORES DEL AGUA DE COCO

ENCUESTADO: SRA. MARIA ALAVA

1. ¿A quién le compra el coco?

No tengo un lugar fijo de compra, si tengo la necesidad de uno, y veo una persona que venda y sea 100% coco, compro.

2. ¿Cuántos cocos compra por semana?

Tal vez 1 cada 2 semanas.

3. ¿Qué hace con los residuos del coco?

Cuando debo llevarlo conmigo por el tiempo, lo llevo hasta mi casa y lo tiro al tacho de basura.

4. ¿Usted ha usado alguna vez estos residuos?

No, la verdad es que no.

5. ¿Usted utilizaría algún material producto de este residuo?

Sí, si los usaría.

ENTREVISTA 9:

ACTORES: CONSUMIDORES DEL AGUA DE COCO

ENCUESTADO: SRA. ANDREA SOLORZANO

1. ¿A quién le compra el coco?

A cualquiera de ellos, tienen cocos grandes, y frescos.

2. ¿Cuántos cocos compra por semana?

Usualmente cuando paso por aquí siempre me dan ganas de tomarme un coco bien helado, y más en climas como este (soleado)

3. ¿Qué hace con los residuos del coco?

Cuando debo llevarlo conmigo por el tiempo, lo llevo hasta mi casa y lo tiro al tacho de basura.

4. ¿Usted ha usado alguna vez estos residuos?

No, la verdad es que no.

5. ¿Usted utilizaría algún material producto de este residuo?

Si llegan a salir el uso de este material, por alguna buena razón debe de ser, entonces supongo que sí, si los usaría.

ENTREVISTA 10:

ACTORES: CONSUMIDORES DEL AGUA DE COCO

ENCUESTADO: SRA. MARIANA SOLORZANO

1. ¿A quién le compra el coco?

A la caseta N2, los conozco, por eso les compro a ellos.

2. ¿Cuántos cocos compra por semana?

Tal vez 1 por semana

3. ¿Qué hace con los residuos del coco?

Tirarlo a la basura.

4. ¿Usted ha usado alguna vez estos residuos?

No, la verdad es que no.

5. ¿Usted utilizaría algún material producto de este residuo?

Suelo comprar los de macetas.

ENTREVISTA 11:

ACTORES: CONSUMIDORES DEL AGUA DE COCO

ENCUESTADO: SR. FRANCISCO CADENA

1. ¿A quién le compra usted el coco?

A vendedores en las playas

2. ¿Cuántos cocos usted compra por semana?

Dos

3. ¿Qué haría con los residuos del coco?

Desecharlo

4. ¿Usted ha usado alguna vez estos residuos?

No

5. ¿Usted utilizaría algún material producto de este residuo?

No

ENTREVISTA 12:

ACTORES: CONSUMIDORES DEL AGUA DE COCO

ENCUESTADO: SR. EDUARDO ZAMBRANO

1. ¿A quién le compra usted el coco?

Usualmente en la vía Crucita

2. ¿Cuántos cocos usted compra por semana?

4 a 6

3. ¿Qué haría con los residuos del coco?

Reutilizarlos para hacer artesanías.

4. ¿Usted ha usado alguna vez estos residuos?

Si, como abono.

5. ¿Usted utilizaría algún material producto de este residuo?

Si, me parece interesante obtener productos a base de residuos.

ENTREVISTA 13:

ACTORES: CONSUMIDORES DEL AGUA DE COCO

ENCUESTADO: SRA. RAMONA ALVAREZ

1. ¿A quién le compra usted el coco?

Normalmente le compro a la vendedora que llega cerca de su casa, más en horas de la tarde.

2. ¿Cuántos cocos usted compra por semana?

Tres cocos.

3. ¿Qué haría con los residuos del coco?

Los deja en el mismo lugar donde lo compra.

4. ¿Usted ha usado alguna vez estos residuos?

No.

5. ¿Usted utilizaría algún material producto de este residuo?

Si, buscando la manera de hacer algo interesante

ENTREVISTA 14:

ACTORES: CONSUMIDORES DEL AGUA DE COCO

ENCUESTADO: SR. ALFREDO PALACIOS

1. ¿A quién le compra usted el coco?

Siempre le gusta comprar cuando va a la playa con su novia. Sin embargo, cerca del trabajo llega un vendedor, en donde él y sus compañeros suelen comprar.

2. ¿Cuántos cocos usted compra por semana?

Podría decir que a lo largo de la semana consume uno. Pero si el fin de semana se va a la playa, sería de dos a tres más.

3. ¿Qué haría con los residuos del coco?

Rara es la ocasión que se lleva el coco a la casa, ya que los suele dejar en el sitio donde lo compra.

4. ¿Usted ha usado alguna vez estos residuos?

No se le había ocurrido que podría usar los residuos del coco.

5. ¿Usted utilizaría algún material producto de este residuo?

Sería muy favorable buscarle una utilidad a este residuo, que es natural y se encuentra en abundancia en nuestro medio.

ENTREVISTA 15:

ACTORES: CONSUMIDORES DEL AGUA DE COCO

ENCUESTADO: SRA. MARIANA PALMA

1. ¿A quién le compra usted el coco?

A los vendedores en las playas

2. ¿Cuántos cocos usted compra por semana?

Dos cocos.

3. ¿Qué haría con los residuos del coco?

Los deja en el mismo lugar donde lo compra.

4. ¿Usted ha usado alguna vez estos residuos?

No.

5. ¿Usted utilizaría algún material producto de este residuo?

Si, buscando la manera de hacer algo interesante.

ENTREVISTA 15:

ACTORES: CONSUMIDORES DEL AGUA DE COCO

ENCUESTADO: SRA. MARIANA PALMA

1. ¿A quién le compra usted el coco?

A los vendedores en las vías.

2. ¿Cuántos cocos usted compra por semana?

Tres cocos.

3. ¿Qué haría con los residuos del coco?

Desecharlo a la basura.

4. ¿Usted ha usado alguna vez estos residuos?

No.

5. ¿Usted utilizaría algún material producto de este residuo?

No.

ENTREVISTA 16:

ACTORES: CONSUMIDORES DEL AGUA DE COCO

ENCUESTADO: SR. JULIO CASTILLO

1. ¿A quién le compra usted el coco?

A los vendedores en las vías, en las playas, en el centro de la ciudad.

2. ¿Cuántos cocos usted compra por semana?

Tres cocos a cuatro cocos, dependiendo del clima.

3. ¿Qué haría con los residuos del coco?

Dejarlo en el lugar que lo compré.

4. ¿Usted ha usado alguna vez estos residuos?

Si, como abono.

5. ¿Usted utilizaría algún material producto de este residuo?

Si.

ENTREVISTA 17:

ACTORES: CONSUMIDORES DEL AGUA DE COCO

ENCUESTADO: SR. ARTURO MONTESDEOCA

1. ¿A quién le compra usted el coco?

A los vendedores el centro de la ciudad.

2. ¿Cuántos cocos usted compra por semana?

Tres cocos a cuatro cocos, dependiendo del clima.

3. ¿Qué haría con los residuos del coco?

Dejarlo en el lugar que lo compré.

4. ¿Usted ha usado alguna vez estos residuos?

Si, como abono.

5. ¿Usted utilizaría algún material producto de este residuo?

Si.

ENTREVISTA 18:

ACTORES: CONSUMIDORES DEL AGUA DE COCO

ENCUESTADO: SRA. ANGIE CEVALLOS

1. ¿A quién le compra usted el coco?

En la playa Murciélago de Manta.

2. ¿Cuántos cocos usted compra por semana?

Dos aproximadamente, ya que coco se lo consume más cuando se va a la playa, en este caso, los fines de semana o en épocas de calor.

3. ¿Qué haría con los residuos del coco?

Se tiene el conocimiento de que los residuos del coco en la actualidad tienen múltiples usos, en lo que en realidad a veces se lo ve más como un alimento o una fruta.

4. ¿Usted ha usado alguna vez estos residuos?

Nunca.

5. ¿Usted utilizaría algún material producto de este residuo?

Si.

ENTREVISTA 19:

ACTORES: CONSUMIDORES DEL AGUA DE COCO

ENCUESTADO: SR. MANUEL UGALDE

1. ¿A quién le compra usted el coco?

Usualmente en casi todas las partes, ya que en la costa la venta del coco es muy común.

2. ¿Cuántos cocos usted compra por semana?

En si en una cifra exacta de 2 a 3 cocos por semana.

3. ¿Qué haría con los residuos del coco?

Con esos residuos en si pueden ser reutilizados en artesanías, abono, como la fibra de coco que pueden ser utilizados para parchar fugas o filtraciones de agua en barcos o lanchas artesanales de madera.

4. ¿Usted ha usado alguna vez estos residuos?

Para hacer artesanías.

5. ¿Usted utilizaría algún material producto de este residuo?

Si, para obtener nuevos productos a partir de estos desechos.

ENTREVISTA 20:

ACTORES: CONSUMIDORES DEL AGUA DE COCO

ENCUESTADO: SRA. JUDITH ALVARADO

1. ¿A quién le compra usted el coco?

A los vendedores en la playa.

2. ¿Cuántos cocos usted compra por semana?

Compra de dos a tres a la semana y dependiendo del clima, podrían ser más.

3. ¿Qué haría con los residuos del coco?

Los deja en el mismo lugar donde lo compra.

4. ¿Usted ha usado alguna vez estos residuos?

No, porque no sabría qué hacer con ellos.

5. ¿Usted utilizaría algún material producto de este residuo?

No.

ENTREVISTA 21:

ACTORES: CONSUMIDORES DEL AGUA DE COCO

ENCUESTADO: SRA. SARA MACIAS

1. ¿A quién le compra usted el coco?

Siempre le gusta comprar cuando va a la playa.

2. ¿Cuántos cocos usted compra por semana?

Dos si voy a playa.

3. ¿Qué haría con los residuos del coco?

Dejarlos en el mismo lugar de la compra.

4. ¿Usted ha usado alguna vez estos residuos?

No se le había ocurrido que podría usar los residuos del coco.

5. ¿Usted utilizaría algún material producto de este residuo?

Sería muy favorable buscarle una utilidad ya que este residuo se encuentra en abundancia en nuestro medio.

ENTREVISTA 22:

ACTORES: CONSUMIDORES DEL AGUA DE COCO

ENCUESTADO: SR. JUAN ALAVA

1. ¿A quién le compra usted el coco?

A vendedores de la playa.

2. ¿Cuántos cocos usted compra por semana?

Dos a tres.

3. ¿Qué haría con los residuos del coco?

No sabría.

4. ¿Usted ha usado alguna vez estos residuos?

No,

5. ¿Usted utilizaría algún material producto de este residuo?

No.

ENTREVISTA 23:

ACTORES: CONSUMIDORES DEL AGUA DE COCO

ENCUESTADO: SR. ALEJANDRA MENDOZA

1. ¿A quién le compra el coco?

Usualmente le compro a los vendedores deambulantes.

2. ¿Cuántos cocos compra por semana?

Dos por semana.

3. ¿Qué hace con los residuos del coco?

Me gusta pedir en vaso, porque no me termino un coco completo

4. ¿Usted ha usado alguna vez estos residuos?

No.

5. ¿Usted utilizaría algún material producto de este residuo?

Si, claro para apoyar al reciclaje.

ENTREVISTA 24:

ACTORES: CONSUMIDORES DEL AGUA DE COCO

ENCUESTADO: SRA. ANA CEVALLOS

1. ¿A quién le compra el coco?

Siempre en al mismo señor, su trabajo está cerca y el señor tiene su puesto fijo.

2. ¿Cuántos cocos compra por semana?

Hasta 2 por semana, dependiendo del calor que haya.

3. ¿Qué hace con los residuos del coco?

El señor vende por vaso, entonces no me llevo la cáscara como tal.

4. ¿Usted ha usado alguna vez estos residuos?

Sí, para hacer maceteros, la idea la vi en Facebook y me gustó mucho cuando la vi.

5. ¿Usted utilizaría algún material producto de este residuo?

No lo sé, dependería de qué producto y si resultaría comprarlo.

ENTREVISTA 25:

ACTORES: CONSUMIDORES DEL AGUA DE COCO

ENCUESTADO: SRA. JENNIFER SUAREZ

1. ¿A quién le compra el coco?

No tengo un lugar fijo de compra, es muy común encontrar puestos de venta de coco,

2. ¿Cuántos cocos compra por semana?

Tal vez 1 cada 2 semanas.

3. ¿Qué hace con los residuos del coco?

Si lo llevo a casa, el desecho va directo a la basura.

4. ¿Usted ha usado alguna vez estos residuos?

No, la verdad es que no.

5. ¿Usted utilizaría algún material producto de este residuo?

Sí, si los usaría.

ANEXOS DEL CAPÍTULO 5 – CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE COCO EN PORTOVIEJO

FLUORESCENCIA DE RAYOS X (FRX)

Universidad de Antioquia - CO

11/17/2021 7:03:44
PM

Calculated by UniQuant

Thermo Fisher Scientific

Endocarpio de Coco E3 - Gina Sanandres

ARL OPT-2241 Rh 50kV LiF200 InSb AX06

Measured on : 11/17/2021 2:47:13
PM

Method : X_UQ_Helium

X-ray Path: : Helium

Kappa List : AnySample

Film Type : PP 6mu

Shapes & ImpFc : Teflon

Collimator : 29 mm

Calculated as : Oxides

Mask Viewed Diameter = 29,00 mm

Case Number : 0 = All known

Viewed Area = 660,52 mm²

Viewed Mass = 18000,00 mg

Reporting Level > 10 ppm and wt% > Est.Err.

1

Sample Height = 0,00 mm

Compound	Wt%	Est.Error	Element	Wt%	Est.Error
K ₂ O	31.36	0.23	K	26.03	0.19
Fe ₂ O ₃	15.92	0.18	Fe	11.14	0.13
SiO ₂	12.84	0.17	Si	6.00	0.08
Na ₂ O	9.26	0.28	Na	6.87	0.21
P ₂ O ₅	4.70	0.11	Px	2.05	0.05
CaO	4.31	0.10	Ca	3.08	0.07
Al ₂ O ₃	3.75	0.10	Al	1.99	0.05
MgO	2.81	0.08	Mg	1.70	0.05
Cr ₂ O ₃	1.45	0.06	Cr	0.993	0.04
SO ₃	0.951	0.047	Sx	0.381	0.019
TiO ₂	0.513	0.026	Ti	0.308	0.015
MnO	0.308	0.015	Mn	0.239	0.012
CuO	0.222	0.011	Cu	0.177	0.0088
NiO	0.190	0.0095	Ni	0.149	0.0075
Cl	0.156	0.0078	Cl	0.156	0.0078
ZnO	0.129	0.0064	Zn	0.103	0.0052
SrO	0.0448	0.0022	Sr	0.0378	0.0019
WO ₃	0.0322	0.0039	W	0.0256	0.0031
V ₂ O ₅	0.0249	0.0029	V	0.0139	0.0017
BaO	0.0124	0.0084	Ba	0.0111	0.0075

BaO	0.0124	0.0084	Ba	0.0111	0.0075
I	0.0109	0.011	I	0.0109	0.011
ZrO2	0.0104	0.0018	Zr	0.0077	0.0013
MoO3	0.0102	0.0018	Mo	0.0068	0.0012
PbO	0.0076	0.0029	Pb	0.0071	0.0027
As2O3	0.0069	0.0069	As	0.0052	0.0052
Br	0.0011	0.0009	Br	0.0011	0.0009

Known Concentration = 10,96 LOI
 Sum Weight% before normalization to 100% = 64.4 %
 Total Weight% = 27,55
 Oxygen =

Cemento Holcim Fuerte - Gina Sanandres

ARL OPT-2241 Rh 50kV LiF200 InSb AX06	Measured on	: 11/17/2021 12:32:58 PM
Method : X_UQ_Helium	X-ray Path:	: Helium
Kappa List : AnySample	Film Type	: PP 6mu
Shapes & ImpFc : Teflon	Collimator Mask	: 29 mm
Calculated as : Oxides	Viewed Diameter	= 29,00 mm
Case Number : 0 = All known	Viewed Area	= 660,52 mm2
	Viewed Mass	= 18000,00 mg

Reporting Level > 10 ppm and wt% > Est.Err.

1 Sample Height = 0,00 mm

Compound	Wt%	Est.Error	Element	Wt%	Est.Error
CaO	64.77	0.24	Ca	46.31	0.17
SiO2	11.06	0.16	Si	5.17	0.07
SO3	2.86	0.08	Sx	1.15	0.03
Al2O3	2.61	0.08	Al	1.38	0.04
Fe2O3	1.78	0.07	Fe	1.25	0.05
MgO	0.891	0.044	Mg	0.537	0.027
P2O5	0.241	0.012	Px	0.105	0.0053
K2O	0.143	0.0071	K	0.119	0.0059
TiO2	0.116	0.0058	Ti	0.0695	0.0035
SrO	0.0838	0.0042	Sr	0.0709	0.0035
MnO	0.0543	0.0027	Mn	0.0420	0.0021
BaO	0.0419	0.0086	Ba	0.0375	0.0077
CuO	0.0313	0.0030	Cu	0.0250	0.0024
Cr2O3	0.0209	0.0020	Cr	0.0143	0.0013
ZnO	0.0188	0.0009	Zn	0.0151	0.0008
Cl	0.0178	0.0021	Cl	0.0178	0.0021
PuO2	0.0158	0.0035	Pu	0.0139	0.0031
V2O5	0.0143	0.0023	V	0.0080	0.0013
NiO	0.0116	0.0010	Ni	0.0091	0.0008
Sc2O3	0.0032	0.0025	Sc	0.0021	0.0016
ZrO2	0.0028	0.0016	Zr	0.0021	0.0012

Known Concentration = 15,21 LOI
 Sum Weight% before normalization to 100% = 91.5 %
 Total Weight% = 28,45
 Oxygen =

Endocarpio de Coco E2 - Gina Sanandres

ARL OPT-2241 Rh 50kV LiF200 InSb AX06	Measured on	: 11/17/2021 11:59:07 AM
Method : X_UQ_Helium	X-ray Path:	: Helium
Kappa List : AnySample	Film Type	: PP 6mu
Shapes & ImpFc : Teflon	Collimator Mask	: 29 mm
Calculated as : Oxides	Viewed Diameter	= 29,00 mm
Case Number : 0 = All known	Viewed Area	= 660,52 mm2
	Viewed Mass	= 18000,00 mg

Reporting Level > 10 ppm and wt% > Est.Err. 1 Sample Height = 0,00 mm

Compound	Wt%	Est.Error	Element	Wt%	Est.Error
K2O	14.80	0.18	K	12.28	0.15
SiO2	8.18	0.14	Si	3.82	0.06
Fe2O3	7.31	0.13	Fe	5.11	0.09
Na2O	4.38	0.13	Na	3.25	0.10
Al2O3	2.44	0.08	Al	1.29	0.04
P2O5	2.24	0.07	Px	0.976	0.03
CaO	2.22	0.07	Ca	1.59	0.05
MgO	1.94	0.07	Mg	1.17	0.04
SO3	0.639	0.032	Sx	0.256	0.013
Cl	0.488	0.024	Cl	0.488	0.024
TiO2	0.418	0.021	Ti	0.250	0.012
Cr2O3	0.295	0.015	Cr	0.202	0.010
MnO	0.172	0.0086	Mn	0.133	0.0067
CuO	0.0815	0.0041	Cu	0.0651	0.0033
PbO	0.0614	0.0031	Pb	0.0570	0.0028
ZnO	0.0573	0.0029	Zn	0.0460	0.0023
NiO	0.0406	0.0020	Ni	0.0319	0.0016
SrO	0.0165	0.0008	Sr	0.0139	0.0007
WO3	0.0137	0.0016	W	0.0109	0.0013
V2O5	0.0134	0.0014	V	0.0075	0.0008
ZrO2	0.0072	0.0007	Zr	0.0053	0.0005
SnO2	0.0042	0.0035	Sn	0.0033	0.0028
MoO3	0.0036	0.0006	Mo	0.0024	0.0004
Br	0.0027	0.0004	Br	0.0027	0.0004

Known 54,19 LOI
 Concentration =
 Sum Weight% before normalization to 100% = 87.5 %
 Total Weight% 14,75
 Oxygen =

Fibra de Coco Fa - Gina San Andres

ARL OPT-2241 Rh 50kV LiF200 InSb AX06
 Method : X_UQ_Helium
 Kappa List : AnySample
 Shapes & ImpFc : Teflon
 Calculated as : Oxides
 Case Number : 0 = All known

Measured on : 11/17/2021 5:18:47 PM
 X-ray Path: : Helium
 Film Type : PP 6mu
 Collimator Mask : 29 mm
 Viewed Diameter = 29,00 mm
 Viewed Area = 660,52 mm2
 Viewed Mass = 18000,00 mg

Reporting Level > 10 ppm and wt% > Est.Err. 1

Sample Height = 0,00 mm

Compound	Wt%	Est.Error	Element	Wt%	Est.Error
K2O	16.22	0.18	K	13.47	0.15
SiO2	7.67	0.13	Si	3.59	0.06
CaO	4.13	0.10	Ca	2.95	0.07
Cl	2.30	0.07	Cl	2.30	0.07
MgO	2.25	0.07	Mg	1.36	0.04
Na2O	2.17	0.10	Na	1.61	0.07
P2O5	1.96	0.07	Px	0.856	0.03
SO3	1.14	0.05	Sx	0.458	0.02
Fe2O3	1.07	0.05	Fe	0.747	0.04
Cr2O3	0.256	0.013	Cr	0.175	0.0088
Al2O3	0.186	0.0093	Al	0.0986	0.0049
CuO	0.0541	0.0027	Cu	0.0432	0.0022
MnO	0.0407	0.0020	Mn	0.0315	0.0016
Br	0.0256	0.0013	Br	0.0256	0.0013
BaO	0.0226	0.0044	Ba	0.0203	0.0039
SrO	0.0219	0.0011	Sr	0.0185	0.0009
ZnO	0.0211	0.0011	Zn	0.0170	0.0008
NiO	0.0190	0.0009	Ni	0.0149	0.0007
TiO2	0.0160	0.0016	Ti	0.0096	0.0009
SnO2	0.0047	0.0025	Sn	0.0037	0.0020
MoO3	0.0038	0.0005	Mo	0.0025	0.0003
PbO	0.0019	0.0011	Pb	0.0017	0.0010

Known Concentration = 60,41 LOI
 Sum Weight% before normalization to 100% = 83.2 %
 Total Weight% Oxygen = 11,80

Endocarpio de Coco E1 - Gina Sanandres

ARL OPT-2241 Rh 50kV LiF200 InSb AX06

Method : X_UQ_Helium
 Kappa List : AnySample
 Shapes & ImpFc : Teflon
 Calculated as : Oxides
 Case Number : 0 = All known

Measured on : 11/17/2021 11:24:42 AM
 X-ray Path: : Helium
 Film Type : PP 6mu
 Collimator Mask : 29 mm
 Viewed Diameter = 29,00 mm
 Viewed Area = 660,52 mm2
 Viewed Mass = 18000,00 mg

Reporting Level > 10 ppm and wt% > Est.Err. 1

Sample Height = 0,00 mm

Compound	Wt%	Est.Error	Element	Wt%	Est.Error
K2O	16.58	0.19	K	13.76	0.15
Fe2O3	11.04	0.16	Fe	7.72	0.11
SiO2	8.61	0.14	Si	4.02	0.07
Na2O	6.75	0.18	Na	5.01	0.13
P2O5	2.91	0.08	Px	1.27	0.04
Al2O3	2.39	0.08	Al	1.26	0.04
CaO	2.22	0.07	Ca	1.59	0.05
MgO	2.11	0.07	Mg	1.27	0.04
Cl	1.36	0.06	Cl	1.36	0.06
TiO2	0.991	0.049	Ti	0.594	0.030
SO3	0.905	0.045	Sx	0.362	0.018
MnO	0.374	0.019	Mn	0.290	0.014
Cr2O3	0.158	0.0079	Cr	0.108	0.0054
CuO	0.0627	0.0031	Cu	0.0501	0.0025
ZnO	0.0485	0.0024	Zn	0.0390	0.0019
NiO	0.0287	0.0014	Ni	0.0225	0.0011
V2O5	0.0197	0.0019	V	0.0110	0.0011
WO3	0.0175	0.0020	W	0.0139	0.0016
SrO	0.0171	0.0009	Sr	0.0144	0.0007
BaO	0.0157	0.0043	Ba	0.0140	0.0039
ZrO2	0.0136	0.0008	Zr	0.0100	0.0006
Br	0.0081	0.0004	Br	0.0081	0.0004
SnO2	0.0063	0.0039	Sn	0.0049	0.0031
MoO3	0.0036	0.0007	Mo	0.0024	0.0005
PbO	0.0020	0.0014	Pb	0.0019	0.0013

Known Concentration = 43,35 LOI
 Sum Weight% before normalization to 100% = 84.4 %
 Total Weight% Oxygen = 17,82

Fibra de Coco seca Fb - Gina Sanandres

ARL OPT-2241 Rh 50kV LiF200 InSb AX06

Method	:	X_UQ_Helium	Measured on	:	11/17/2021 3:15:47 PM
Kappa List	:	AnySample	X-ray Path:	:	Helium
Shapes & ImpFc	:	Teflon	Film Type	:	PP 6mu
Calculated as	:	Oxides	Collimator Mask	:	29 mm
Case Number	:	0 = All known	Viewed Diameter	=	29,00 mm
			Viewed Area	=	660,52 mm2
			Viewed Mass	=	18000,00 mg

Reporting Level > 10 ppm and wt% > Est.Err. 1

Sample Height = 0,00 mm

Compound	Wt%	Est.Error	Element	Wt%	Est.Error
K2O	24.18	0.21	K	20.07	0.18
SiO2	9.35	0.15	Si	4.37	0.07
CaO	5.57	0.11	Ca	3.98	0.08
MgO	4.01	0.10	Mg	2.42	0.06
Cl	2.90	0.08	Cl	2.90	0.08
P2O5	2.55	0.08	Px	1.11	0.03
Fe2O3	1.58	0.06	Fe	1.10	0.04
Na2O	1.57	0.10	Na	1.17	0.08
SO3	1.07	0.05	Sx	0.428	0.02
Cr2O3	0.349	0.017	Cr	0.239	0.012
Al2O3	0.341	0.017	Al	0.180	0.0090
MnO	0.0551	0.0028	Mn	0.0426	0.0021
Br	0.0536	0.0027	Br	0.0536	0.0027
CuO	0.0469	0.0027	Cu	0.0375	0.0022
NiO	0.0390	0.0020	Ni	0.0307	0.0015
SrO	0.0365	0.0018	Sr	0.0309	0.0015
ZnO	0.0329	0.0016	Zn	0.0264	0.0013
BaO	0.0222	0.0058	Ba	0.0199	0.0052
TiO2	0.0220	0.0021	Ti	0.0132	0.0013
WO3	0.0145	0.0024	W	0.0115	0.0019
SnO2	0.0099	0.0047	Sn	0.0078	0.0037
MoO3	0.0059	0.0009	Mo	0.0040	0.0006
ZrO2	0.0012	0.0012	Zr	0.0009	0.0009

Known Concentration = 46,20 LOI
 Sum Weight% before normalization to 100% = 79.2 %
 Total Weight% = 15,55
 Oxygen =

Fibre de Coco seca FC -

ARL OPT-2241 Rh 50kV LiF200 InSb AX06	Measured on	: 11/17/2021 2:18:04 PM
Method : X_UQ_Helium	X-ray Path:	: Helium
Kappa List : AnySample	Film Type	: PP 6mu
Shapes & ImpFc : Teflon	Collimator Mask	: 29 mm
Calculated as : Oxides	Viewed Diameter	= 29,00 mm
Case Number : 0 = All known	Viewed Area	= 660,52 mm2
	Viewed Mass	= 18000,00 mg

Reporting Level > 10 ppm and wt% > Est.Err.

1 Sample Height = 0,00 mm

Compound	Wt%	Est.Error	Element	Wt%	Est.Error
K2O	29.04	0.23	K	24.11	0.19
SiO2	13.88	0.17	Si	6.49	0.08
CaO	8.25	0.14	Ca	5.90	0.10
MgO	5.62	0.12	Mg	3.39	0.07
P2O5	3.17	0.09	Px	1.38	0.04
Na2O	3.04	0.14	Na	2.25	0.10
Cl	2.97	0.08	Cl	2.97	0.08
SO3	1.45	0.06	Sx	0.580	0.02
Fe2O3	0.821	0.041	Fe	0.574	0.029
Al2O3	0.601	0.030	Al	0.318	0.016
Br	0.0591	0.0030	Br	0.0591	0.0030
CuO	0.0557	0.0032	Cu	0.0445	0.0026
Cr2O3	0.0513	0.0026	Cr	0.0351	0.0018
SrO	0.0463	0.0023	Sr	0.0392	0.0020
MnO	0.0429	0.0021	Mn	0.0333	0.0017
ZnO	0.0376	0.0019	Zn	0.0302	0.0015
TiO2	0.0348	0.0028	Ti	0.0208	0.0017
BaO	0.0235	0.0071	Ba	0.0211	0.0063
NiO	0.0186	0.0011	Ni	0.0146	0.0008
SnO2	0.0082	0.0050	Sn	0.0065	0.0039
MoO3	0.0033	0.0011	Mo	0.0022	0.0008
V2O5	0.0025	0.0018	V	0.0014	0.0010
ZrO2	0.0024	0.0014	Zr	0.0018	0.0010

Known Concentration = 30,76 LOI
 Sum Weight% before normalization to 100% = 76.9 %
 Total Weight% Oxygen = 20,96

Endocarpio de Coco seco Fd - Gina Sanandres

ARL OPT-2241 Rh 50kV LiF200 InSb AX06	Measured on	: 11/17/2021 3:46:27 PM
Method : X_UQ_Helium	X-ray Path:	: Helium
Kappa List : AnySample	Film Type	: PP 6mu
Shapes & ImpFc : Teflon	Collimator Mask	: 29 mm
Calculated as : Oxides	Viewed Diameter	= 29,00 mm
Case Number : 0 = All known	Viewed Area	= 660,52 mm2
	Viewed Mass	= 18000,00 mg

Reporting Level > 10 ppm and wt% > Est.Err.

1 Sample Height = 0,00 mm

Compound	Wt%	Est.Error	Element	Wt%	Est.Error
K2O	20.31	0.20	K	16.86	0.17
SiO2	9.26	0.14	Si	4.33	0.07
CaO	5.08	0.11	Ca	3.64	0.08
MgO	3.74	0.09	Mg	2.26	0.06
Cl	2.88	0.08	Cl	2.88	0.08
Na2O	2.69	0.12	Na	1.99	0.09
Fe2O3	2.29	0.07	Fe	1.60	0.05
P2O5	2.10	0.07	Px	0.919	0.03
SO3	0.885	0.044	Sx	0.354	0.018
Cr2O3	0.603	0.030	Cr	0.412	0.021
Al2O3	0.358	0.018	Al	0.189	0.0094
MnO	0.0678	0.0034	Mn	0.0525	0.0026
PbO	0.0531	0.0027	Pb	0.0493	0.0025
Br	0.0455	0.0023	Br	0.0455	0.0023
NiO	0.0419	0.0021	Ni	0.0329	0.0016
CuO	0.0376	0.0025	Cu	0.0300	0.0020
SrO	0.0347	0.0017	Sr	0.0294	0.0015
ZnO	0.0236	0.0012	Zn	0.0190	0.0009
BaO	0.0216	0.0051	Ba	0.0193	0.0046
TiO2	0.0194	0.0019	Ti	0.0116	0.0011
As2O3	0.0074	0.0041	As	0.0056	0.0031
SnO2	0.0073	0.0045	Sn	0.0058	0.0035
MoO3	0.0049	0.0008	Mo	0.0032	0.0006

Known 49,43 LOI
 Concentration =
 Sum Weight% before normalization to 100% = 81.3 %
 Total Weight% 14,84
 Oxygen =

Fibra de Coco Fe - Gina San Andres

ARL OPT-2241 Rh 50kV LiF200 InSb AX06	Measured on	: 11/17/2021 4:15:01 PM
Method : X_UQ_Helium	X-ray Path:	: Helium
Kappa List : AnySample	Film Type	: PP 6mu
Shapes & ImpFc : Teflon	Collimator Mask	: 29 mm
Calculated as : Oxides	Viewed Diameter	= 29,00 mm
Case Number : 0 = All known	Viewed Area	= 660,52 mm2
	Viewed Mass	= 18000,00 mg

Reporting Level > 10 ppm and wt% > Est.Err.

1 Sample Height = 0,00 mm

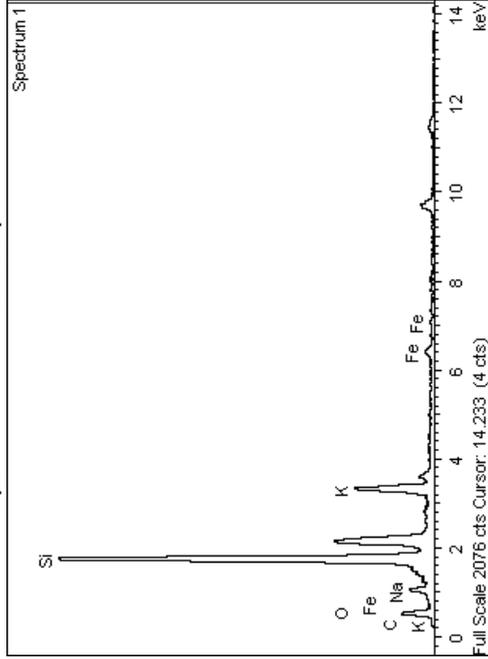
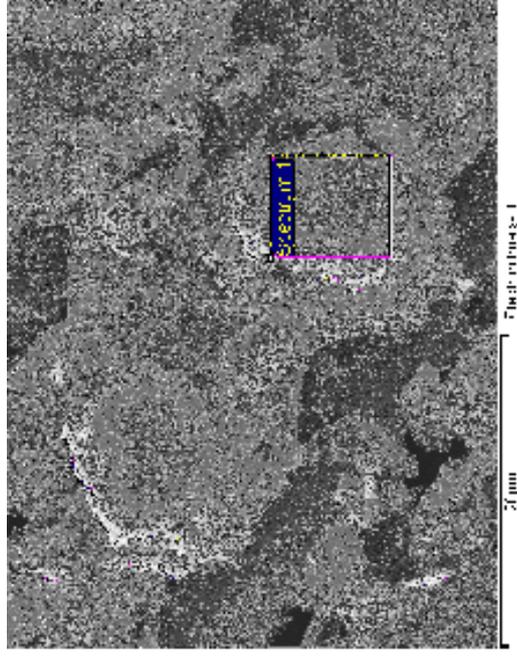
Compound	Wt%	Est.Error	Element	Wt%	Est.Error
K2O	35.49	0.24	K	29.46	0.20
SiO2	13.62	0.17	Si	6.37	0.08
CaO	7.58	0.13	Ca	5.42	0.09
MgO	5.70	0.12	Mg	3.44	0.07
Cl	5.38	0.11	Cl	5.38	0.11
P2O5	3.70	0.09	Px	1.62	0.04
Na2O	2.46	0.15	Na	1.82	0.11
SO3	1.40	0.06	Sx	0.559	0.02
Fe2O3	1.31	0.06	Fe	0.920	0.04
Al2O3	0.452	0.023	Al	0.239	0.012
Cr2O3	0.256	0.013	Cr	0.175	0.0087
Br	0.0698	0.0035	Br	0.0698	0.0035
MnO	0.0537	0.0027	Mn	0.0416	0.0021
SrO	0.0499	0.0025	Sr	0.0422	0.0021
CuO	0.0455	0.0041	Cu	0.0363	0.0033
ZnO	0.0438	0.0022	Zn	0.0352	0.0018
NiO	0.0255	0.0014	Ni	0.0200	0.0011
TiO2	0.0210	0.0029	Ti	0.0126	0.0018
SnO2	0.0064	0.0060	Sn	0.0050	0.0047
MoO3	0.0051	0.0013	Mo	0.0034	0.0009
Sc2O3	0.0022	0.0021	Sc	0.0014	0.0014

Known Concentration = 22,32 LOI
 Sum Weight% before normalization to 100% = 71.0 %
 Total Weight% = 22,01
 Oxygen =

# Muestra	Wcrisol	Peso Muestra	Peso muestra Seca	#Crisol	% Humedad	Promedio Humedad	Peso Final 550	Peso muestra Calcinada a 1050° C	LOI a 550° C	Promedio LOI 550° C	Peso Final 550-2	Peso muestra Calcinada a 550° C-2	LOI a 550° C-2	Promedio LOI 550° C-2	Peso Final 750	# Muestra	Wcrisol	Peso Muestra	
Endocarpio de Coco E1	23,3045	1,8119	1,702	1	6,049	5,739	24,379	1,074	36,903	36,921	24,3428	1,0383	39,0061	39,198	24,2737	Endocarpio de Coco E2	19,6807	-	-41,1733
	25,3426	1,4236	1,346	4	5,430		26,192	0,849	36,938		26,1586	0,8160	39,3894		26,1014		22,4954	-	-46,4144
Endocarpio de Coco E2	25,6027	1,9602	1,812	8	7,571	7,379	26,720	1,117	38,343	37,993	26,4668	0,8641	52,3071	51,551	26,4354	Endocarpio de Coco E3	21,6823	-	-45,3248
	25,9277	1,9922	1,849	10	7,188		27,081	1,153	37,642		26,8375	0,9098	50,7950		26,7721		21,9433	-	-45,8788
Endocarpio de Coco E3	17,2491	1,5106	1,280	AA	15,246	15,222	18,503	1,254	2,031	2,133	18,4683	1,2192	4,7723	4,737	18,3879	Endocarpio de Coco E4	14,2279	-	-29,9664
	25,3881	1,4976	1,270	20	15,198		26,630	1,242	2,236		26,5984	1,2103	4,7008		26,5200		22,3929	-	-46,2834
Fibra de Coco Secca	22,7754	1,0813	1,002	15	7,315	6,480	23,587	0,811	19,028	18,572	23,5290	0,7536	24,8054	24,760	23,4637	Fibra de Coco Secca	20,6128	-	-42,3069
	20,3491	1,2046	1,137	10	10,160		21,280	0,931	18,115		21,2048	0,8557	24,7141		21,1424		17,9399	-	-37,0844
Fibra cruda sin limpiar	23,3175	0,6153	0,557	12	9,524	9,612	23,343	0,025	95,491	95,675	23,3415	0,0240	95,6889	95,897	23,3391	Fibra cruda sin limpiar	22,0889	-	-44,7891
	24,65	0,6711	0,606	9	9,700		24,675	0,025	95,858		24,6736	0,0236	96,1056		24,6702		23,3078	-	-47,2867
Endocarpio seco 48h-150° C	26,1285	8,2101	7,790	19	5,118	5,193	27,828	1,699	78,187	77,857	26,2175	0,0890	98,8575	98,912	26,2066	Endocarpio seco 48h-150° C	-9,7083	-	-27,6267
	25,205	9,0655	8,588	17	5,268		27,135	1,930	77,527		25,2938	0,0888	98,9660		25,2806		-7,074	-	-23,2135
Cemento Holcim Fuerte	26,1439	8,4178	8,357	2	0,728	0,736	34,431	8,287	0,827	0,788	34,3294	8,1855	2,0463	2,091	33,2342	Cemento Holcim Fuerte	-9,3083	-	-27,0344
	22,5374	10,3585	10,282	11	0,743		32,742	10,205	0,749		32,5993	10,0619	2,1359		31,2490		-1,8204	-	-13,9993
Fibra de coco seca Fa	25,8381	1,2755	1,185	19	7,064	6,941	26,381	0,543	54,235	53,384	26,3564	0,5183	56,2764	55,813	26,3039	Fibra de coco seca Fa	23,2871	-	-47,8497
	25,3843	1,2539	1,168	17	6,819		25,939	0,555	52,533		25,9060	0,5217	55,3492		25,8503		22,8765	-	-47,0069
Fibra de coco seca Fb	24,8259	1,4850	1,388	7	6,532	6,458	25,699	0,873	37,075	37,310	25,6558	0,8229	40,2089	40,501	25,5743	Fibra de coco seca Fb	21,8559	-	-45,1968
	25,1116	1,5366	1,439	3	6,384		26,010	0,898	37,546		25,9633	0,8517	40,7925		25,8837		22,0384	-	-45,6134
Fibra de coco seca Fd	23,6199	1,3862	1,316	14	5,035	5,434	23,387	0,767	41,727	40,459	24,3493	0,7294	44,5913	44,636	24,2813	Fibra de coco seca Fd	20,8475	-	-43,0812
	23,7297	2,5476	2,399	21	5,833		25,189	1,459	39,191		25,0568	1,3271	44,6811		24,9507		18,6345	-	-39,8166
Fibra de coco seca Fe	25,5705	1,6933	1,539	23	9,118		26,928	1,358	11,775		26,8604	1,2899	16,1804	16,180	26,7659	Fibra de coco seca Fe	22,1839	-	-46,0611

Project: E1	Sample: E1
Owner: INCA	Type: Default
Site: Site of Interest 1	ID:

SEM - E1



Spectrum processing :
 Peaks possibly omitted : 2.146, 9.699, 11.471 keV

Processing option : All elements analyzed (Normalised)
 Number of iterations = 3

- Standard :
- C CaCO3 1-Jun-1999 12:00 AM
 - O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM
 - Na Albite 1-Jun-1999 12:00 AM
 - Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM
 - K MAD-10 Feldspar 1-Jun-1999 12:00 AM
 - Fe Fe 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	App		Intensity		Weight%		Atomic%	
	Conc.		Conn.		Weight%	Sigma	Weight%	Atomic%
C K	0.64	0.2363	12.18	2.70	21.73			
O K	2.89	0.5068	25.94	1.36	34.73			
Na K	0.69	0.9447	3.30	0.31	3.07			
Si K	9.04	0.9880	41.40	1.47	31.57			
K K	3.03	0.9789	14.02	0.59	7.68			
Fe K	0.57	0.8238	3.16	0.41	1.21			

E1

10/27/2021 10:08:43 AM

Spectrum processing :

Peaks possibly omitted : 2.146, 9.704, 11.468, 13.365 keV

Processing option : All elements analyzed (Normalised)

Number of iterations = 4

Standard :

- C CaCO3 1-Jun-1999 12:00 AM
- O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM
- Na Albite 1-Jun-1999 12:00 AM
- Mg MgO 1-Jun-1999 12:00 AM
- Al Al2O3 1-Jun-1999 12:00 AM
- Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM
- Cl KCl 1-Jun-1999 12:00 AM
- K MAD-10 Feldspar 1-Jun-1999 12:00 AM
- Fe Fe 1-Jun-1999 12:00 AM

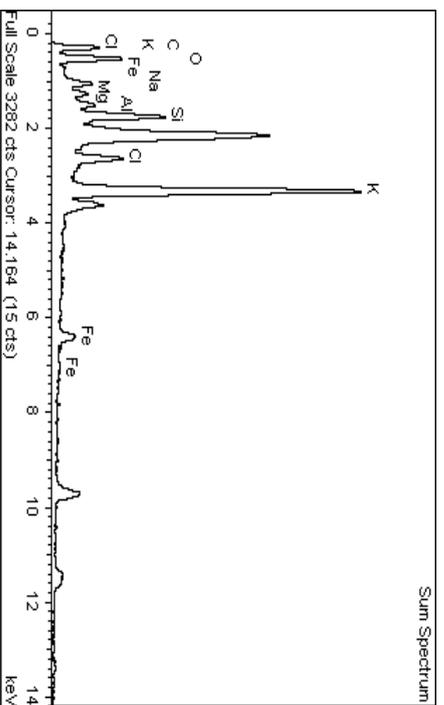
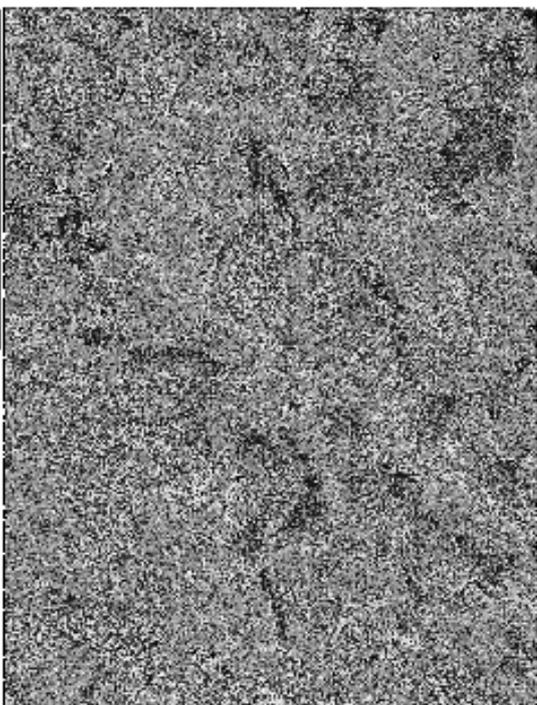
Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
CK	3.62	0.5838	33.85	1.00	49.53



Comment:

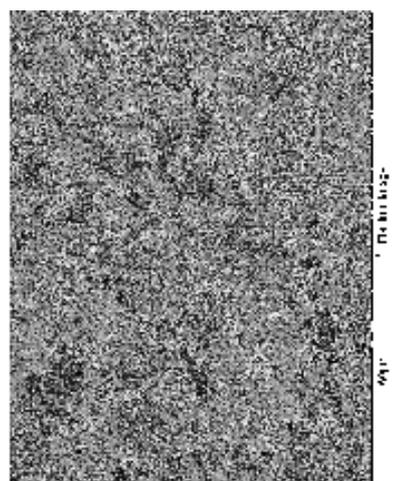
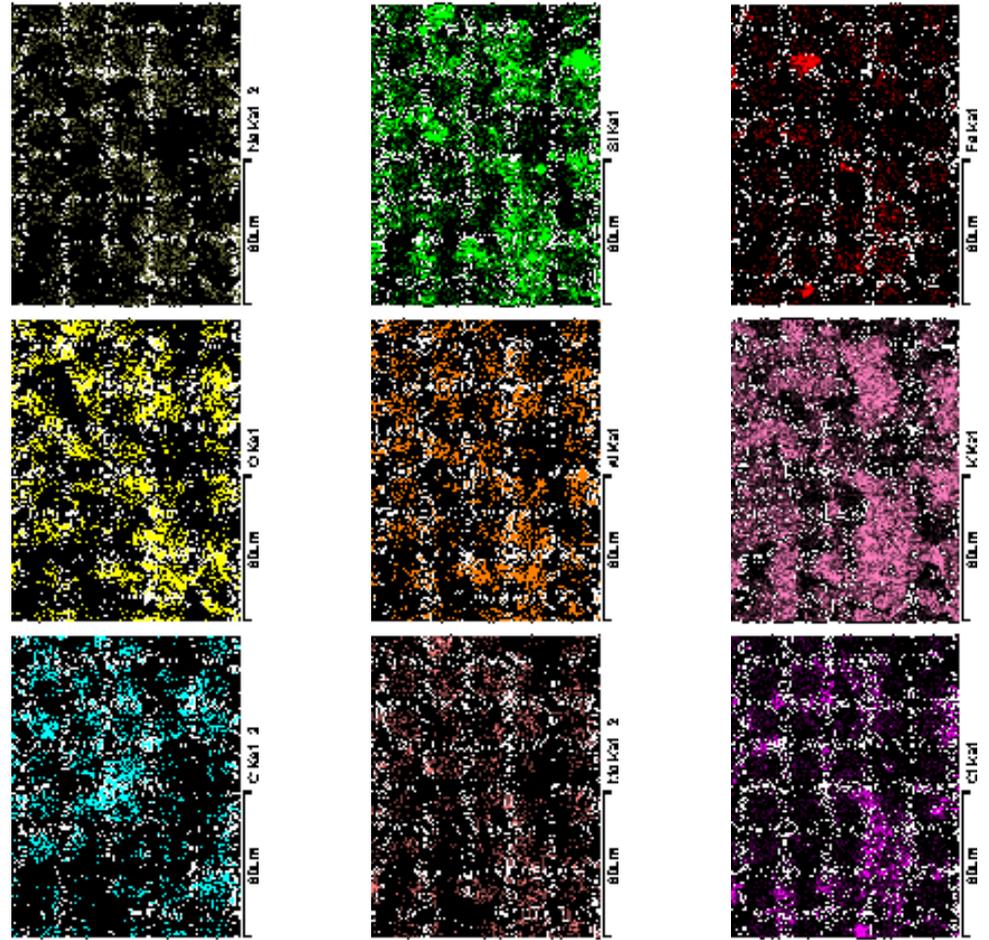
Project: E1
Owner: INCA
Site: Site of Interest 2

Sample: E1
Type: Default
ID:



E1

10/27/2021 10:09:15 AM



Comment:



FC

10/27/2021 8:56:38 AM

Project: FC
Owner: INCA
Site: Site of Interest 1

Sample: FC
Type: Default
ID:

Spectrum processing:

Peaks possibly omitted : 2.145, 8.045, 8.513, 9.698, 11.475, 13.362 keV

Processing option : All elements analyzed (Normalised)

Number of iterations = 3

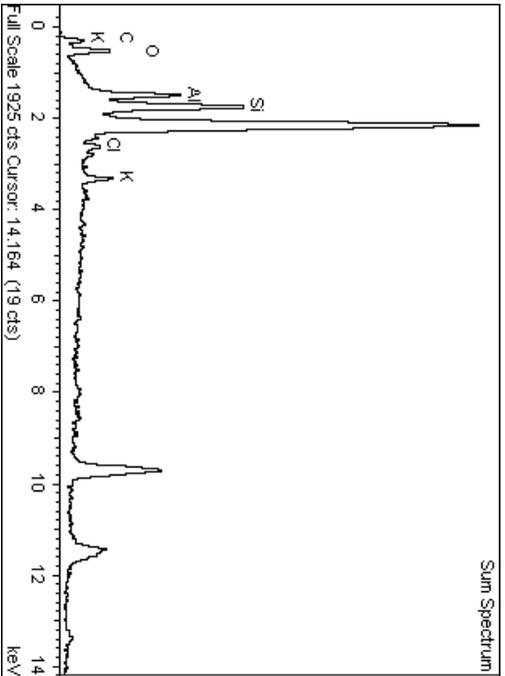
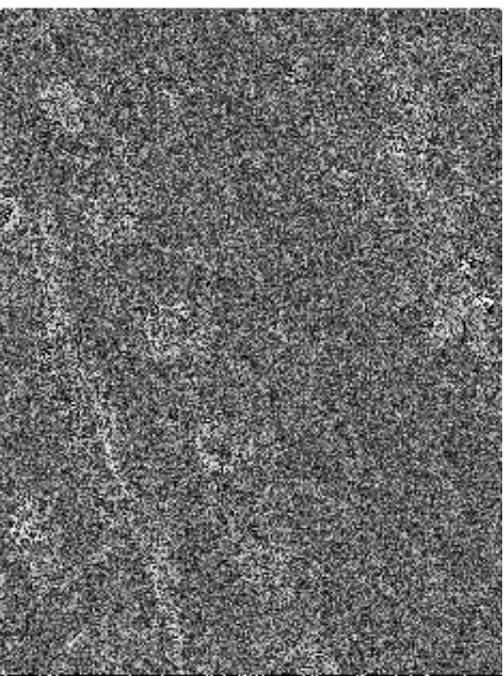
Standard :

- C CaCO3 1-Jun-1999 12:00 AM
- O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM
- Al Al2O3 1-Jun-1999 12:00 AM
- Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM
- Cl KCl 1-Jun-1999 12:00 AM
- K MAD-10 Feldspar 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	App	Intensity	Weight%	Weight%	Atomic%
	Conc.	Corr.		Sigma	
CK	0.50	0.3851	42.45	2.90	55.79
OK	0.43	0.4716	29.57	1.88	29.17
AlK	0.21	0.9325	7.28	0.48	4.26
SiK	0.40	0.8917	14.68	0.85	8.25

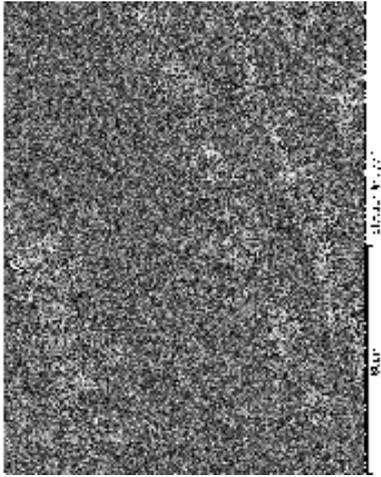


Comment:

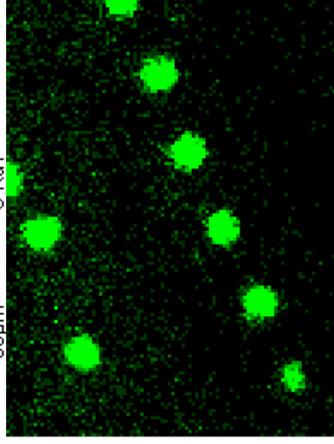
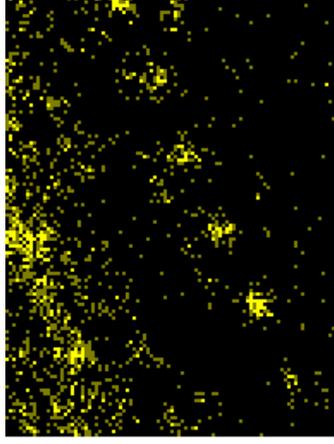
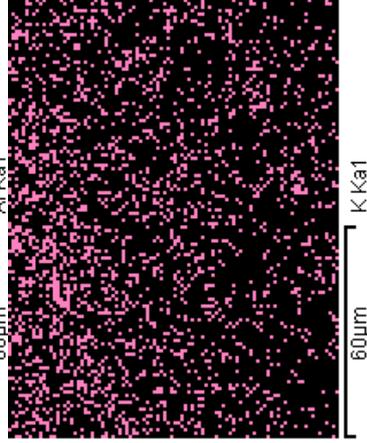
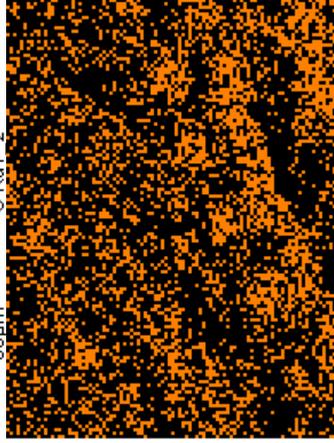
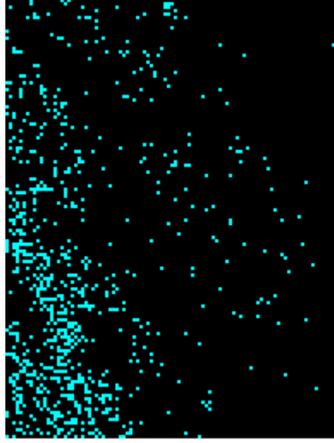


FC

10/27/2021 8:56:57 AM



Comment:



FC

10/27/2021 9:21:20 AM

Spectrum processing :

Peaks possibly omitted : 2.141, 9.706, 11.500 keV

Processing option : All elements analyzed (Normalised)

Number of iterations = 4

Standard :

- C CaCO3 1-Jun-1999 12:00 AM
- O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM
- Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM
- Cl KCl 1-Jun-1999 12:00 AM
- K MAD-10 Feldspar 1-Jun-1999 12:00 AM

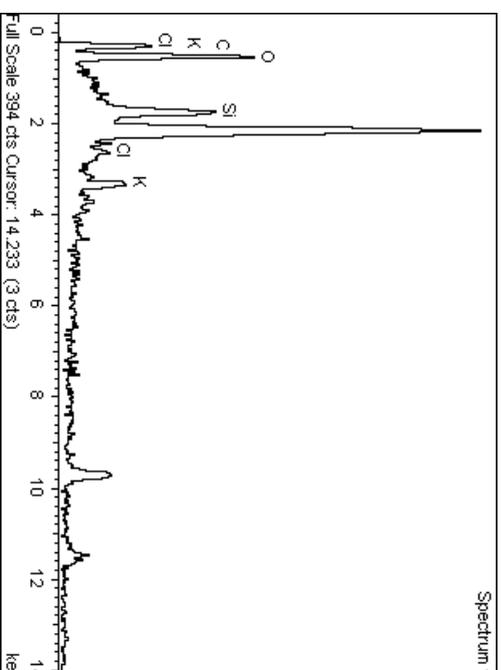
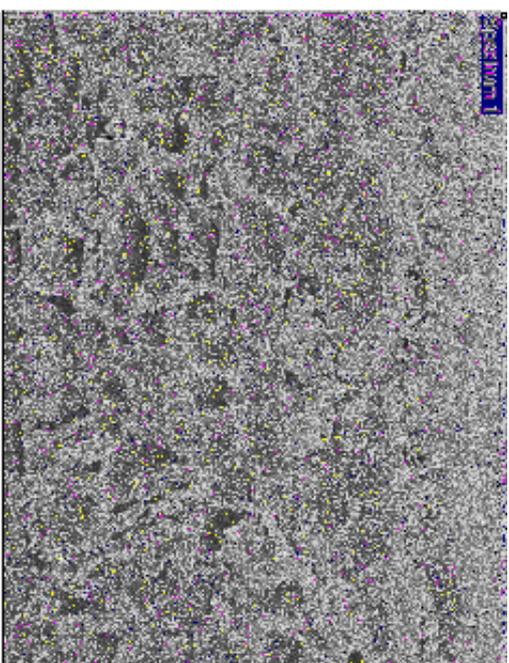
Element	App	Intensity	Weight%	Sigma	Weight%	Atomic%
	Conc.	Corrn.				
CK	3.60	0.7643	42.02	2.74	2.74	50.95
OK	3.27	0.5861	49.82	2.52	2.52	45.35
SiK	0.43	0.9060	4.27	0.45	0.45	2.21
ClK	0.10	0.8105	1.14	0.32	0.32	0.47
KK	0.32	1.0320	2.74	0.37	0.37	1.02



Comment:

Project: FC
 Owner: INCA
 Site: Site of Interest 2

Sample: FC
 Type: Default
 ID:



10/27/2021 8:29:03 AM

E

Project: E
Owner: INCA
Site: Site of Interest 1

Sample: E
Type: Default
ID:

Spectrum processing :

Peaks possibly omitted : 2.138, 9.713, 11.465 keV

Processing option : All elements analyzed (Normalised)

Number of iterations = 4

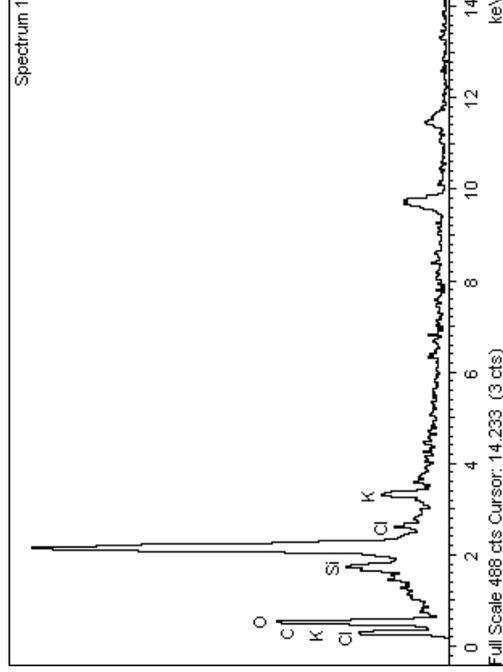
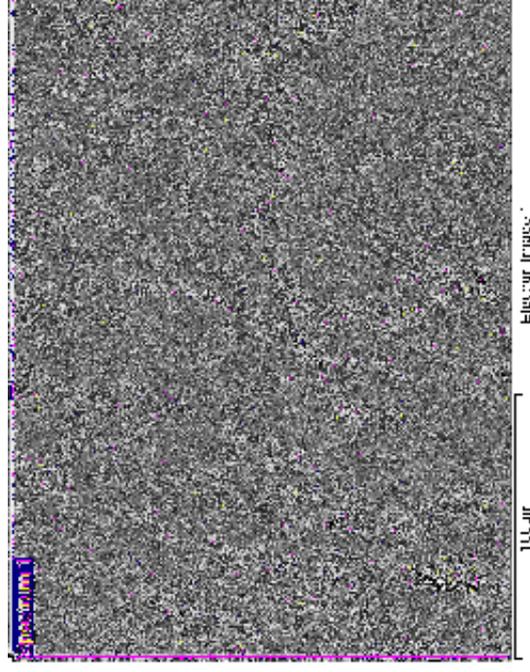
Standard :

- C CaCO3 1-Jun-1999 12:00 AM
- O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM
- Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM
- Cl KCl 1-Jun-1999 12:00 AM
- K MAD-10 Feldspar 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	App Conc.	Intensity	Weight%		Atomic%
			Corrn.	Sigma	
CK	4.10	0.8258	41.70	2.60	50.53
OK	3.55	0.5856	50.91	2.43	46.31
SiK	0.27	0.9007	2.49	0.39	1.29
ClK	0.14	0.8201	1.40	0.32	0.58
KK	0.43	1.0366	3.50	0.39	1.30



Comment:



Spectrum processing :

Peaks possibly omitted : 2.138, 9.713, 11.465 keV

Processing option : All elements analyzed (Normalised)

Number of iterations = 4

Standard :

- C CaCO3 1-Jun-1999 12:00 AM
- O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM
- Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM
- Cl KCl 1-Jun-1999 12:00 AM
- K MAD-10 Feldspar 1-Jun-1999 12:00 AM

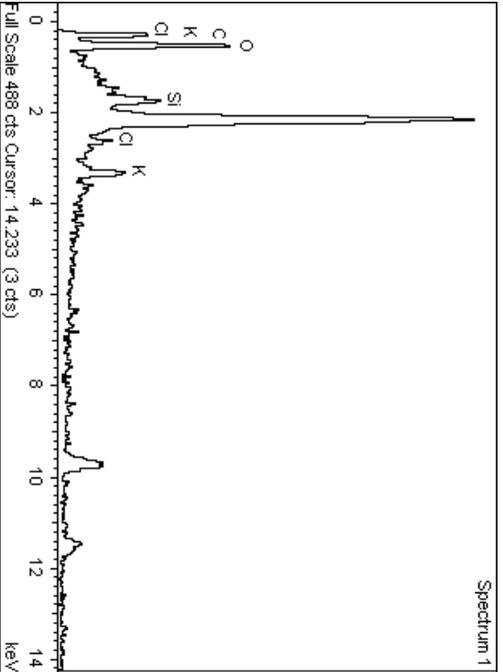
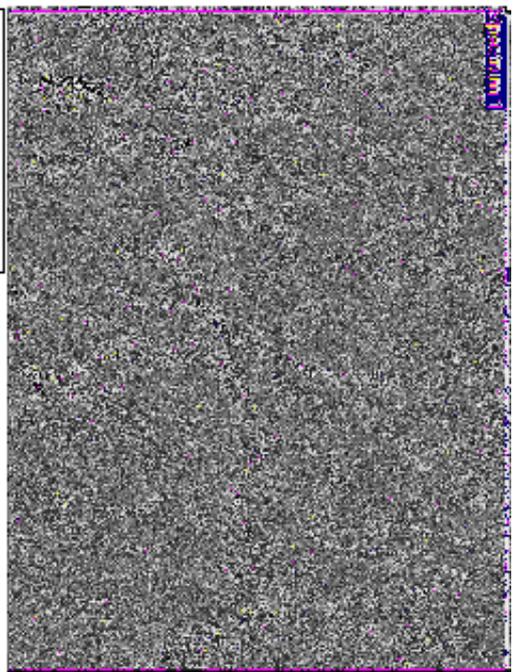
Element	App	Intensity	Weight%	Sigma	Atomic%
	Conc.	Corr.			
CK	4.10	0.8258	41.70	2.60	50.53
OK	3.55	0.5856	50.91	2.43	46.31
SiK	0.27	0.9007	2.49	0.39	1.29
ClK	0.14	0.8201	1.40	0.32	0.58
KK	0.43	1.0366	3.50	0.39	1.30



Comment:

Project: E
 Owner: INCA
 Site: Site of Interest 1

Sample: E
 Type: Default
 ID:



10/27/2021 10:37:25 AM

E2

Project: E2
Owner: INCA
Site: Site of Interest 1

Sample: E2
Type: Default
ID:

Spectrum processing :

Peaks possibly omitted : 2.145, 9.700, 11.519 keV

Processing option : All elements analyzed (Normalised)

Number of iterations = 3

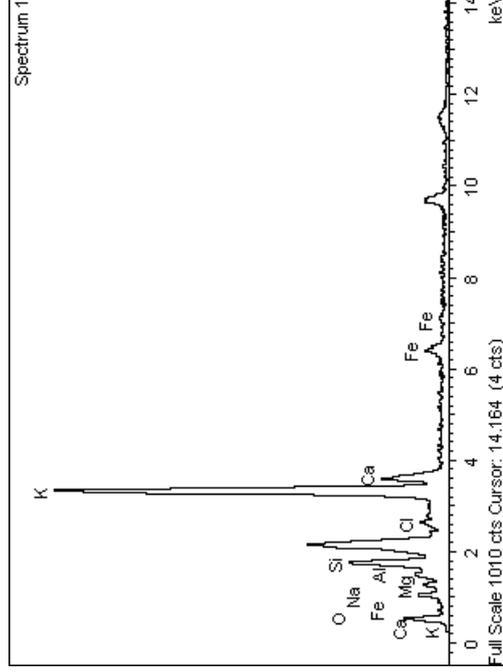
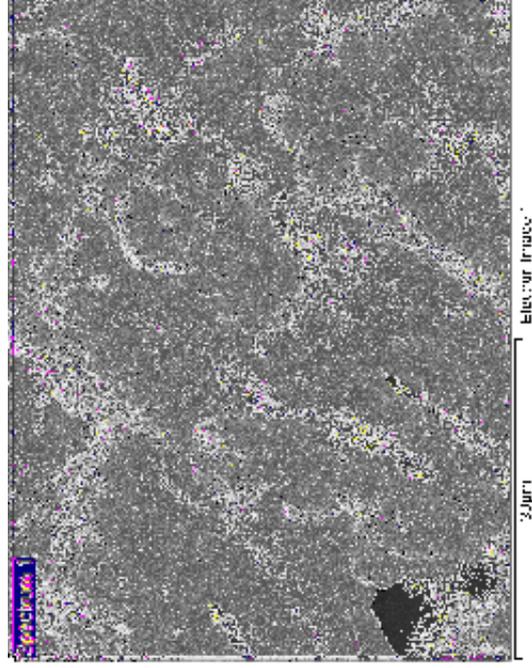
Standard :

- O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM
- Na Albite 1-Jun-1999 12:00 AM
- Mg MgO 1-Jun-1999 12:00 AM
- Al Al2O3 1-Jun-1999 12:00 AM
- Si SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM
- Cl KCl 1-Jun-1999 12:00 AM
- K MAD-10 Feldspar 1-Jun-1999 12:00 AM
- Ca Wollastonite 1-Jun-1999 12:00 AM
- Fe Fe 1-Jun-1999 12:00 AM

Element	App Conc.	Intensity	Weight% Corr.	Weight% Sigma	Atomic%
O K	1.70	0.3767	31.25	1.63	50.85



Comment:



TGA FIBRA CRUDA Y ENDOCARPIO

Acceder al siguiente enlace:

https://drive.google.com/drive/folders/1TWL1_3Htba65ork9ycQIVog1aHuJbn4y?usp=drive_link

DSC ENDOCARPIO Y FIBRA CRUDA

Acceder al siguiente enlace:

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1anE870_26pb2yleWN1AfxUCYsAWns8ru/edit?usp=drive_link&oid=102387600040799708215&rtpof=true&sd=true

ANEXOS DEL CAPÍTULO 6

MATERIALES SOSTENIBLES CON RESIDUOS DE COCO.

Entrevista dirigida a: Sr. Roberto Tapia, encargado de la empresa EXPLAST en la ciudad de Portoviejo y especialista en la elaboración de tapas de alcantarillado a base de materiales alternativos como el residuo postindustrial.

Las preguntas y respuestas de la entrevista fueron:

Pregunta #1. ¿Cuál es la materia prima para la realización de una matriz de polímeros?

Respuesta: Todo lo que es plástico, es polímero, todo está basado en el petróleo, el polietileno, polipropileno, entre otros. Cada uno tiene su base y su química, pero todos parten de lo mismo. Existen polímeros según la viscosidad, para soplados, inyección, extrusión.

Pregunta #2. ¿Dónde se encuentra el polietileno de baja densidad y cómo se obtiene?

Respuesta: Bueno, una de sus mayores características es que tiene más flexibilidad a comparación del polietileno de alta densidad, se puede procesar por el método de inyección o extrusión. Ustedes pueden encontrar este polietileno en las tuberías, envases de plástico, los juguetes infantiles o también en los cartones de leche, que por dentro tienen una capa aislante color gris, piezas de automóvil, etc. Este tipo de polietileno se logra obtener mediante el calentamiento del petróleo a altas temperaturas.

Pregunta #3. ¿Dónde se encuentra el polietileno de alta densidad y cómo se obtiene?

Respuesta: Este tipo de polietileno se logra obtener por la adición de distintas cantidades de etileno. Al ser mucho más resistente y duradero que el polietileno de baja

densidad, se suele utilizar en zonas de construcción como el alcantarillado o en zonas de agricultura.

Pregunta #4. ¿Dónde se encuentra el polipropileno y cómo se obtiene?

Respuesta: Este tiene una alta resistencia mecánica, tiene una baja absorción de la humedad, y también sirve como un gran aislante eléctrico. Suelen verse más bien en piezas de vehículos como las cajas de baterías o los parachoques.

Pregunta #5. ¿Cuánto cuesta y cuál es la unidad de medida en que se compran estos materiales?

Respuesta: La mayoría de los materiales que utilizo son residuos postindustriales ya que son menos costosos y se tiene un mejor manejo de este por el hecho de que son más limpios. En Manta y Calderón existen bodegas que venden estos residuos ya reciclados y triturados y los suelo comprar en kilogramo, donde cada uno costará entre 0.46 ctvs. a 0.75ctvs. Aun así, estos no vienen en su totalidad lavados, por lo que me toca realizar todo un proceso de lavado con detergente y agua, lo que me generaría más gastos, más aún si me dedicara a comprar los residuos posconsumo. Solemos comprar alrededor de 10 a 20 kilogramos de este material, en trabajos diarios cuando hay bastante demanda, solemos comprar hasta 6-5 toneladas a la semana.

Pregunta #6. ¿Qué proceso de fundición aplica para la elaboración de las tapas de alcantarilla?

Respuesta: Para las tapas y tablas siempre uso el proceso de extrusión y presión. Extrusión, llenando el molde a presión mediante la máquina misma. No es compactar-aplastar, dentro de la misma pieza. Es un proceso del que nos hemos acomodado,

porque las personas normalmente lo conocen como para hacer tubos o mangueras.

(extrusión simple).

Hay zonas de la camisa de la máquina que tiene temperatura mediana/baja (180°C), mediana (200°C) y mediana/alta (250°C). En la máquina (tornillo), se va con una hélice más ancha desde atrás conocida como zona de empuje que es donde se ingresa el material. Luego se tiene la zona de compresión con la hélice intermedia y al final de esta siendo la más fina, la zona de fundición

Luego de todo esto se pasa al proceso de fundición le sigue el de enfriamiento, el material en sí no se enfría todo porque es macizo y dentro del molde está caliente y no se enfría al instante. Este proceso es muy importante porque si no se lo realiza, la pieza podría salir dispareja o se llega a encoger, porque el material está dilatado. Al hacer esto enfriamos la parte de afuera, mientras que la parte interior se "adhiera" a las paredes frías del molde. Este enfriamiento llega a tomar hasta 15 o 20 minutos.

Pregunta #7. Dentro del proceso de obtención de tapas de alcantarillado, ¿Existen residuos?

Respuesta: Dentro de mi campo puedo determinar tipo de mezclas, hacer una variante de polietileno de baja densidad, polipropileno, hay veces que utilizo PET. De todo esto no se llega a desperdiciar casi nada. Muchas veces cuando alguna pieza se llega a dañar, nosotros mismos la trituramos y volvemos a realizar todo el proceso, no en las mismas cantidades porque al final ese material ya tuvo su proceso, pero buscamos generar este sistema circular. Sólo en casos extremos donde el material esté muy contaminado y no se pueda clasificar ya no se lo utiliza, porque realmente nuestro objetivo no es generar más basura.

Pregunta #8. Desde su conocimiento, ¿Cuánta energía necesita para la producción de una tapa de alcantarillado?

Respuesta: Yo la verdad me mido en la factura mensual, les comento lo que es energía industrial no suelo consumir mucho, cuando hay bastante trabajo me sale \$400 mensual pero más son los impuestos y también incluye el hecho de que tengo mi vivienda aquí mismo.

Pregunta #9. ¿Cree usted que este proceso llega a producir gases de efecto invernadero?

Respuesta: No sabría decirle en qué cantidad producimos, pero sin duda tendría que ser mucho menos que la incineración de estos desechos, ya que nosotros no incineramos el material, no creamos este humo negro ya que sería muy perjudicial para todos los que trabajamos aquí. Por eso el proceso que se lleva a cabo es de fundición a nivel masa con temperaturas controladas, no podemos dar mucha temperatura porque luego se descompone el material. Lo que es polietileno, máximo 250 grados. Todo esto es una combustión indirecta porque la calentura la recibe la "camisa del tornillo". El material adentro solo recibe la calentura, mas no el fuego directo.

Pregunta #10. ¿Cree usted que estas matrices de polímeros podrían llegar a ser utilizados como nuevos materiales dentro de la construcción?

Respuesta: Claro que sí, incluso antes de empezar con este proyecto estuve investigando que hacían bloques de ladrillo en base a plásticos reciclados. Creo que

sería una buena estrategia para lo ambiental y socioeconómico. En lo primero porque así ya tranquilamente una persona podría utilizar nuevamente ese plástico para crear algo nuevo o quizás desalojar una vivienda sin generar escombros, y en lo segundo pues las personas como yo que se dedican a esto del reciclaje tendrían una mayor oportunidad en el mercado beneficiando económicamente a sus familias.

