

ISSN: 2773-7772

Volumen 16 | Número 2 | Diciembre 2022

Revista Científica

Ciencias Naturales y Ambientales



UNIVERSIDAD
DE GUAYAQUIL



Facultad
de Ciencias Naturales

ÁREA CIENCIAS DE LA VIDA

Facultad de Ciencias Naturales
Universidad de Guayaquil

Editora

Dra. Carmita Bonifaz de Elao, MSc. (Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil,
Av. Raúl Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanca Marengo, carmenbonifaz@hotmail.com)

Consejo Editorial

Xavier Cornejo Sotomayor, MSc. (Universidad de Guayaquil, Ecuador)

Galo Salcedo Maridueña. Ph.D. (Universidad de Guayaquil, Ecuador)

Beatriz Pernía Santos, Ph.D. (Universidad de Guayaquil, Ecuador)

Ariel Escobar Troya, MSc. (Universidad de Guayaquil, Ecuador)

Comité Científico

Claes Persson, Ph.D. (Departamento de Biología y el Medio Ambiente, University of Gothenburg, Suecia)

Bertil Ståhl, Ph.D. (Departamento de Biología, Gotland University, Suecia)

Adolfo Borges, Ph.D. (Universidad Central de Venezuela, Venezuela)

Elba Mora de Baños, MSc. (Profesor Honorario Universidad de Guayaquil, Ecuador)

Jaime Buestán Aucancela, Dr. (Profesor Honorario Universidad de Guayaquil, Ecuador)

Manuel Cruz Padilla, MSc. (Instituto Oceanográfico de la Armada, Ecuador)

PhD. María Eugenia Rondon Rivas, Universidad de los Andes (Venezuela)

Coordinación Editorial

Jessy Santana Pincay

Impresión y acabados

Imprenta de la Universidad de Guayaquil

Edición patrocinada y financiada por la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil. Esta publicación se envía a personas o instituciones por intercambio con otros similares, dedicada a las Ciencias Naturales.

This publication is sent to people or institutions for exchange with other similar issues dedicated to Natural Sciences.

Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales es de periodicidad semestral y se distribuye por canje con otras publicaciones dedicadas a temas afines. Toda correspondencia que tenga relación con la Revista deberá ser dirigida a la editora, Carmita Bonifaz Balseca, a la dirección que se indica más adelante.

Incluida en el Directorio de LATINDEX
con el número de Folio 16446,
ISSN electrónico: 2773-7772
Vol. 16(2), Se terminó de editar en diciembre de 2022

Canje, suscripciones y avisos, dirigirse a:
Exchange, subscriptions and publicity, go to:
Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales
Código Postal 090110634
Avenida Raúl Gómez Lince s/n y Avenida Juan Tanca Marengo
<https://www.revistas.ug.edu.ec/>
<https://www.revistas.ug.edu.ec/index.php/cna>
revistacienciasnaturales@ug.edu.ec
Telf.: (04) 3080777 - 3080758 ext. 200
Guayaquil, Ecuador

Alternativa sustentable (Takakura) para la minimización de residuos orgánicos en la finca Saltos, cantón Salitre, Ecuador

Sustainable alternative (Takakura) for the organic waste minimization in the Saltos farm, in the Salitre canton, Ecuador

Lady Bayas¹ y David García²

¹⁻²Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales
Av. Raúl Gómez Lince s/n y A. Juan Tanca Marengo, Guayaquil, Ecuador

Recibido 30 agosto 2022, aceptado 10 noviembre 2022, en línea 10 de diciembre 2022.

Resumen

La aplicación de alternativas sustentables previa caracterización de los residuos sólidos, han permitido emplear el método Takakura el cual consiste en una solución dulce y una solución salada en 2,5 litros de agua, que se incorpora en el lecho de fermentación activando microorganismos benéficos en el compostaje. Se logró descomponer un total de 64 kg de residuos orgánicos, lo que representa un 78,43% de descomposición a los 30 días. En tanto, los parámetros físico-químicos se mantuvieron constantes a excepción de la temperatura que obtuvo su máximo de 56 °C en la T12, y la compostera T11 presentó el menor valor de pH con 8,7. Con respecto a los micronutrientes y macronutrientes estos se encontraron dentro de los rangos normales. Se concluye que este método de compostaje es de gran utilidad en la descomposición de residuos orgánicos en zonas rurales que no cuentan con el servicio de recolección de desechos.

Palabras clave: Takakura, compostaje, residuos orgánicos.

Abstract

The application of sustainable alternatives, after characterization of the solid waste, has allowed the use of the Takakura method, which consists of sweet and salt solutions in 2.5 liters of water, which is incorporated into the fermentation bed, activating beneficial microorganisms in the composting process. A total of 64 kg of organic waste was decomposed, which represents a 78.43% of decomposition rate after 30 days. The physical-chemical parameters remained constant except for the temperature, which reached a maximum of 56 °C in T12, and in the T11 composter, which had the lowest pH value of 8.7. The micronutrients and macronutrients were found within normal ranges, concluding that the composting is a very useful method in the decomposition of organic waste in rural areas that do not have waste collection services.

Keywords: Takakura, composting, organic waste.

Introducción

En las últimas décadas la composición de los residuos sólidos generados en los hogares ha cambiado. Antes del siglo XX, los residuos orgánicos predominaban y su descomposición no causaba molestia al hombre y al ambiente en general (Salinas, 2019). Por otro lado, los residuos sólidos no orgánicos eran de larga vida útil. En el siglo XX y como consecuencia de los adelantos científicos se comienzan a desarrollar y producir muchos elementos sólidos como los plásticos, los que, a pesar de ser de gran utilidad, son de larga duración, lo cual los hace uno de los peores problemas de basura, ya que al desecharlos no se descompondrán. Se estima que algunos plásticos tardan decenas e incluso centenas de años en descomponerse. En este sentido, la problemática ambiental que nos

enfrentamos en los últimos años, como consecuencia del mal manejo de los residuos a nivel mundial, es un reflejo del crecimiento demográfico, el sistema de consumo masivo de la población, la urbanización y las industrias, entre otras causas; las cuales generan la creación de vertederos a cielo abierto improvisados, quema de basura, arrojado de desechos a los ríos o alcantarillas.

En los países en desarrollo, como es el caso de América Latina, el manejo de los residuos sólidos por parte de los municipios se enfoca en brindar el servicio de recolección de desechos, pero se descuida su tratamiento, como consecuencia, se crean botaderos informales que generan un riesgo medioambiental y sanitario, sin prestar atención a los criterios sociales (Durand, 2011). A nivel nacional, la generación

* Correspondencia del autor:
E-mail: dennise_bayas@hotmail.com



Esta obra está bajo una licencia de creative commons: atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.

de residuos sólidos es una fuente significativa de contaminación del medioambiente, creando un alto riesgo sanitario a corto, mediano y largo plazo (Ministerio del Ambiente, 2019).

Los impactos al ambiente y a la salud humana que se pueden llegar a generar están relacionados con el manejo de los desechos. Una oportuna clasificación de estos residuos desde la fuente significaría un gran aprovechamiento de estos. La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2841:2014 clasifica a los residuos según su composición: orgánicos, plásticos, vidrios/metales, papel/cartón, desechos y especiales.

En el año 2019, en Ecuador se generó 1'217.614 toneladas de desechos, los que se dividen en: 61,41% para los residuos orgánicos, 25,58% para los residuos inorgánicos y, por último, 13,34% para los desechos no aprovechables (Ministerio del Ambiente, 2019).

El Censo de Población y Vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEN) en el 2010, indica que, para ese año, a nivel nacional, el servicio de recolección de residuos cubría solo el 58% de las viviendas.

En un estudio realizado por Osejo y Verisimo (2015), se menciona que el 82% de las familias jipijapenses no seleccionan sus desechos sólidos, demostrando que no poseen conocimientos básicos sobre la clasificación de los desechos. Dentro del mismo estudio, se reconoció que el 53% de los residuos generados eran de origen orgánico.

Al ser los residuos orgánicos los que más se producen en el país, existe una prioridad de gestionarlos desde la fuente antes que todas esas toneladas terminen en el relleno sanitario, o en el peor de los casos, en los vertederos improvisados. Por lo tanto, el compostaje interviene como una solución para la disminución de los desechos, ayudando a eliminar la fracción orgánica, así como a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero hacia la atmósfera, así mismo, el compostaje produce abono orgánico que puede ser usado para mejorar las características de los suelos, además de que permite la recuperación de suelos degradados aumentando su fertilidad con su uso (Himanen y Hänninen, 2011).

De igual manera, el compost incorpora los residuos orgánicos degradados a la estructura del suelo, microorganismos y plantas, generando impactos positivos al ambiente y comunidades, al mismo tiempo crea una fuente de ingresos económicos y a la vez permite el tratamiento de grandes volúmenes de residuos (Huamani-Montesinos et al., 2020).

En este mismo contexto, el compostaje Takakura surge como una alternativa para reducir la cantidad de desechos orgánicos que se producen en los hogares ciudadanos y en las labores que se realizan en el campo (Honobe, 2013).

En el cantón Salitre, la implementación del compostaje Takakura reduciría la cantidad de desechos orgánicos generados por sus pobladores. Se analizó la generación de residuos en 3 parroquias: Vernaza, La Victoria y Junquillal, siendo la fracción orgánica la que mayor se produce en las 3 parroquias (Bermeo, 2020).

Este trabajo tiene como finalidad degradar los residuos orgánicos generados en los hogares de la finca "Saltos", mediante la aplicación del método sostenible "Takakura", minimizando recursos y tiempo en su ejecución.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El cantón Salitre se encuentra ubicado al centro-este de la provincia del Guayas, entre las coordenadas 1°49'46" S y 79°48'56" O, posee una superficie de 396 km². Limita al norte con los cantones Palestina y Vines, al sur con el cantón Samborombón, al este con los cantones Baba y Babahoyo y al oeste con los cantones Daule y Santa Lucía.

Salitre posee una población de 57.402 habitantes, el 18,88 % de esta se encuentra en el área urbana y el 81,12% pertenece al área rural (INEC 2010). Este cantón ha sido considerado como uno de los mayores productores de arroz del país, siendo la principal fuente de ingresos económicos de la población la agricultura y la ganadería (Jungnickel y Cantos, 2019). La finca "Saltos" se encuentra ubicada en el recinto La Bocana de Abajo de la parroquia Salitre, entre las coordenadas: 1°50'43.33»S y 79°48'22.10»O. En dicho lugar se encuentra el sitio almacenamiento y tratamiento de residuos orgánicos que provienen de 4 familias constituidas por un total de 11 personas que conforman el lugar (Fig. 1).

Metodología

El presente estudio es una investigación cuantitativa, cualitativa y experimental que se ejecutó en la finca "Saltos" mediante la transformación de desechos orgánicos a compost.

Caracterización de los Residuos

La recolección de los desechos se desarrolló durante 8 días consecutivos entre el 27 de junio al 4 de julio del 2022, tomando en consideración los criterios establecidos por Sarmiento (2015), como siguientes puntos:

1. Se descartaron las muestras del primer día, debido a que pueden contener residuos acumulados de días anteriores.
2. Se estableció la frecuencia de recolección por las mañanas entre las 8 y 9 am.
3. Al momento de recolectar los desechos se les entregaba una funda plástica de polietileno para el almacenamiento de los residuos del día siguiente.

Tabla 1. Clasificación de los residuos sólidos

Componente
Residuos orgánicos
Plásticos
Papeles y cartones
Metales/latas
Vidrios
Textiles
Otros (pañales desechables, papel higiénico, tierra, etc.)

Fuente: Sarmiento, 2015.

- En cada día de recolección se tomaron las fundas con los residuos y se le entregó otra vacía al responsable de cada vivienda previo pesado de las muestras.

La determinación de la composición física de los residuos se llevó a cabo colocando los residuos encima de un plástico grande, se formó un montículo y de forma manual, se realizó la clasificación de acuerdo con la Tabla 1.

Posteriormente se pesaron los residuos según su categoría y se procedió a realizar el cálculo del porcentaje correspondiente de cada categoría a través de los valores del peso total de los residuos En donde:

$$\text{Porcentaje } (\%) = \frac{P_i}{W} * 100$$

Recolectados W_i)
El peso por categoría P_i)

Recolección de residuos orgánicos

La separación desde la fuente de los residuos orgánicos no cocidos se realizó con ayuda de un balde plástico de 2 litros de capacidad, previa separación de los desechos éstos fueron triturados manualmente hasta obtener el tamaño ideal de 5 cm, aproximadamente.

Generación de residuos

Para aplicar la comparación de residuos que se generaron en la finca Saltos antes y después de la aplicación del compostaje, se procedió a realizar la siguiente relación: Cantidad de residuos generales - Cantidad de desechos orgánicos no cocidos

Porcentaje de descomposición

El valor de descomposición de residuos orgánicos no cocidos que fueron usados en la compostera se determinó al momento de la cosecha. El producto fue pesado (kg), tamizado y finalmente se pesó (kg) el material que atravesó el tamiz, el cálculo se lo desarrolló mediante la siguiente relación:

$$\% \text{ Descomposición} = \frac{\text{Peso del producto en descomposición (kg)} * 100}{\text{Peso total del producto obtenido (kg)}}$$

Método Takakura

El método Takakura, originario de Asia, es una forma de compostar los residuos orgánicos, este permite descomponer los desechos a través de microorganismos aerobios (Honobe, 2013) y consiste en 3 pasos: la elaboración de las fermentaciones, la preparación del lecho de fermentación o semilla y finalmente la implantación de la compostera.

Elaboración de las fermentaciones

Solución de sal. La piel de frutas y verduras contiene bacterias que actúan para protegerlas del exterior, es por esta razón que se utilizó la cáscara de las frutas y verduras en agua salada para la obtención de microorganismos fermentadores. Estas se dejaron en reposo durante 5 días en una botella plástica de 3 litros de capacidad; para evitar la producción de gases se dejó floja la tapa del recipiente. Finalmente, al quinto día la mezcla tuvo un olor a alcohol cuando el proceso estuvo completo.

Solución de azúcar. La solución dulce permite que las bacterias de los alimentos fermentados (levadura, queso, yogurt, azúcar) proliferen al ser colocadas en agua azucarada. Mientras mayor sea la cantidad de ingredientes, más rápido se completará el proceso de fermentación.

El proceso de fermentación se completó al verificar que tenía un olor agrídulce

Lecho de fermentación

Para la elaboración de la semilla se incorporaron los siguientes ingredientes: cascarilla de arroz, afrecho de arroz, hojarasca y harina. Los ingredientes fueron mezclados con las soluciones de fermentación para promover la proliferación de microorganismos (Tabla 2). El contenido de humedad se ajustó con la prueba empírica del puño, si al apretar la semilla se mantiene compacto y no chorrea, el contenido de humedad es el óptimo (40 al 60%). Se cubrió el lecho de fermentación con periódico y sacos de yute y se lo dejó reposar por 7 días para la producción de microorganismos. Durante este periodo, se controló la humedad y se realizaron volteos diarios para darle aireación a la pila. Transcurrida una semana, la superficie estuvo cubierta con moho blanco completándose el proceso y formación de microorganismos en la semilla luego de 7 días (Fig. 2).

Compostera

Se usaron 4 composteras de 60 litros de capacidad llamadas TI, TII, TIII y TIV, cada compostera fue llenada con 5 kg de semilla. Durante 10 días se realizaron los aportes de los residuos orgánicos en horas de la tarde, en donde se procesó un total de 16 kg de residuos por cada compostera. Los residuos orgánicos incorporados fueron previamente reducidos a fragmentos de menor tamaño mediante el picado de estos para que el proceso de descomposición sea más rápido.



Figura 2. Procesamiento del método Takakura: a. Desecho orgánico, b. Triturado del desecho, c. Pesado de la materia orgánica, d. Inicio de la fermentación, e. Solución salada y dulce, f. presencia de moho, fin del proceso.

Monitoreo de Parámetros en Campo

En esta sección se detallan los parámetros evaluados diariamente en las cuatro composteras, estos parámetros fueron: temperatura, aireación y humedad.

Temperatura

El control de la temperatura se lo realizó con un multiparámetro S-1000 en horas de la tarde durante las 5 semanas que duró el proceso. Para esto, se introdujo la sonda en el centro de las composteras y se esperaba de tres a cinco minutos para registrar los valores obtenidos.

Aireación

La aireación se controló por medio de los volteos diarios de las composteras, esto se realizó en horas de la tarde, se utilizó una pala de jardinería para remover el compostaje a diario, además, una vez a la semana se removió el compostaje en el suelo y se lo volvió a colocar en sus cajas correspondientes.

Humedad

La humedad fue controlada de forma empírica mediante la prueba del puño la cual consiste en tomar una cantidad del sustrato con la mano y apretarla, en caso de que caigan gotas, esto significa que la humedad excedió el 80%, si la mezcla se compacta ligeramente, el porcentaje de humedad es el óptimo entre 40 a 60%, en cambio, si la mezcla no logra compactarse, el porcentaje de humedad es menor a 30%. Debido a que este control no presentó malos olores se estima que la humedad fue la correcta.

Metodología de Laboratorio para Análisis de Parámetros

Se determinó realizar un muestreo al finalizar los 30 días de compostaje, para ello se recolectó 1 kg de muestra por cada compostera, las cuales fueron enviadas al Laboratorio Servicios Suelos y Aguas/Protección Vegetal del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), para su posterior análisis.

Potencial de Hidrógeno (pH)

Para la determinación del pH en las muestras de abono se usó la metodología de potenciómetro, esta consiste en la determinación de la diferencia de dos soluciones con distintas concentraciones de H^+ (Suh, 2013), donde el pH de la solución externa provoca una diferencia de voltaje (Córdova-Toral y Gallardo-Trejo, 2016).

Humedad

La determinación de la humedad se la realizó por el método gravimétrico, dicho método consiste en la diferencia de peso de la muestra antes y después de su desecado, permitiendo conocer el porcentaje de humedad. La muestra se considera seca siempre que su peso no varíe a una temperatura de $105^{\circ}C$ durante 24 horas, transcurrido ese tiempo se deja enfriar y se realiza el pesaje (Hansen, 2015).

Conductividad eléctrica

El método utilizado para hallar la conductividad eléctrica fue el extracto de pasta saturada. Este método consiste en tomar una muestra de suelo hasta alcanzar la saturación utilizando como extractante el agua destilada, hasta alcanzar el equilibrio en un periodo de dos horas aproximadamente. Después de alcanzar el equilibrio, se filtra y se extrae la muestra mediante una bomba de vacío (Tiloom, 2016).

Nitrógeno total

El nitrógeno total se lo determinó por el método de Kjeldahl, el cual consta de tres pasos. El primero es el uso del catalizador para la digestión de la muestra en ácido sulfúrico; el segundo paso es la destilación del amoníaco en una solución de captura y por último, la cuantificación del amoníaco por titulación con una solución estándar (Ghinea et al., 2019).

K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn y Fe

Para la determinación de los metales se utilizó el método de absorción atómica cuyo funcionamiento se basa en la capacidad de absorción de luz que tiene un átomo a longitudes de ondas específicas, a un átomo en estado fundamental se le aplica energía a determinada longitud de onda logrando que el átomo absorba esta energía y el electrón pase a un orbital de mayor energía, haciendo que el átomo pase a un estado menos estable (Martínez-Guijarro, 2020).

Fósforo

El fósforo se determinó mediante el método colorimétrico la cual consiste en medir por medio de sustancias coloreadas la absorción de la radiación de

la zona visible, esta técnica permite la concentración de fósforo total que se encuentra en las muestras (Aparicio, 2017).

Materia orgánica

La materia orgánica se determinó por el método de Walkley y Black, este consiste en tomar la muestra del suelo y oxidarla húmedamente con dicromato de potasio en un medio ácido. El carbono se oxida parcialmente por el calor desprendido mientras se agrega el ácido sulfúrico, se espera que la mezcla se diluya y se adiciona ácido fosfórico para evitar la interferencia de hierro en la muestra y la titulación del dicromato residual se la realiza con sulfato ferroso. Es necesario introducir un factor de corrección debido a que este método detecta entre un 70 y 84% de carbón orgánico total (Eyherabide, et al., 2014).

Cálculo de la relación C/N

La ecuación de Walkley y Black sirvió de ayuda para el cálculo de la relación del carbono orgánico (%) que contiene la materia orgánica total calculada en los laboratorios del INIAP.

$$\text{Materia orgánica (\%)} = \text{Carbono orgánico (\%)} * 1,724$$

Despejando el carbono orgánico (%) se obtiene la siguiente ecuación:

$$\text{Carbono orgánico (\%)} = \frac{\text{Materia orgánica (\%)}}{1,724}$$

Conociendo el % de carbono orgánico se pudo hallar la relación C/N mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{C}{N} = \frac{C.O}{N.T}$$

Donde:

C O = Carbono orgánico

N T = Nitrógeno Total

Análisis Estadístico

Se establecieron diferencias entre las varianzas de las medianas con la prueba de Kruskal-Wallis, mientras que con la prueba de la mediana de Mood se reafirmó si los valores obtenidos son significativamente diferentes. Los resultados fueron presentados a través de gráficos realizados en Excel y el procesamiento estadístico en Minitab 19.

Resultados

Análisis de la Caracterización de Residuos Sólidos

Se recolectó un total de 16,93 kg de residuos en 7 días, dentro del cual el 73% perteneció a la fracción orgánica, mientras que, el 10% correspondió al grupo otros: partículas de polvo, residuos sanitarios y afines, seguidos por plásticos con 8%, papeles y cartones con un 6%, vidrios 2% y 1% textiles (Fig. 3).

Comparación de la Cantidad de Residuos

En la caracterización de residuos, los más representativos fueron los orgánicos no cocidos con



Figura 3. Composición física de los residuos generados en la finca Saltos, en el cantón Salitre, provincia del Guayas.

un peso de 12,31 kg, sin contar los restos de comida que no fueron considerados debido a que sirven de alimento para los animales que llegan a la finca.

Antes de la aplicación del compostaje, la finca generaba 16,93 kg de residuos a la semana aproximadamente, sin embargo, después de la separación de la fracción orgánica, quedaron solo 4,62 kg de desechos, habiendo una reducción de residuos del 72,7%.

$$16,93 \text{ kg} - 12,31 \text{ kg} = 4,62 \text{ kg}$$

La evaluación física de los residuos sólidos determinó que más de 50% de residuos que se generan en la finca son orgánicos, por lo cual se implementó el método de compostaje Takakura para el aprovechamiento de los desechos generados en dicho lugar.

Porcentaje de descomposición

A cada compostera se le agregó 16 Kg de materia orgánica, sin embargo, la compostera T4 experimentó el mayor porcentaje de descomposición con 78,43%, mientras que el menor valor lo registró la cama T1 con 70,11%

Análisis de las Características Físicas y Químicas del Abono Obtenido

Temperatura

La compostera T1 presentó un mayor promedio de temperatura con $41,18 \pm 0,961^\circ\text{C}$; mientras que, el menor promedio lo obtuvo la compostera T2 con $40,21 \pm 1,09^\circ\text{C}$, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre sus medianas ($H=1,30$ y $p=0,729$). Esto fue corroborado a través de prueba de la mediana de Mood, quien demostró que las varianzas de la mediana son iguales ($\text{Chi-cuadrado}=1,87$ y $p=0,601$; Fig. 4).

Humedad

Se evidenció la variación de la humedad entre las 4 composteras durante 30 días, la compostera T4 presentó el mayor promedio con $36,55 \pm 1,92\%$, mientras que T1 presentó el rango más bajo con $30,37 \pm 1,93\%$

Al igual que en la temperatura, la humedad no mostró

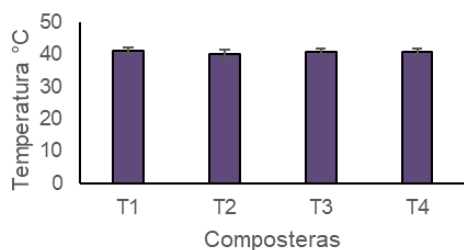


Figura 4. Variación de la temperatura de las 4 composteras, las barras se muestran como medias \pm error estándar.

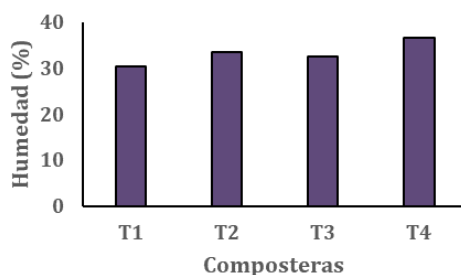


Figura 5. Variación de la humedad de las 4 composteras, las barras se muestran como medias \pm error estándar.

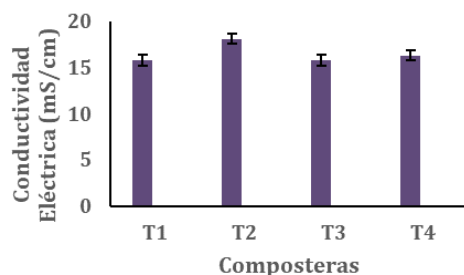


Figura 6. Resultados de los análisis de la conductividad eléctrica.

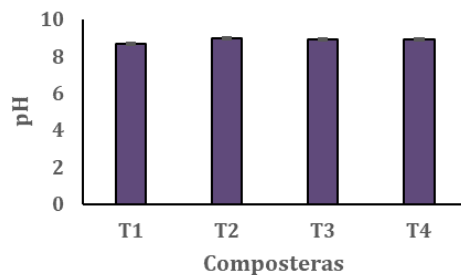


Figura 7. pH obtenido al final del proceso del compostaje.

Tabla 3. Resultados de la relación carbono/nitrógeno.

Composteras	Relación carbono/nitrógeno
T1	23,55
T2	22,47
T3	23,90
T4	32,59

Tabla 4. Valor nutricional de los abonos.

Compostera	N(%)	P(%)	K(%)	Ca(%)	Mg(%)
T1	1,5	0,378	1,785	0,839	0,295
T2	1,5	0,433	1,944	0,905	0,351
T3	1,5	0,396	1,810	0,794	0,311
T4	1,1	0,312	1,568	0,876	0,278

Tabla 5. Valor nutricional de los abonos.

Compostera	Cu (%)	Fe (%)	Mn (%)	Zn (%)
T1	0,001	0,070	0,018	0,004
T2	0,002	0,111	0,023	0,005
T3	0,001	0,109	0,021	0,005
T4	0,001	0,081	0,017	0,005

diferencias significativas en la comparación de las medianas de las composteras ($H=7,48$ y $p=0,058$). En cuanto a la prueba de la mediana de Mood (Chi-cuadrado=8,64 y $p=0,035$) sí presentó diferencias significativas.

En cuanto al reporte de los análisis de laboratorio, el mayor porcentaje de humedad al finalizar el compostaje lo obtuvo la cama T4 con 42% y el menor valor fue de la muestra T3 con 32,2% (Fig. 5).

Conductividad Eléctrica

De acuerdo con los resultados de los análisis realizados por el INIAP, la compostera T2 obtuvo los valores más altos de conductividad eléctrica con 18,1 mS/cm, mientras que T1 y T3 tuvieron el valor más bajo con 15,8 mS/cm para cada cama (Fig. 6).

pH

Se obtuvo valores de pH alejados a la neutralidad superando valores establecidos para el compostaje (8,5), el mayor pH lo obtuvo la cama T2 con un valor de 9, mientras que el valor en la cama T1 fue el más bajo con 8,7 (Fig. 7).

La relación C/N más baja la obtuvo la compostera T2, indicando el grado de avance del proyecto, al contrario de la compostera T4, la cual superó las condiciones óptimas para el proceso de compostaje (30:1; Tabla 3).

Análisis de Macronutrientes y Micronutriente

Macronutrientes

Los macronutrientes obtenidos de las composteras T1, T2 y T3 denotaron que el nitrógeno presentó rangos similares entre las camas, siendo mayor la concentración de N con 1,5 %, en tanto, el contenido de P, K, Ca, Mg registraron mayor porcentaje en la compostera T2, siendo estos nutrientes son esenciales para las plantas (Tabla 4).

Micronutrientes

El contenido de Fe y Mn fue mayor en la compostera T2 con valores entre 0,1% y 0,023 % respectivamente, mientras que la muestra T1 obtuvo menor porcentaje de micronutrientes tales como: Cu y Zn, cuyas concentraciones máximas de metales pesados que indica la norma chilena NCh2880 (Tabla 5).

Discusión

La eficiencia en la reducción de residuos orgánicos no cocidos, a través del método Takakura, presentó el mayor porcentaje de descomposición en la cama T4 con 78,43%, esta reducción de residuos es similar a la obtenida por Borrero (2014), quien obtuvo un 80% de descomposición.

En el proceso de compostaje, se observó que existe un incremento en la temperatura después de un día de agregar los residuos orgánicos, alcanzando mediciones cercanas a los 60 °C, lo que guarda relación con lo expresado por Campos-Rodríguez et al. (2016), en su estudio donde se demostró que existe una relación entre la temperatura y los residuos, la adición de estos últimos provoca un aumento de la temperatura en las composteras.

La temperatura máxima durante todo el proceso la obtuvo la compostera T2 con 56 °C, la cual es ideal para el proceso de compostaje, debido que no se obtuvo valores que pudieran perjudicar el proceso de compostaje, afectando a factores como la descomposición de los residuos y humedad (Borrero, 2014).

Con respecto a la humedad, entre las composteras arrojaron un promedio de 33,25% valores que cumplen con uno de los parámetros de calidad de compost establecidos en la norma chilena NCh2880 (2004), la cual indica que el contenido de humedad debe estar entre un rango del 30 al 45%, porcentaje que se logró en el ensayo.

Por otro lado, los valores de conductividad eléctrica fueron superiores a los 10 mS/cm, siendo la compostera T2 la que obtuvo el valor más alto de conductividad eléctrica con 18,1 mS/cm. En tanto, según los resultados mostrados denotan un decrecimiento en la conductividad eléctrica de 4,85 mS/cm (Iliquin, 2014). Es por ello, que se recomienda prolongar el compostaje cuando la conductividad eléctrica es superior a 5,5 mS/cm, para evitar un

efecto nocivo sobre las plantas por el alto contenido de sales (Sánchez et al., 2017).

El pH en la fase inicial del compostaje este osciló entre 6,5 y 7, concordando con los resultados mostrados por Campos-Rodríguez et al. (2016), quienes obtuvieron un rango de 6,5 a 7 de ph en los primeros 5 días del compostaje. Según Delgado et al. (2019), esta disminución se debe a que, al inicio del proceso, los microorganismos actúan sobre la materia orgánica, liberando ácidos orgánicos.

El pH final en las distintas composteras alcanzó valores superiores a los 8,5, sobrepasando los límites permisibles de la norma NCh2880, la cual indica que el compost debe tener un ph entre 5 y 8,5. Estos resultados indican que el pH se encontraba en su segunda fase, como menciona FAO (2013) el medio se alcaliniza progresivamente debido a la liberación de amoníaco y pérdida de ácidos orgánicos como consecuencia de la descomposición de proteínas.

De acuerdo con la maduración de las composteras según la relación carbono/nitrógeno promedio entre las camas T1, T2, T3 fue de 23,3 similares a lo establecido en la norma NCh2880, la cual indica que la relación c/n debe ser menor a 25, si se lo considera como único parámetro de calidad, el compost obtenido sería un abono de clase A. Sin embargo, Jusoh et al. (2013) mencionan que no se puede tomar la relación c/n como concluyente para definir la madurez del compostaje, posiblemente, como consecuencia que el carbono no se encuentra disponible.

En cuanto a los macronutrientes del compost las camas presentaron concentraciones altas de N y en trazas para el P (0,31% - 0,43%), lo cual guarda coherencia con lo reportado por Mendoza (2012), quién atribuye un rango permisible (0,3% - 3,5%). Sin embargo, la cantidad de K en la muestra T2 excede en los límites permisibles (0.5% - 1.8%; Mendoza, 2012).

Asimismo, los porcentajes de Ca y Mg fueron mayores en la compostera T2, estos nutrientes son esenciales para las plantas, el Ca ayuda a mantener las estructuras de las células vegetales de las plantas y la condición del suelo, mientras que el Mg tiene un papel importante en la fotosíntesis, ya que forma el átomo central de la clorofila (Manohara y Belagali, 2014).

En los análisis de micronutrientes, la compostera T2 presentó un mayor valor de Fe, esto puede darse debido a que la compostera tuvo la mayor temperatura. Jusoh et al. (2013), señalan que el compost que pierde contenido de humedad y carbono, acumula mayor cantidad de Fe y estas pérdidas ocurren a temperaturas mayores de 55 °C. Por otra parte, los valores obtenidos tanto de Cu y Zn se encuentran dentro de las concentraciones máximas de metales pesados que indica la norma chilena NCh2880. Por último, el Mn fue mayor en la compostera T2 (0,023%), siendo importante en la asimilación del nitrógeno y la fotosíntesis de la planta (Sharma et al., 2017).

Conclusion

El método Takakura resultó ser de gran utilidad para la descomposición de residuos orgánicos en zonas que no cuentan con el servicio de recolección de desechos, en este trabajo se aprovecharon 64 kg de residuos orgánicos en un periodo de 30 días con un porcentaje de descomposición de 78,43%.

Las altas temperaturas alcanzadas en cortos periodos de tiempo permitieron la degradación de los residuos de una forma acelerada y aseguran la eliminación de microorganismos patógenos, en promedio, la cama T1 alcanzó las mayores temperaturas. En cuanto al pH, este logró acercarse más a la neutralidad; con respecto a su conductividad eléctrica obtuvo el rango más cercano a la norma a pesar de haber sobrepasado el rango aceptado. Sin embargo, aunque el contenido de humedad fue el menor en comparación con las otras camas, no obstante, se encontró dentro de los parámetros de calidad del compost.

En los análisis de macronutrientes y micronutrientes, los resultados indicaron que el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio de todas las muestras se encuentran dentro del rango comercialmente aceptable, a excepción del potasio para la cama T2. En cuanto al calcio, todas las composteras presentaron un déficit de este elemento. Todas las camas contaron con la presencia de nutrientes como Mn, Zn, Cu, Fe, los cuales son importantes para el desarrollo de las plantas. En la socialización realizada se logró la participación de los pobladores de la finca creando consciencia ambiental sobre la gestión de los residuos orgánicos producidos en sus domicilios, así mismo, se despertó el interés por el uso del compostaje Takakura, debido a su fácil ejecución y mantenimiento.

Recomendaciones

Realizar análisis en la fase inicial del compostaje para hacer una comparación de los cambios presentados durante el desarrollo del compost.

En la elaboración de la semilla es recomendable utilizar lácteos de diferentes marcas para obtener diferentes microorganismos fermentativos.

Para la obtención de abono en menor tiempo, se sugiere la disminución de la cascarilla de arroz y en su lugar utilizar el afrecho de arroz.

En caso de usar gran porcentaje de cascarilla de arroz, evitar que la humedad disminuya del 50% debido a que su firmeza estructural lo permite.

Si la humedad es superior al 60% o se presentan malos olores se debe controlar el proceso agregando materiales secos como hojarasca, afrecho de arroz, cartón, entre otros.

En el momento de agregar los desechos se los debe triturar, debido a que esto permite que el proceso de degradación sea más rápido.

El área destinada para el compostaje debe ser en un lugar fresco y que no esté directamente expuesto al sol. Además, las composteras deberán estar protegidas de la lluvia en época de invierno.

Por la facilidad de uso del método Takakura, se recomienda la implementación de esta técnica en todo el cantón.

Referencias

- Aparicio, E. G. (2017). "Técnicas Colorimétricas ." *Visión Criminológica-Criminalística* 18-23.
- Bermeo, A. (2020). *Gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos y sanitarios en el cantón Salitre, Provincia del Guayas*. Trabajo de titulación previo a obtener el grado de Ingeniero Ambiental. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil.
- Borrero, G. (2014). *Estudio comparativo del uso de dos sustratos con inóculos microbiales para el tratamiento de residuos orgánicos sólidos en compostaje doméstico*. Tesis de Maestría. Tecnológico de Costa Rica, Cartago.
- Campos-Rodríguez, R., L. Brenes-Peralta, y M. F. Jiménez-Morales. (2016). Technical evaluation of two methods for composting of organic wastes to be used in domestic vegetables gardens. *Tecnología en Marcha*, 29: 25-32. doi: 10.18845/tm.v29i8.2982.
- Córdova-Toral, C., y J. Gallardo-Trejo. (2016). *Ph y Muestreo de Suelos*. Puebla, México.
- Delgado, M., Mendoza, K. L., González, M. I., Tadeo, J. L., y Martín, J. V. (2019). Evaluación del proceso de compostaje de residuos avícolas empleando diferentes mezclas de sustratos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(4), 965-977. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.04.15>
- Durand, M. 2011. La gestión de los residuos sólidos en los países en desarrollo. *Espacio y Desarrollo*, 23:115-30.
- Eyherabide, M., Saínz-Rozas, H., Barbieri, P., y Echeverría, H. (2014). Comparación de métodos para determinar carbono orgánico en suelo. *Ciencia del Suelo*, 32: 13-19.
- FAO. (2013). *Manual de Compostaje Del Agricultor*. Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Ghinea, C., L. C. Apostol, A. E. Prisacaru, y A. Leahu. (2019). Development of a Model for Food Waste Composting. *Environmental Science and Pollution Research* 26:4056-69. doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3939-1>.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Salitre. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Salitre*.
- Hansen, G. (2015). *Determinación de humedad gravimétrica de suelos. Su correlación con sensores de humedad*. Disponible en: <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/1478/8.4.6.pdf>
- Himanen, M. y K. Hänninen. (2011). Composting of Bio-Waste, Aerobic and Anaerobic Sludges - Effect of Feedstock on the Process and Quality of Compost. *Bioresource Technology*, 102(3):2842-52. doi: 10.1016/J.BIORTECH.2010.10.059.
- Honobe, Y. (2013). *Método Takakura, una alternativa para un manejo responsable de la basura orgánica*. Obtenido de <http://www.fonag.org.ec/web/imagenes/paginas/fondoeditorial/17.pdf>
- Huamani-Montesinos, C., J. Tudela-Mamani, y A. Huamani-Peralta. 2020. Gestión de Residuos Sólidos de La Ciudad

- de Juliaca - Puno - Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(1):106-15. doi: 10.18271/RIA.2020.541.
- Ilíquín, R. (2014). Elaboración de compost utilizando residuos orgánicos aplicando los métodos Takakura y em-compost. *Agroindustria. Science*, 4: 109-119.
- INEC. 2010. Censo de Población y Vivienda 2010. <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/centro-de-poblacion-y-vivienda/>.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (2014). NTE INEN 2841. Gestión Ambiental. Estandarización de colores para recipientes de depósito y almacenamiento temporal de residuos sólidos. Requisitos. Obtenido de: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2841.pdf
- Jusoh, Mohd Lokman Che, Latifah Abd Manaf, y Puziah Abdul Latiff (2013). Composting of Rice Straw with Effective Microorganisms (EM) and Its Influence on Compost Quality. 10(1), 17 | 10.1186/1735-2746-10-17." *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering* 10(1). doi: <https://doi.org/10.1186/1735-2746-10-17>.
- Jungnikel, L. y Cantos, L. (2019). Análisis de desarrollo socio económico del Cantón Salitre, de la provincia del Guayas, Ecuador. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales. En línea: <https://www.eumed.net/rev/caribe/2019/07/desarrollo-socioeconomico-ecuador.html>* //hdl.handle.net/20.500.11763/caribe1907desarrollo-socioeconomico-ecuador
- Mamani-Mamani, G., Mamani-Pati, F., Sainz-Mendoza, H., y Villca-Huanaco, R. (2012). Comportamiento de la lombriz roja (*Eisenia* spp.) en sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 3(1), 44-54. Obtenido de: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-92942012000100005&lng=es&tlng=es
- Manohara, B., y S. L. Belagali. (2014). Characterization of Essential Nutrients and Heavy Metals during Municipal Solid Waste Composting. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (An ISO 3(2):9664-72*.
- Martínez Guijarro. (2020) *Análisis Instrumental: Espectrometría de Absorción Atómica (EAA)*. Valencia.
- Nuzir, F. A., Hayashi, S., y Takakura, K. (2019). Takakura Composting Method (TCM) as An Appropriate Environmental Technology for Urban Waste Management. *International Journal of Building, Urban, Interior and Landscape Technology (BUILT)*, 13(1), 67-82. Obtenido de <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/BUILT/article/view/183252>
- Mendoza, M. (2012). *Propuesta de compostaje de los residuos vegetales generados en la Universidad de Piura*. Tesis de pregrado en Ingeniería Industrial y de Sistemas. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Piura, Perú.
- Ministerio del Ambiente. 2019. Proyecto: Programa Nacional Para La Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS).
- Mulder, M. B., y P. Coppolillo. (2018). *The natural science behind it all*. En Conservation, ed. M. B. Mulder and P. Coppolillo, 53-80. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- NCh 2880 (Norma Chilena de Compost). 2004. *Norma Chilena Oficial. Compost-Clasificación y requisitos*. Instituto Nacional de Normalización (INN), Santiago, Chile.
- Quillos-Ruiz, S. A., Escalante-Espinoza, N. J., Sánchez-Vaca, D. A., Quevedo-Novoa, L. G., y De La Cruz-Araujo, R. A. (2018). Residuos sólidos domiciliarios: caracterización y estimación energética para la ciudad de Chimbote. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 84(3), 322-335. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2018000300006&lng=es&tlng=pt.
- Sánchez, O., D. Ospina, y S. Montoya. (2017). Compost Supplementation with Nutrients and Microorganisms in Composting Process. *Waste Management*, 69,136-53.
- Salinas, P. (2019). Los desechos sólidos, residuos o basura, un problema mundial para la salud y el ambiente. *MedULA*. 28:35-38. Obtenido de: <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/45900>
- Sarmiento-Sarmiento, A. W. (2015). Caracterización del Manejo de Residuos Sólidos en el Distrito de Desaguadero-Puno-Perú. *Revista Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Investigation*, 17(1), 2-9. <https://doi.org/10.18271/ria.2015.79>
- Sharma, Dayanand, V. Sudharsan Varma, Kunwar D. Yadav, y Ajay S. Kalamdhad. (2017). Evolution of Chemical and Biological Characterization during Agitated Pile Composting of Flower Waste. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture* 6:89-98. doi: 10.1007/s40093-017-0155-9.
- Suh, Hwadam. (2013). *Determinación Del PH y Contenido total de azúcares de varias bebidas no alcohólicas: su relación con erosión y caries dental*. Universidad San Francisco de Quito, Quito.
- Tiloom. (2016). Extracto de Pasta Saturada. Obtenido de <https://www.tiloom.com/extracto-de-pasta-saturada/>.

Caracterización biofísica de la microcuenca Sarampión, Manabí - Ecuador

Biophysical characterization of the Sarampión micro-basin, Manabí - Ecuador

Hugo Cobeña ¹, Francisco Velásquez ², Jhonny Navarrete ³, Carlos Delgado ^{1,2,3,4}
*Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Carrera
Ingeniería Ambiental Campus Politécnico El Limón, Calceta-Ecuador*

Recibido 30 agosto 2022, aceptado 10 noviembre 2022, en línea 10 de diciembre 2022.

Resumen

La finalidad de esta investigación fue realizar la caracterización biofísica de la microcuenca Sarampión, Manabí - Ecuador. Para lo cual se analizó información secundaria con verificación de campo; mediante la aplicación de Sistemas de Información Geográfica se elaboraron mapas temáticos en el software ArcGis 10.4; mediante evaluación ecológica rápida se identificaron especies de flora y fauna del sector. Las características biofísicas de la microcuenca responden a un clima tropical megatérmico semihúmedo; depresiones como mesas muy disectadas, terraza aluvial, y colinas medianas; un relieve con elevación máxima de 300 metros y un mínimo igual a 40 metros; los cultivos son predominantes en cuanto al uso de suelo; y se determinó un riesgo de inundación de 94,96 hectáreas; las especies más comunes son animales domesticados o flora introducida, reflejando la vulnerabilidad de las especies nativas y endémicas. En conclusión, se presenta una línea base que permitirá gestionar los recursos de la microcuenca para alcanzar el desarrollo sostenible.

Palabras clave: características, microcuenca, sistemas de información geográfica, medio biofísico.

Abstract

The purpose of this research was to carry out the biophysical characterization of the Measles micro-basin, Manabí - Ecuador. For which the secondary information was analyzed and a field trip was carried out; through the application of Geographic Information Systems, thematic maps were elaborated in the ArcGis 10.4 software; and, through the rapid ecological evaluation, species of flora and fauna are identified. The biophysical characteristics of the micro-basin are: a semi-humid mega-thermal tropical climate; depressions such as highly dissected mesas, alluvial terraces, and medium hills; a maximum relief of 300 to 40 meters; crops are predominant in terms of land use; and a risk of flooding of 94.96 hectares will be prolonged; the most common species are domesticated animals or damaged flora, reflecting the vulnerability of native and endemic species. In conclusion, a baseline is presented that will allow managing the resources of the micro-basin to achieve sustainable development.

Keywords: characteristics, micro-basin, geographic information systems, biophysical environment.

Introducción

La resolución de problemas relacionados con el agua a nivel de cuenca local se promueve como parte de una gobernanza del agua participativa efectiva y enfoques integrados de gestión del agua. A menudo, las microcuencas exhiben condiciones hidrológicas y ecológicas relativamente uniformes, así como fuertes modos de toma de decisiones a nivel local. Por lo tanto, son prometedores para la gestión de los problemas del agua y la aplicación de medidas destinadas a mejorar la calidad de vida local y las condiciones ecológicas

y, en general, se han preferido como escala de intervención para la gestión de cuencas hidrográficas (Velasco & Capilla, 2019; Ucker & Rodrigues, 2019). Los territorios pequeños son más fáciles de administrar en comparación con las cuencas hidrográficas grandes, haciendo que los resultados son más fáciles de medir. Además, debido a una mayor cohesión social dentro de las microcuencas, las comunidades podrían participar más fácilmente en la implementación de nuevas técnicas para la conservación de los recursos naturales, lo que resultaría en una mejor integración

* Correspondencia del autor:
E-mail: hugoc28@espam.edu.ec



Esta obra está bajo una licencia de creative commons: atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.

de las necesidades e intereses de los grupos locales (Buriti et al., 2018; Castro, 2013).

Además, el tema de la coordinación y la colaboración se vuelve aún más importante a nivel de microcuencas donde los problemas relacionados con el agua, como la gestión de los ecosistemas, la agricultura y la salud, están directamente relacionados con la gobernanza del agua (Erazo et al., 2022).

En este sentido, el Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 de Ecuador en el Eje Transición Ecológica, específicamente en el objetivo 13 plantea "Promover la gestión integral de los recursos hídricos"; reconociendo la importancia del agua en todos sus usos. Bajo este enfoque, esta investigación tuvo como zona de estudio a la microcuenca Sarampión, pues en la práctica, es en esta unidad donde se pueden describir con mayor precisión las características y bondades de este espacio de estudio.

La literatura también sugiere la sostenibilidad económica, ecológica y social como tres temas principales asociados con el enfoque de desarrollo de microcuencas hidrográficas. Para una adecuada planificación y ejecución de cualquier programa de desarrollo basado en una cuenca, es esencial mapear varios atributos de una cuenca (Nabi et al., 2020; Sui et al., 2016).

Ahora bien, acorde a las características inherentes de cada cuenca hidrográfica, se puede contribuir o potenciar la conservación ambiental, tomando como punto de partida el levantamiento de la información base de las cuencas o sus respectivas subáreas (Sánchez et al., 2021). Atendiendo a la premisa de que la prosperidad hídrica radica en la adopción del manejo de cuencas sus respectivas subáreas, el objetivo de esta investigación fue realizar la caracterización biofísica de la microcuenca Sarampión, Manabí - Ecuador.

Materiales y Métodos

Esta investigación fue desarrollada en la comunidad San Miguel de Sarampión, perteneciente al cantón Bolívar, provincia de Manabí; esta zona presenta características propias de clima tropical y pertenece a la región ecológica de tipo bosque seco tropical según la clasificación de Holdridge (Aveiga et al., 2022).

Para la caracterización de la línea base del componente físico se recopiló, revisó y analizó información secundaria actualizada obtenida de estudios realizados por diferentes instituciones públicas, privadas y documentos de interés como el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, el Plan de Uso y Gestión de suelos del GAD del cantón Bolívar. A su vez, se realizó una visita de campo a la comunidad San Miguel de Sarampión para reconocer el área de estudio y complementar el análisis. Los datos de la cobertura y uso de suelo, geomorfología, relieve, y geología fueron obtenidos

de Sistemas de Información Geográfica (SIG) como el Geoportal del Instituto Geográfico Militar, SENAGUA y SIG TIERRAS. Por último, se efectuó el trabajo de gabinete que consistió en la valoración de información interdisciplinaria, para el correspondiente análisis y elaboración de mapas temáticos en el software ArcGis 10.4.

Asimismo, se identificaron especies de flora y fauna mediante evaluación ecológica rápida adaptando criterios de Sánchez (2012), integrando múltiples niveles de información, desde imágenes de satélite y sobrevuelos hasta evaluaciones de campo muy específicas.

Resultados y Discusión

Acorde a la representación cartográfica, el clima de la microcuenca Sarampión es de tipo tropical megatérmico semihúmedo (figura 1); lo cual significa que registra únicamente un máximo lluvioso y una sola estación seca muy marcada.

En lo que respecta al régimen pluviométrico, la microcuenca Sarampión se encuentra ubicada dentro de un rango de precipitaciones correspondiente a 1000-1250 mm, tal como se detalla en la figura 2.

En el caso de la temperatura, la cartografía evidencia que las isotermas que circundan la microcuenca Sarampión pertenecen a un rango de entre 24-26°C (figura 3).

Referente a la geomorfología de la microcuenca, se encontraron depresiones como mesas muy disectadas, terraza aluvial, y colinas medianas (figura 4). Según Páez (2019), las mesas muy disectadas en esta zona presentan siempre una inclinación ligera hacia el exterior de las cuencas que guía la repartición de las diferentes redes hidrográficas con superficies altas, situadas entre 300 y 450 metros; mientras que las terrazas aluviales presentan una pendiente relativamente suave a muy suave (0-5%), y antigua, que se encuentra se forman a partir de una llanura de inundación por encima del nivel máximo de aguas del cauce del río, a consecuencia de su incisión.

En analogía a las características geomorfológicas de la microcuenca Sarampión, al analizar la representación cartográfica de su geología, se encontró que esta zona corresponde a la formación Onzole con Lutitas y Limolitas miopliocenas; como se ilustra en la figura 5.

Referente al relieve de la microcuenca Sarampión (figura 6), las curvas de nivel (cada 20 metros) muestran una elevación máxima de 300 metros y un mínimo igual a 40 metros.

El uso de suelo de la zona de estudio, muestra grandes extensiones de cultivos, cuya predominancia es: yuca, plátano, cacao, maíz, árboles de naranja y mandarina, banano, café; también se evidencian grades zonas de pasto y frutales; mientras que, los remanentes de

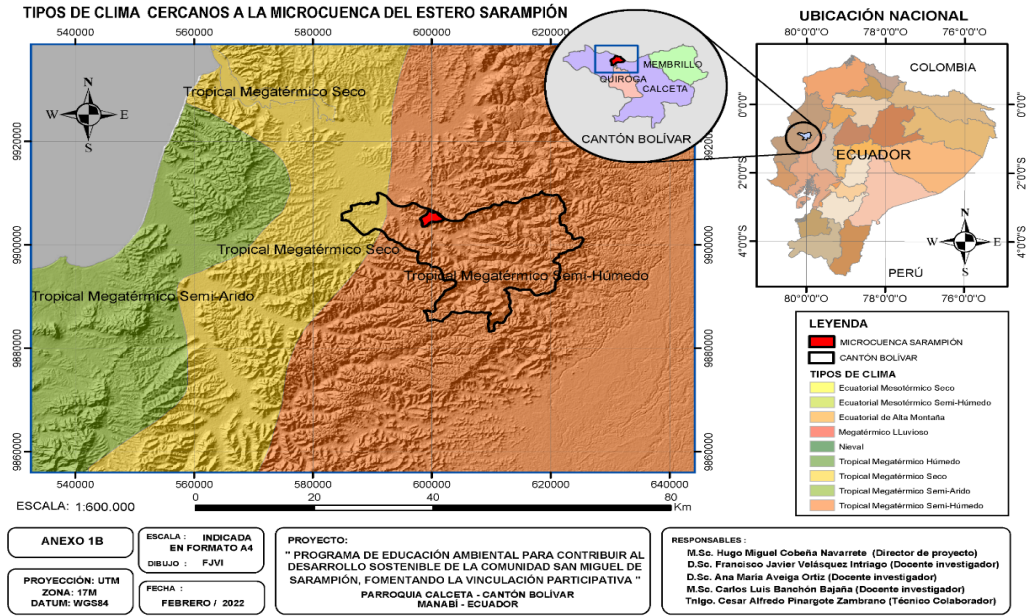


Figura 1. Mapa climático de la microcuenca Sarampión.

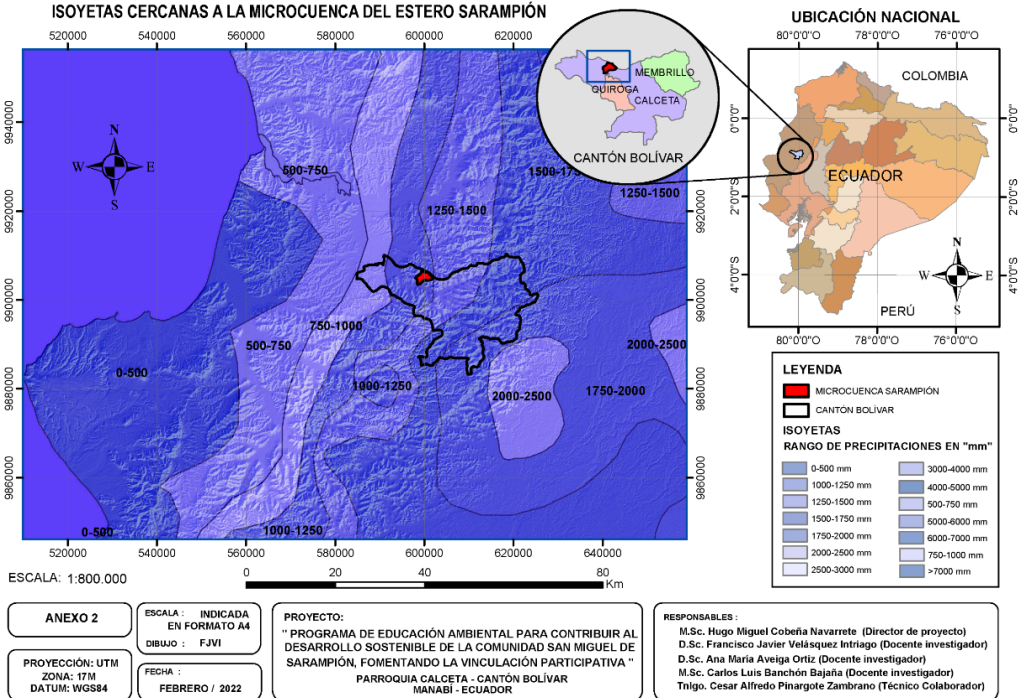


Figura 2. Mapa de isoyetas de la microcuenca Sarampión.

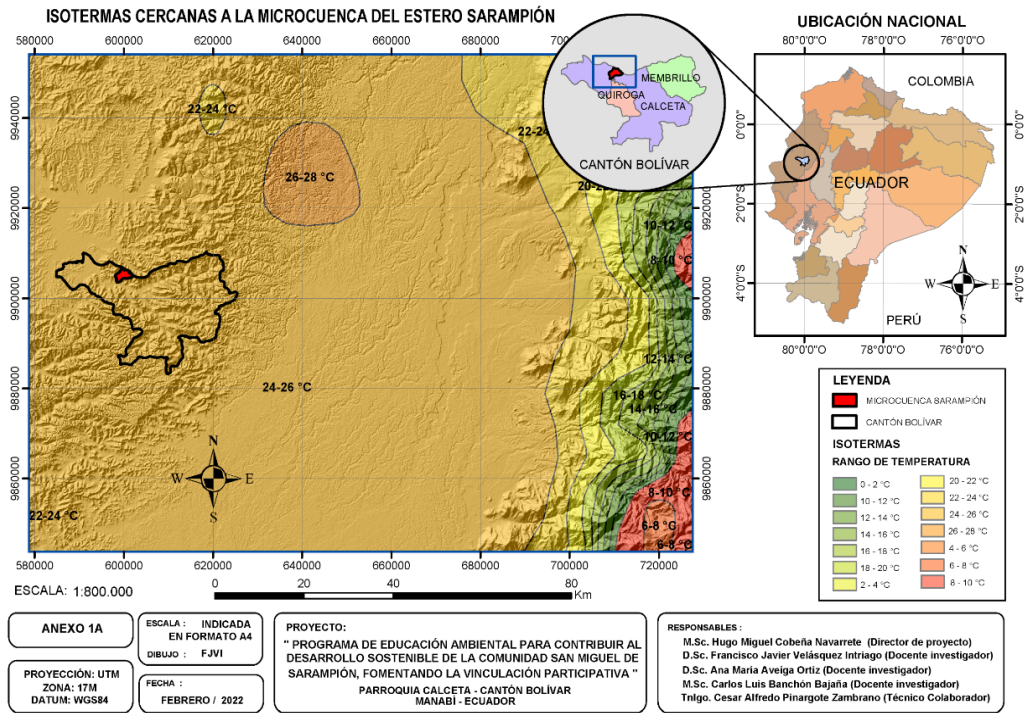


Figura 3. Mapa de isotermas de la microcuenca Sarampión.

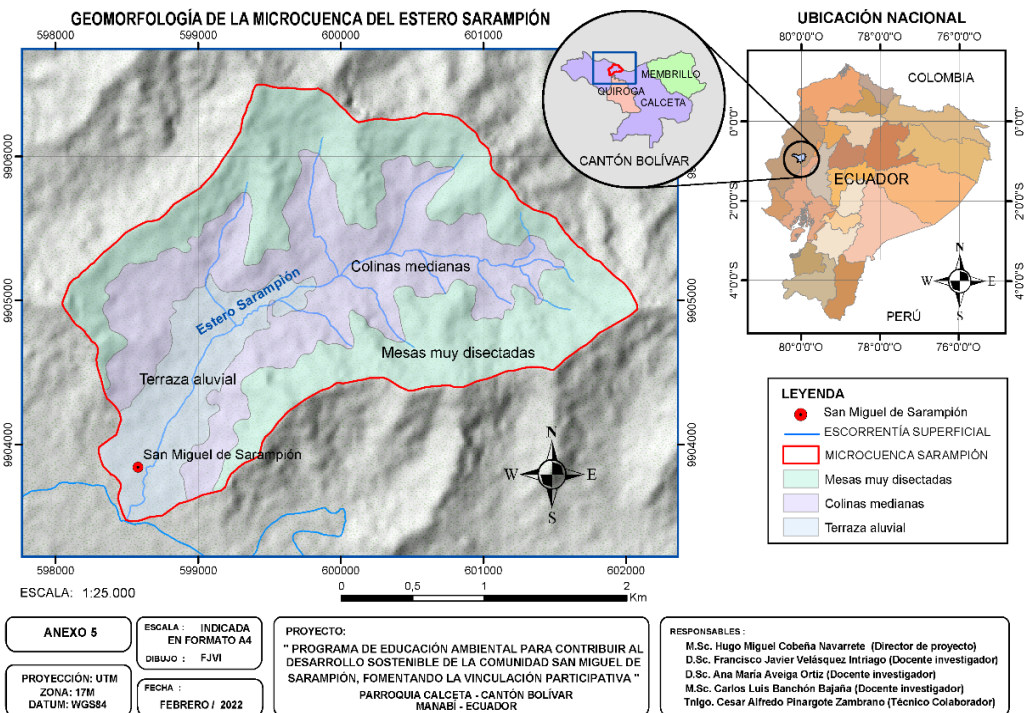


Figura 4. Geomorfología de la microcuenca Sarampión.

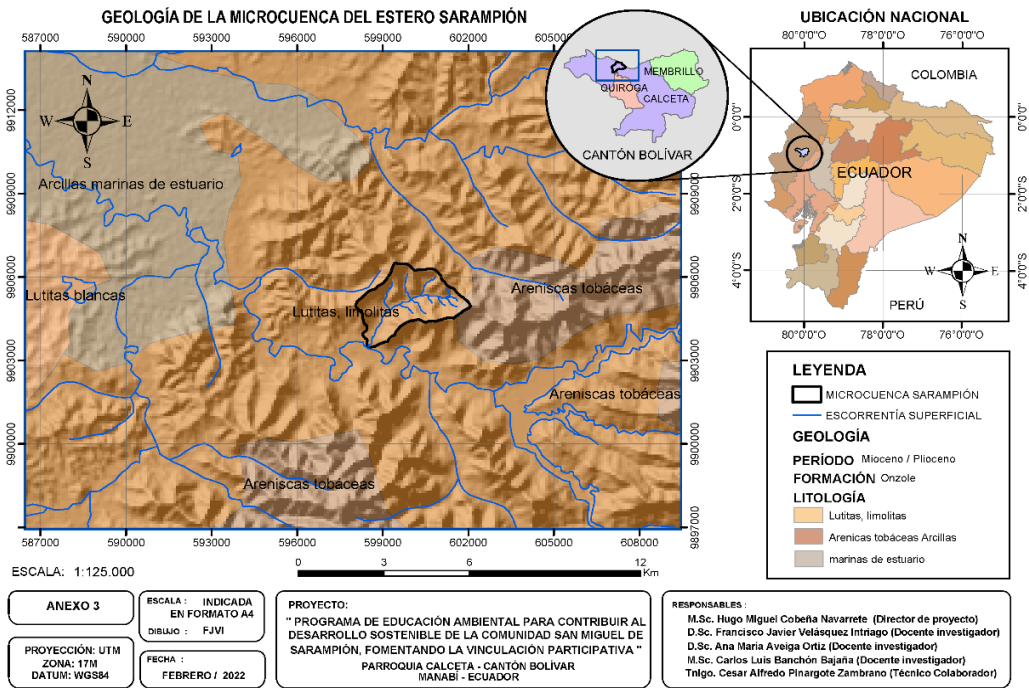


Figura 5. Geología de la microcuenca Sarapiquí.

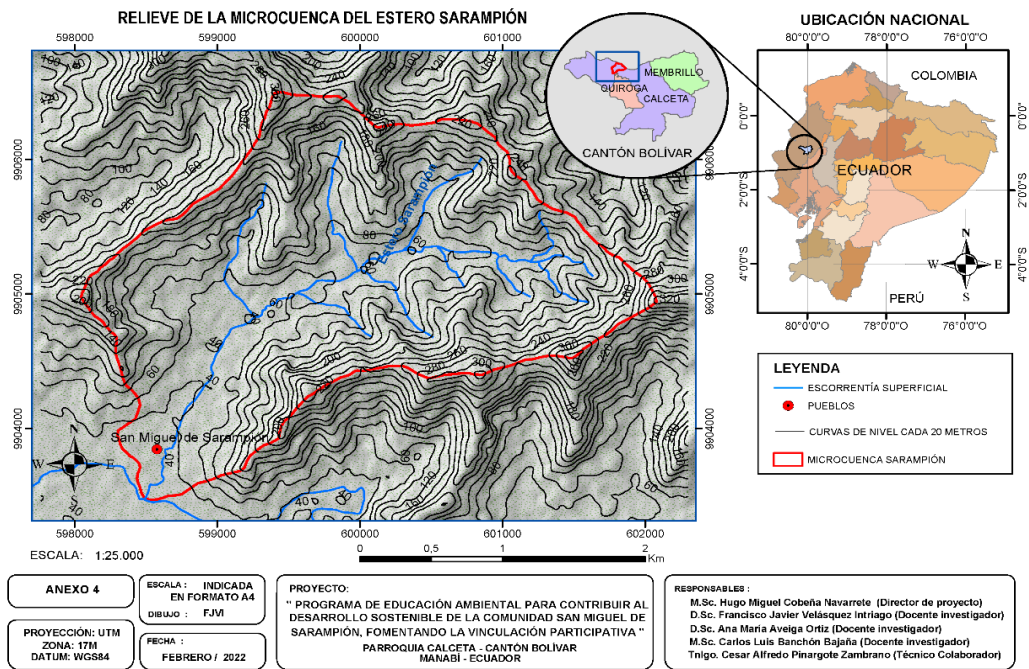


Figura 6. Relieve de la microcuenca Sarapiquí.

bosque, matorral y vegetación herbácea húmeda se encuentran muy alterados (figura 7).

La zona de riesgo de inundación de la microcuenca comprende un área de 94,96 hectáreas. El riesgo a las inundaciones está ligado a varias causas favorecidas por las condiciones naturales y la forma de ocupación del territorio (Burgos et al., 2019).

Además, la comunidad de Sarampión presenta un peligro sísmico medio de 0,6 a 0,7. Dado que Ecuador se encuentra dentro del denominado Cinturón de Fuego del Pacífico, su actividad sísmica es alta (Quinde y Reinoso, 2016).

La caracterización biológica de la microcuenca Sarampión en flora está dada por especies comunes como árboles de teca, matapalo, mango, plátano, naranja, mandarina, cacao, entre otros. Entre las introducidas en la región también está la caoba de uso maderable (*Swietenia macrophylla*), considerada vulnerable. También se encuentran especies nativas que no poseen grado de amenaza como el guasmo (*Guazuma ulmifolia*) y el guachapelí (*Pseudosamanea guachapele*). Hay otras nativas como el matapalo (*Ficus* sp.) considerada vulnerable, y en cuanto a las especies endémicas se registró al beldaco (*Pseudobombax millei*), estimada en peligro según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN).

En el caso de la fauna encontramos especies nativa y comunes, detallando por grupos los individuos identificados:

- Mastofauna: Animales domésticos: Perro, gato, cerdo doméstico, vaca. Nativos: ardilla (*Sciuridae*) y mono aullador (*Alouatta palliata*).
 - Ornitofauna: Animales domésticos: Gallina. Nativos: colibrí (*Trochilidae*), buitre negro (*Coragyps atratus*), garrapatero (*Crotophaga ani*), paloma frijolera (*Zenaida auriculata*), pájaro carpintero (*Picidae*), valdivia (*Herpetotheres cachinnans*), pedrote (*Momotus momota*), cacique (*Cacicus cela*), y punta estaca (*Nyctibius griseus*).
 - Herpetofauna: Matacaballo (*Boa constrictor*), serpiente X (*Bothrops atrox*), culebra verde (*Oxybelis brevirostris*), culebra coral (*Micrurus* sp.).
 - Entomofauna: Chicharra (*Cicadidae*), cocuyo (*Pyrophorus* sp.), mariposa (*Lepidoptera*), grillo (*Grylloidea*), abeja (*Apis mellifera*), escarabajo (*Coleoptera*), libélula (*Anisoptera*).
 - Ictiofauna: Pez dama (*Brycon atrocaudatus*), vieja (*Andinoacara rivulatus*), barbudito (*Polydactylus opercularis*), guacuco (*Chaetostoma* sp.), chame (*Dormitator latifrons*). Introducida: tilapia (*Oreochromis niloticus*).
- A nivel de Manabí, se ha descrito que es necesario priorizar la conservación como eje de sostenibilidad en los planes de desarrollo y ordenamiento territorial,

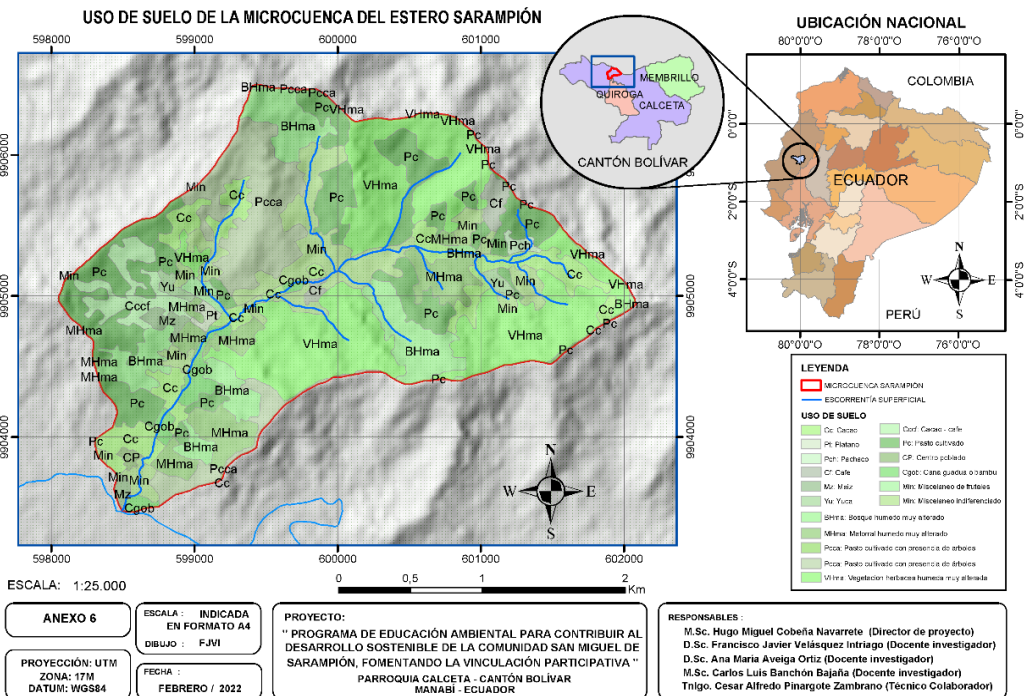


Figura 7. Usos de suelo de la microcuenca Sarampión.

con énfasis en “una real recuperación y manejo de flora y fauna nativa, mediante la instalación de bancos de germoplasma para repoblamiento en la provincia”, entre otros aspectos (Zambrano et al., 2019).

Para el contexto de otras provincias, autores como León y Villacís. (2020) han concluido que el análisis de cuencas hidrográficas en las provincias de Pichincha y Sucumbíos “permitió determinar la cantidad de recursos hídricos con los que se cuenta y reflexionar sobre la forma en que se maneja el agua en la actualidad”. En adición, se ha puntualizado que a nivel nacional se carece de información geográfica sobre las microcuencas y, mediante la aplicación de los SIG y los estudios de campo es plausible generar información primaria sobre cada microcuenca (Castillo, 2015). De este modo, Damián et al. (2017) fueron capaces de identificar “áreas preferenciales para trabajos de conservación y el establecimiento de medidas de control que se encuentren orientadas al mantenimiento de una dinámica sustentable de las microcuencas” del Parque Nacional Sangay. En este contexto, la información geográfica generada de la microcuenca Sarampión con aplicación de SIG constituye información geográfica primaria que contribuye al conocimiento de las microcuencas del Ecuador.

Conclusiones

En la microcuenca Sarampión el uso de suelo presenta un amplio margen de actividades propias de la agricultura, en este sentido, la flora y fauna de la zona, evidencia la mezcla de especies nativas e introducidas.

La caracterización biofísica de la microcuenca Sarampión, contribuye al conocimiento de esta, considerando el presente trabajo como un insumo para trabajos futuros, los cuales al establecer medidas de conservación y manejo podrían orientar a desarrollar medidas de mitigación conducentes a fortalecer la gestión participativa y a promover iniciativas en aras de alcanzar el desarrollo nacional desde una perspectiva local.

Recomendaciones

En función de la caracterización biofísica de la microcuenca El Sarampión, resulta propicio sugerir que se identifiquen los pasivos ambientales existentes en la microcuenca Sarampión y, que también se realicen estudios sobre la demografía de la población, a fin de plantear medidas de gestión apropiadas y aplicables por sus habitantes.

Referencias

Aveiga, A., Pinargote, C., Peñarrieta, F., Teca, J., y Alcántara, F. 2022. Adsorption of Mercury and Zinc in Agricultural Soils by Sphagnum trilobata. *Journal of Ecological Engineering*, 23(3): 230-235. <http://www.jeeng.net/pdf-146115-72313?filename=Adsorption%20of%20Mercury%20and.pdf>

Burgos, B., Cartaya, S., y Mero, D. 2019. Análisis de la vulnerabilidad a inundaciones de la parroquia Santa Ana de Vuelta Larga, provincia de Manabí, Ecuador. *Investigaciones geográficas*, (98). http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112019000100003

Buriti, R. Al-Saidi, M. & Ribbe, L. 2018. Challenges of multi-level water governance at microwatershed level - A case from Rio de Janeiro, Brazil. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 191. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/191/1/012120/pdf>

Castillo, F. 2015. Delimitación automática de microcuencas utilizando datos SRTM de la NASA. *Enfoque UTE*, 6(4): 81-97. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v6n4.80>

Castro, I. 2013. Estimación de pérdida de suelo por erosión hídrica en microcuenca de presa Madín, México. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 34(2): 3-16. <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v34n2/riha01213.pdf>

Damián, D. Recalde, C. Márquez, C. Rodríguez, M. García, V. y Ayala, J. 2017. Priorización de microcuencas en los Andes ecuatorianos usando parámetros morfométricos, WSA y GIS. *Revista Geográfica Venezolana*, 58(1): 38-61. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=347753792004>

Erazo, E., Alvarez, C., Caballero, R., Baltazar, A., Rojas, Y., & Alomia, M. 2022. Biophysical and Socioeconomic Characterization of the Timari River Micro-basin in the Central Tropics of Peru. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1009/1/012002/pdf>

León, M. y Villacís, C. 2020. Análisis de correlación de las variables identificadas en las cuencas hidrográficas de Pichincha y Sucumbíos, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 10(1): 83-91. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/721>

Nabi, G., Hussain, F., Wu, R., Nangia, V., & Bibi, R. 2020. Micro-Watershed Management for Erosion Control Using Soil and Water Conservation Structures and SWAT Modeling. *Water*, 12(5), 1439. MDPI AG. <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/5/1439/htm>

Páez, J. (2019). Análisis de terrazas fluviales en el río Guayllabamba, sector Perucho, provincia de Pichincha. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19988/1/CD-9433.pdf> Consulta Octubre 2022.

Quinde, P., y Reinoso, E. 2016. Estudio de peligro sísmico de Ecuador y propuesta de espectros de diseño para la Ciudad de Cuenca. *Ingeniería sísmica*, (94): 1-26. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-092X2016000100001&lng=es&tlng=es

Sánchez, A., Carriel, V., & Castillo, Y. 2021. Modelo de gestión sostenible de los recursos hídricos de la microcuenca alta del río Santa Rosa. *Ciencia Digital*, 5(1): 182-196. <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/1532/3872>

- Sánchez, W. 2012. Evaluación ecológica rápida en la Reserva Ecológica Manglares de Churute. Revista Universidad de Guayaquil, 114(3). <https://revistas.ug.edu.ec/index.php/rug/article/view/463/1023>
- Sui, Y. Ou, Y. Yan, B. Xu, X. & Rousseau, A. 2016. Assessment of Micro-Basin Tillage as a Soil and Water Conservation Practice in the Black Soil Region of Northeast China. PLOS ONE 11(3). <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0152313>
- Ucker, F., & Rodrigues, N. 2019. Physico-Environmental Characterization of the Micro Basin Contributing to Fazenda Nova's (Goiás) Public Water Supply. International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS), 6(6). https://ijaers.com/uploads/issue_files/66IJAERS-06201950-Physico.pdf
- Velasco, A., Capilla, J. 2019. Hydrogeological characterization and assessment of anthropic impacts in the Lower Piura Sub-basin Aquifer in Peru. Hydrogeological Journal 27: 2755-2773 <https://link.springer.com/article/10.1007/s10040-019-02027-7>
- Zambrano, R., Cantos, C., Chilán, D., y Cantos, G. 2019. La composición biofísica en el Ordenamiento Territorial, un desafío urgente en la provincia de Manabí. La Técnica Revista de las Agrociencias, (22): 57-76. <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/latecnica/article/view/2085/2334>

Subproductos agrícolas (cáscara de yuca y arroz) para compost como alternativa de valoración económica

Agricultural by-products (cassava and rice husks) for compost as an economic valuation alternative

José Calderón ¹, Elvis Mero ² & Franklin Barreiro ³

¹ Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, campus politécnico El Limón, Calceta, Ecuador

² Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López

Recibido 30 agosto 2022, aceptado 10 noviembre 2022, en línea 10 de diciembre 2022.

Resumen

El objetivo de esta investigación fue analizar el uso de subproductos agrícolas (cáscara de yuca y cascarilla de arroz) para compost como alternativa de valoración económica. La metodología aplicada contempló un diseño completamente al azar bifactorial para determinar los efectos de los dos factores de investigación (proporciones de subproductos y sistemas de compostaje) en seis tratamientos; las variables físicas analizadas fueron: temperatura, pH y conductividad eléctrica (CE). Los resultados, revelaron que los tratamientos 5 y 6, mostraron mayor temperatura en las fases iniciales del compostaje; no obstante, al alcanzar la maduración la temperatura descendió hasta 21 °C. El pH, fue muy similar en todos los tratamientos con un rango de 5 a 9. Se observó una distribución heterogénea de la CE en la fase final del compostaje, con valores desde 5,65 dS/m (T_6) a 0,38 dS/m (T_2). En conclusión, los subproductos analizados presentan un gran potencial como materia prima para compost.

Palabras clave: compostaje, valoración económica, subproductos.

Abstract

The objective of this research was to analyze the use of agricultural by-products (cassava and rice husks) for compost as an alternative for economic valuation. The applied methodology contemplated a completely randomized bifactorial design to determine the effects of the two research factors (proportions of by-products and composting systems) in six treatments; the physical variables analyzed were: temperature, pH and electrical conductivity (EC). The results revealed that treatments 5 and 6 showed higher temperatures in the initial phases of composting; however, upon reaching maturation, the temperature dropped to 21 °C. The pH showed a very similar pattern in all treatments with a range from 5 to 9. A heterogeneous distribution of EC was observed in the final phase of composting; with values from 5.65 dS/m (T_6) to 0.38 dS/m (T_2). The by-products analyzed have great potential as raw material for compost.

Keywords: composting, economic valuation, by-products

Introducción

La generación de residuos orgánicos está aumentando a nivel mundial y se deben desarrollar y optimizar estrategias para su impacto ambiental y costo (Rashwan *et al.*, 2021). Ante tal problemática, las tecnologías de conversión altamente eficientes, económicas y respetuosas con el medio ambiente se vislumbran como la solución más acertada; en tal sentido, el compostaje tiene una alta capacidad para transformar diversos desechos orgánicos en un

producto valioso para fines agrícolas, como medio de crecimiento hortícola para mejorar la estructura del suelo aumentando su contenido de materia orgánica y su fertilidad (Sánchez, 2022; Peralta *et al.*, 2019).

El compostaje es un proceso dinámico de rápidas reacciones sucesivas que involucran la descomposición de la materia orgánica en condiciones aeróbicas o anaeróbicas y los efectos del compost sobre la calidad del suelo y, en consecuencia, sobre la productividad de los cultivos están determinados por las

* Correspondencia del autor:

E-mail: jose.calderon@espam.edu.ec



Esta obra está bajo una licencia de creative commons: atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.

propiedades del compost aplicado, las cuales varían mucho según la materia prima y los procedimientos de compostaje (Mengistu *et al.*, 2018; Karanja *et al.*, 2019). Existe una amplia variedad de productos que pueden considerarse aptos como materia prima para el compost, de los cuales, es de destacar los residuos orgánicos o subproductos por el volumen que representan (Peralta *et al.*, 2019).

Los subproductos de origen vegetal, incluidos la cascarilla de arroz y la cáscara de yuca, constituyen una cantidad de residuos significativa a nivel nacional. Y es que, según el Sistema de Información Pública Agropecuaria (2021), en Manabí la producción de arroz es de 41.075 t, en el caso de la yuca, se producen 140.005 t con un rendimiento de 8,12 t/ha; los desechos de ambos cultivos son quemados sobre el suelo y desechados en vertederos de agua en las localidades de San Pablo de Tarugo y Rocafuerte sin aprovecharse en la cadena de valor agregado, minimizando la posibilidad de su utilización como materia prima en la producción de compost. Por tanto, el objetivo de esta investigación fue analizar el uso de cáscara de yuca y cascarilla de arroz como subproductos agrícolas para compost como alternativa de valoración económica.

Materiales y Métodos

Mediante un diseño completamente al azar (DCA), bifactorial, se analizaron los efectos de los dos factores de investigación: i) proporciones de subproductos y, ii) sistemas de compostaje, en seis tratamientos (tabla 1) con tres repeticiones, obteniéndose 18 unidades experimentales: cada una de las cuales estuvo conformada por 45 kg de compost, para cumplir criterios establecidos por la Román *et al.* (2013), el detalle de los sistemas se muestra en la figura 1.

Referente a las variables físicas, se realizaron mediciones diarias de los parámetros detallados en la tabla 2.

Para obtener un proceso de descomposición homogéneo y mantener una temperatura uniforme en el sistema de pilas, se efectuó un volteo manual una

Tabla 1. Detalle de los tratamientos aplicados.

Tratamiento	Factor A		Factor B
	Cascarilla de arroz (%)	Cáscara de yuca (%)	Sistema
T ₁	75	25	Pila
T ₂	75	25	Tanque
T ₃	50	50	Pila
T ₄	50	50	Tanque
T ₅	25	75	Pila
T ₆	25	75	Tanque

Tabla 2. Variables físicas medidas.

Parámetro	Unidad	Método
Temperatura	°C	Termómetro en suelo
pH	-	Potenciométrico
Conductividad eléctrica (CE)	dS/m	Conductímetro

vez a la semana por un período de tres meses; en el sistema de tanques, se llenaron los recipientes con los subproductos y se dejó reposar durante tres meses (Román *et al.*, 2013).

Resultados

La temperatura de todos los tratamientos presentó una fluctuación acorde al proceso de fermentación aerobio en las fases de compost: mesofílica, termofílica, enfriamiento y maduración (Vargas *et al.*, 2019). Los tratamientos 5 y 6, presentaron valores más elevados en las tres primeras fases, llegando a un máximo de 54,43°C en T6; aunque los tratamientos 1, 2, 3 y 4 presentaron menores temperaturas en las fases antes mencionadas, al alcanzar la maduración todos mostraron un descenso de temperatura en un rango de 21 a 26°C (fig. 2). Es de indicar que, la diferencia de temperatura presentó más influencia por el factor A que por el factor B; lo cual es atribuible a la naturaleza de los subproductos bajo análisis, la cascarilla de arroz presenta menor humedad disminuyendo el metabolismo de los microorganismos y con ello la temperatura; en contrapartida, el nivel de temperatura en los tratamientos con mayor proporción de cáscara de yuca (T5 y T6) fue mayor debido a la humedad que contiene este subproducto favoreciendo la proliferación y metabolismo de los microorganismos.

Resultados similares se obtuvieron al analizar la

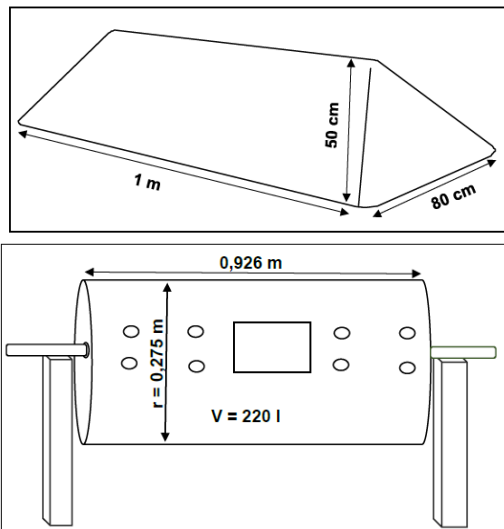


Figura 1. Detalle de los sistemas empleados a) pila y b) tanque.

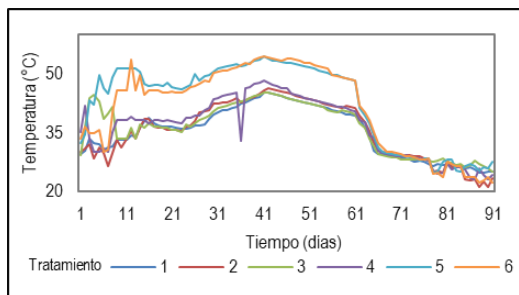


Figura 2. Variación de la temperatura en cada uno de los tratamientos.

variación de temperatura (de 50 a 20°C en 91 días) en un compost a base de gallinaza y microorganismos benéficos (Álvarez *et al.*, 2019). Por otra parte, la temperatura en un compost a base de subproductos de caña de azúcar presentó un máximo de 55°C, que fue vinculado a la descomposición aeróbica de la mezcla y en la maduración llegó a los 30°C marcando el equilibrio de la actividad biológica con la reserva de nutrientes disponibles en la mezcla (López *et al.*, 2017).

En lo referente al pH, se evidencia un patrón muy similar en todos los tratamientos con un rango de 5 a 9 (fig. 3). Tanto el valor más alto (8,97) como el más bajo (5,05) se obtuvieron en T₅. Durante la última semana, fase de maduración, la fluctuación del pH se mantuvo entre 7,02 y 8,97, siendo un rango considerado como indicador de una adecuada descomposición de los residuos orgánicos en el compost (Márquez, 2018).

De manera semejante, López *et al.* (2017) obtuvieron un pH con tendencia a la alcalinización, indicando que este parámetro es afectado por la pérdida de ácidos orgánicos y la generación de amoníaco, originadas por la descomposición de las proteínas. Existen criterios compartidos con Campos *et al.* (2016), quienes acotan que el pH influye directamente en el proceso de compostaje, al marcar la dinámica de los procesos microbiológicos, donde las reacciones anaeróbicas liberan ácidos orgánicos que provocan su reducción.

El comportamiento de la conductividad eléctrica (CE)

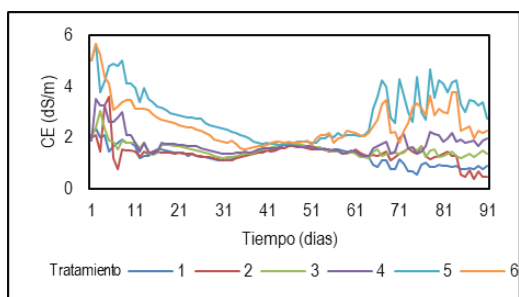


Figura 4. CE medida durante el proceso de compostaje de los tratamientos aplicados.

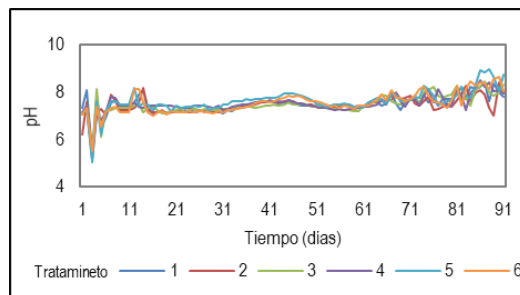


Figura 3. Fluctuación del pH de cada tratamiento aplicado.

muestra una distribución heterogénea en la fase final del compostaje. El valor más elevado (5,65 dS/m) fue para T₆ durante la primera semana, mientras que, T₂ denotó el nivel más bajo de CE (0,38 dS/m) en la fase de maduración (fig. 4).

La CE es directamente proporcional a la concentración de sales, dada su función conductora de corriente eléctrica (Barbaro *et al.*, 2019). La variabilidad de la CE se asocia a fenómenos de lixiviación del material compostado, es decir, a la disolución de sales, cuyo incremento es influenciado por el riego de las pilas y los tanques de compostaje (Pereira, 2017).

Rashwan *et al.* (2021), obtuvieron un rango de CE de 2,67 a 4,53 dS/m, atribuyendo el aumento de la CE a la pérdida neta de peso y liberación de sales solubles a través de la actividad de descomposición y degradación de la materia orgánica durante el proceso de compostaje. El compost con una alta concentración de sal puede ser una buena fuente de nutrientes cuando se aplica en dosis bajas, no obstante, una CE aceptable para el compost usado en situaciones de campo depende de la CE del suelo antes de la aplicación, la tasa de aplicación del compost, la profundidad del compost en la incorporación (labranza), la textura del suelo y el manejo del agua de riego (Pereira, 2017; Karanja *et al.*, 2019).

De este modo, el compost obtenido en cada uno de los tratamientos mostró características apropiadas; por lo que resulta pertinente que los subproductos estudiados alcancen un valor monetario para usarse como materia prima en la elaboración de compost. Sin embargo, resulta muy complejo realizar un análisis económico total de la materia prima que se utilice debido a la cantidad de variables a considerar: tipo de compostaje, residuos empleados, nutrientes del compost, volumen de producción, entre otros; de ahí que, las valoraciones económicas del compostaje se limiten a casos específicos en lugares y condiciones puntuales; aunque las aproximaciones realizadas son positivas (Jara, 2016).

La investigación sobre la estimación monetaria del compost, sobre todo en países en vías de desarrollo, se muestra descuidada; no obstante, se ha indicado que el componente principal para la estimación de la

demanda real de compost es su uso en la agricultura, el cual considera calendarios de cultivos, asignaciones de tierras agrícolas y tasas de aplicación de compost para cada cultivo; de este modo, la demanda de compost podría presentar una fluctuación estacional considerable en función de los cultivos sembrados en cada estación del año y en los diferentes períodos de cosecha (Cherki, y Kitawaki, 2022).

En adición, también se ha considerado que el precio de mercado de un material orgánico utilizado en la agricultura depende de su valor potencial de fertilización, es decir, su contenido de NPK. En este caso, podría calcularse el valor del compost en base al contenido de N, P₂O₅ y K₂O de los materiales orgánicos utilizados como materia prima para su elaboración (Thuriès et al., 2019).

Conclusión

Los subproductos de cascarilla de arroz y cáscara de yuca, presentan un gran potencial para ser aprovechados como materia prima en la elaboración de compost, pues las variables físicas monitoreadas (temperatura, pH y CE) durante el proceso de compostaje mostraron un rango favorable en los seis tratamientos aplicados. La variación del porcentaje de subproductos, según cada tratamiento, provocó diferentes curvas de temperatura; el pH, mostró un rango de 5 a 9, con valores similares para todos los tratamientos; por último, se observó una distribución heterogénea de la CE en la fase final del compostaje, con un valor máximo de 5,65 dS/m (T6) durante la primera semana, y un valor mínimo de 0,38 dS/m (T2) en la fase de maduración. Para realizar investigaciones futuras, es importante considerar los aspectos enmarcados en cuanto a la valoración económica del compost, lo cual contribuirá a implementar estrategias de mercado que permitan conocer su valor monetario y por ende la utilidad neta de los subproductos que se usen como materia prima en su elaboración.

Recomendaciones

- Evaluar la calidad del compost obtenido a partir de subproductos agrícolas como cascarilla de arroz y cáscara de yuca.
- Efectuar la valoración económica del compost obtenido a partir de subproductos agrícolas.
- Difundir el potencial de la cascarilla de arroz y la cáscara de yuca para la elaboración de compost.

Referencias

Álvarez, M., Largo, A., Iglesias, S., y Castillo, J. 2019. Calidad de compost obtenido a partir de estiércol de gallina, con aplicación de microorganismos benéficos. *Scientia Agropecuaria* 10(3): 353-361. <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v10n3/a05v10n3.pdf>

Barbaro, L., Karlanian, M., Rizzo, P., y Riera, N. 2019.

Caracterización de diferentes compost para su uso como componente de sustratos. *Chilean J. Agric. Anim. Sci., ex Agro-Ciencia*, 35(2):126-136. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/chjaasc/v35n2/0719-3890-chjaasc-00309.pdf>

Campos, R., Brenes, L., y Jiménez, M. 2016. Evaluación técnica de dos métodos de compostaje para el tratamiento de residuos sólidos biodegradables domiciliarios y su uso en huertas caseras. *Revista Tecnología en Marcha, Encuentro de Investigación y Extensión*: 25-32. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5761473.pdf>

Cherki, M., y Kitawaki, H. 2022. Development of a model for the evaluation of compost supply-demand dynamics: theory and case study in an area of Rabat region, Morocco. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 24: 712-724. <https://doi.org/10.1007/s10163-022-01356-2>

Jara, L. 2016. *Oportunidades de valoración mediante compostaje de los residuos orgánicos de origen urbano y afines en Ecuador: propuesta de gestión para la provincia de Chimborazo*. Universidad Miguel Hernández de Elche, España. <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2770/1/TD%20Jara%20Samaniego%2C%20Lourdes%20Janneth.pdf> Consulta Junio 2022.

Karanja, A., Njeru, E. y Maingi, J. 2019. Assessment of physicochemical changes during composting rice straw with chicken and donkey manure. *Int. J. Recycl. Org. Waste Agriculture*, 8: 65-72. <https://doi.org/10.1007/s40093-019-0270-x>

López, E., Andrade, A., Herrera, M., Gonzalez, O., y García, A. 2017. Propiedades de un compost obtenido a partir de residuos de la producción de azúcar de caña. *Centro Agrícola*, 44(3): 49-55. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852017000300007&lng=es&ytng=es

Márquez, N. 2018. *A review of the literature on the occurrence and survival of pathogens of animals and humans in green compost*, Editor Oxon, Reino Unido. http://www.gwmc.ca/pdf_files/Literature%20Review%20-%20Human%20and%20Animal%20Pathogens%20in%20Compost.pdf Consulta Junio 2022.

Mengistu, T., Gebrekidan, H., Kibret, K. Woldetsadik, K., Shimelis, B., y Yadav, H. 2018. Comparative effectiveness of different composting methods on the stabilization, maturation and sanitization of municipal organic solid wastes and dried faecal sludge mixtures. *Environ. Syst. Res.*, 6(5). <https://doi.org/10.1186/s40068-017-0079-4>

Peralta, N., Bernardo de Freitas, G., Watthier, M., y Silva, R. 2019. Compost, bokashi y microorganismos eficientes: sus beneficios en cultivos sucesivos de brócolis. *Idesia (Arica)*, 37(2): 59-66. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019000200059>

Pereira, M. 2017. *Conductividad Eléctrica en las enmiendas orgánicas (compost): Importancia, efecto y recomendaciones*. FOSAC, Perú. <https://www.fosacperu.com/conductividad-electrica-en-las-enmiendas-organicas-compost-importancia-efecto-y-recomendaciones/> Consulta Enero 2022.

Rashwan, M., Fahad, N., Abdel, H., Blanqueza, R., y Mansour, N. 2021. Maturity and stability assessment of composted tomato residues and chicken manure using a rotary drum bioreactor. *Journal of the Air and Waste Management Association*. DOI: 10.1080/10962247.2020.1859416

Román, P., Martínez, M., y Pantoja, A. 2013. Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Chile. <https://www.fao.org/3/i3388s/I3388s.pdf> Consulta Junio 2022.

Sánchez, A. 2022 Decentralized Composting of Food Waste: A Perspective on Scientific Knowledge. *Front. Chem. Eng.* 4:850308.doi: 10.3389/fceng.2022.850308

Sistema de Información Pública Agropecuaria. 2021. Cifras agroproductivas. SIPA, Ecuador. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>. Consulta Junio

2022.

Thuriès, L., Garry, F., Sotamenou, J. Oliver, R., Parrot, L., Simon, S., Montange, D., y Fernandes, P. 2019. Cash for trash: an agro-economic value assessment of urban organic materials used as fertilizers in Cameroon. *Agronomy for Sustainable Development*, 39(52). <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0598-7>

Vargas O., Trujillo, J., y Torres, M. 2019. El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento. *Orinoquia* 23(2):123-129. <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v23n2/0121-3709-rori-23-02-123.pdf>

Factores determinantes de las emisiones de CO₂ en los sectores industrial y transporte en Ecuador

Determinant factors of CO₂ emissions from industry and transportation in Ecuador

Karla Muentes¹, Jhon Pereira², Rodolfo Rivadeneira³ & Carlos Moreira⁴

¹⁻²⁻³⁻⁴ Universidad Técnica de Manabí, carrera de Ingeniería Química, Portoviejo, Ecuador.

Recibido 30 agosto 2022, aceptado 10 noviembre 2022, en línea 10 de diciembre 2022.

Resumen

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), son una preocupación latente para todos los países del mundo, por esto, muchos de los países forman parte de la creación de tratados, acuerdos y normas que permitan concientizar y plantearse objetivos por el bien común. Las estimaciones de los factores determinantes dirigidos a las emisiones de CO₂, se evidencia mediante la descomposición media logarítmica (LMDI) que permite conocer la variación de estas emisiones. El método antes mencionado presenta gran robustez para la estimación de este tipo de análisis, la descomposición de los factores de mix energético (Mix), índice de carbonización (Ic), intensidad energética (Ie), actividad económica (Act) y poblacional (P) aplicado a dos de los sectores más representativos del Ecuador (Transporte e Industrial) en cuanto al consumo de energía, evidencia que entre 2000 - 2020 las emisiones en el sector transporte han aumentado 5,56 Mt de CO₂, mientras que en el sector industrial las emisiones muestran una reducción de 1,83 Mt de CO₂. El estudio realizado evidencia que los factores determinantes en los sectores del transporte e industrial son el mix energético, índice de carbonización e intensidad energética. El análisis LMDI aplicado, nos permite describir las emisiones de CO₂ mediante la descomposición desagregada de factores y la participación de combustibles de origen fósil de cada sector en estudio.

Palabras Claves: Análisis LMDI, Descomposición por índice, intensidad energética, factores determinantes, dióxido de carbono.

Abstract

Greenhouse gas (GHG) emissions are a latent concern for all countries in the world, for this reason, many of the countries are part of the creation of treaties, agreements and regulations that allow raising awareness and setting goals for the common good. The estimations of the determining factors directed to CO₂ emissions, is evidenced by means of the logarithmic mean decomposition (LMDI) that allows to know the variation of these emissions. The aforementioned method presents great robustness for the estimation of this type of analysis, the decomposition of the factors of energy mix (Mix), carbonization index (Ic), energy intensity (Ie), economic activity (Act) and population (P) applied to two of the most representative sectors of Ecuador (Transport and Industrial) in terms of energy consumption, shows that between 2000 - 2020 emissions in the transport sector have increased 5,56 Mt of CO₂, while in the industrial sector emissions show a reduction of 1,83 Mt of CO₂. The study carried out shows that the determining factors in the transport and industrial sectors are the energy mix, carbonization index and energy intensity. The applied LMDI analysis allows us to describe CO₂ emissions through the disaggregated decomposition of factors and the participation of fossil fuels in each sector under study.

Keywords: LMDI analysis, index decomposition, energy intensity, determinants, carbon dioxide.

* Correspondencia del autor:
E-mail: rodolfo.rivadeneira.utm.edu.ec



Esta obra está bajo una licencia de creative commons: atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.

Introducción

Las emisiones de gases de efecto invernadero son una de las preocupaciones globales más críticas abordadas por las naciones del mundo (Mousavi, López, Biona, Chiu, & Blesl, 2017), el aumento de las emisiones de CO₂ se le atribuye al nivel creciente de la producción de energía, que a su vez está muy relacionada con el nivel de actividad económica. Influyen factores de forma directa como la población, renta per cápita, intensidad energética, mix energético e intensidad de carbonización (Juez, 2005).

Durante el último siglo las emisiones globales de CO₂ provenientes del consumo de combustibles fósiles y la industria han aumentado constantemente (Díaz, 2021). En el país la demanda energética se incrementó 14,3% en el periodo 2010 - 2020, pasando de 72,7 millones de barriles equivalentes de petróleo en el año 2010 a 83 millones BEP en el 2020. Dentro de esto se explica que en el año 2020 el sector transporte es el mayor demandante de energía con una participación del 45,4%, seguido por el sector industrial con 17,4%, y el tercer lugar con 15,7% de demanda energética proviene del sector residencial (Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables, 2020).

Al analizar el balance energético entre los años 2012 y 2020, donde se representan las demandas y consumos de energía en el periodo 2000 - 2020 por sectores representativos del país se evidencia que para el año 2000 en el sector transporte el 87% de la energía empleada viene dada por la gasolina y el diésel, seguidos de un 8% de participación dada por el fuel oil (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2013), mientras que para el año 2020 se llega a un 99% de la energía utilizada en el sector transporte proviene del diésel y la gasolina (Instituto de Investigación Geológico y Energético, 2020).

Otro sector representativo es el industrial, muestra que en el año 2000 su consumo predominante era el diésel con un 39% de participación seguido por la electricidad que representaba un 31% (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2013), para el año 2020 la participación más elevada para el sector industrial proviene de la electricidad con un 43,5% seguida por el diésel con un 25,6% (Instituto de Investigación Geológico y Energético, 2020).

A nivel mundial se ha utilizado con frecuencia el método LMDI para poder describir el comportamiento de las emisiones de CO₂ en diferentes partes del mundo como lo dice (Mai, Ran, & Wu, 2020), en su estudio de descomposición de LMDI de las emisiones de dióxido de carbono del sector de la energía eléctrica en el noroeste de China donde se analizan seis factores explicativos, incluida la intensidad del carbono, la combinación y generación de energía, electrificación, economía y población. Los resultados muestran que las fuerzas impulsoras de las emisiones de CO₂ del sistema eléctrico variaron enormemente

entre las provincias. En general, el crecimiento económico ha contribuido principalmente a aumentar las emisiones de CO₂, mientras que la mejora en la eficiencia de generación de energía ha disminuido de manera crucial las emisiones de CO₂.

En una investigación sobre la contribución de los subsectores manufactureros en la variación de las emisiones de CO₂ por el uso de combustible en San Luis Potosí (Gutiérrez, Medellín, Avila, Morales, & Chavira, 2019), se realizó una descomposición de los factores que determinan la variación anual de las emisiones de CO₂, identificando el efecto de cada uno de los subsectores. Se utilizó el enfoque LMDI para identificar la contribución desagregada de los subsectores manufactureros en la variación de las emisiones la intensidad energética y el (PIB) manufacturero fueron los factores de mayor efecto en la variación del CO₂, con contribuciones del 53,85% y 37,32%, respectivamente.

Un estudio sobre aspectos ecológicos, económicos y tecnológicos del desarrollo, denominado Análisis de descomposición del consumo de energía relacionado con las emisiones de CO₂ en Ecuador (Robalino & Anisenco, 2017), sugiere que con los cambios apropiados en la combinación energética, la estructura sectorial y la participación de las energías renovables, Ecuador puede avanzar hacia un estado más sostenible desde el punto de vista ambiental.

A diferencia de los estudios mencionados el presente trabajo investigativo busca evidenciar mediante esta metodología la variación de emisiones de CO₂ en el periodo 2000-2020 de los sectores más representativos del Ecuador en cuanto al consumo energético (Gómez, et al., 2006), tomando en cuenta los factores de emisión descritos por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), que son los que reflejan el contenido total de carbono del combustible, en donde se relacionan la cantidad de GEI emitido a la atmósfera y una unidad de producción o una unidad funcional, por lo cual en este artículo se consideran los factores de emisión de uso frecuente que describe el IPCC (Rodríguez, Ruiz, & Meneses, 2020).

Materiales y Métodos

Con respecto al cálculo de las emisiones de CO₂ como un producto del consumo de energía (Castesana & Puliafito, 2013), la identidad de Kaya utiliza las relaciones entre las variables, económicas, energéticas y ambientales, las mismas que permiten hacer un diagnóstico de la conexión que existe entre la actividad económica y la emisión de gases de efecto invernadero. Esta identidad cumple un rol muy importante en los estudios del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), en lo que corresponde a los escenarios de contaminación a la atmósfera por la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), e intenta medir la incidencia de factores básicos.

Descomposición Lmdi

El método LMDI propone una nueva función de ponderación de tipo media logarítmica, la cual evidencia una descomposición exacta. Esta descomposición adopta forma aditiva o multiplicativa (Fernandez, 2012). Se usará la descomposición aditiva en el desarrollo de este trabajo, este método descompone la diferencia del indicador entre 0 y T en la suma del número de efectos considerados.

En el estudio de descomposición de las intensidades de emisión de gas y energía agregadas para la industria: un método refinado del índice de Divisia (Ang & Choi, 1997), se propuso una descomposición en 5 factores; en esta investigación se propone la descomposición en 5 factores determinantes como lo propone (Ang, 1999).

Luego de analizar la identidad de Kaya podemos reescribir el método.

$$C = \sum_{j=1}^k \sum_{r=1}^m C_{jr} = \sum_{j=1}^k \sum_{r=1}^m P \frac{Y_j E_j E_{jr} C_{jr}}{P Y_j E_j E_{jr}} \quad (1)$$

Donde C_{jr} es la emisión de CO₂ para el combustible r en el sector j, Y_j denota la producción industrial del sector j, P representa la población, E_j es el consumo total de energía del sector, G_j= Y_j/P_j recoge la producción per cápita, I_j= E_j/Y_j describe la intensidad energética, M_{jr}= E_{jr}/E_j representa el mix energético y U_{jr}= C_{jr}/E_{jr} denota el factor de carbonización.

Se establece que la descomposición se aplica a k sectores y m tipos de combustibles, para esta investigación se ha considerado a dos de los sectores más representativos del país en emisiones de CO₂, el sector transporte e industrial, incluyendo diferentes tipos de combustibles provenientes de energías de origen fósil r=5 y r=7, respectivamente. Además, para el sector industrial se considerará la electricidad como combustible adicional por su amplia participación en el sector.

Las emisiones anuales de CO₂ son expresadas en kilo toneladas (kt) de CO₂, la energía consumida por el uso de combustibles en barriles equivalentes de petróleo (BEP), el PIB per cápita para cada sector en análisis corresponde a miles de USD a precios constantes del 2007.

Los factores de emisión para esta investigación fueron tomados de los balances energéticos dispuestos por el Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables procedentes de los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (Eggleston, 2006).

A continuación, se detallan las ecuaciones que describirán la evaluación de cada uno de los factores.

La ecuación 7 se evalúa en función del tiempo de estudio, la misma corresponde a la función de peso

Tabla 1. Ecuaciones para la evaluación del Método de Índice de Divisia Media Logarítmica.

Descomposición aditiva	
$\Delta C_{\text{pop}} = \sum_{jr} W_{jr} \text{Ln} \left(\frac{P_j^T}{P_j^0} \right)$ (2)	$\Delta C_{\text{mix}} = \sum_{jr} W_{jr} \text{Ln} \left(\frac{M_{jr}^T}{M_{jr}^0} \right)$ (5)
$\Delta C_{\text{act}} = \sum_{jr} W_{jr} \text{Ln} \left(\frac{Q_j^T}{Q_j^0} \right)$ (3)	$\Delta C_{\text{carb}} = \sum_{jr} W_{jr} \text{Ln} \left(\frac{U_{jr}^T}{U_{jr}^0} \right)$ (6)
$\Delta C_{\text{int}} = \sum_{jr} W_{jr} \text{Ln} \left(\frac{I_j^T}{I_j^0} \right)$ (4)	$W_{jr} = \frac{C_{jr}^T - C_{jr}^0}{\text{Ln } C_{jr}^T - \text{Ln } C_{jr}^0}$ (7)

de tipo media logarítmica, es una función de pesos simétrica, esto permite que la descomposición sea exacta, ayuda cuando las variaciones de los datos en el periodo analizado sean drásticas (Fernandez, 2012).

Lmdi Aditivo

$$\Delta C_{\text{TOT}} = \Delta C_{\text{Pop}} + \Delta C_{\text{Act}} + \Delta C_{\text{Int}} + \Delta C_{\text{Mix}} + \Delta C_{\text{Carb}} \quad (8)$$

Mencionan (Merchan, 2018) que el método LMDI aditivo se utiliza para identificar las causas que influyen en el cambio del consumo de energía, presenta consistencia en la agregación, y cumple con el principio de distribución proporcional, ofrece una perfecta descomposición, lo cual permite conseguir el propósito de este trabajo de investigación que es determinar los factores que han descrito las emisiones de CO₂ del país durante el periodo de análisis.

Se evaluará mediante la expresión 8, como las emisiones de CO₂ se ven descritas por los factores, población, actividad económica, intensidad energética, mix energético e índice de carbonización. El factor población es importante porque influye en las emisiones de CO₂, al existir un mayor número de personas son necesarios más recursos, que de una u otra manera están vinculados con la energía y por consiguiente a las emisiones (Arroyo & Miguel, 2019).

El PIB per cápita, es el indicador que ayuda a la evaluación del factor actividad económica) esto indica el crecimiento económico de la población lo que está asociado con tasas rápidas de uso de recursos y producción de desechos, es importante porque se espera que el PIB per cápita ejerza un efecto positivo sobre las emisiones (Arroyo & Miguel, 2019)

La relación entre el consumo de energía y el PIB describen el factor intensidad energética , este se establece como un valor agregado que depende de varios factores entre los que interviene la estructura de los bienes y servicios. La intensidad energética es un indicador que se ve influenciado por el crecimiento de la industria y el comercio, la globalización y emprendimientos de programas de eficiencia energética (Arroyo & Miguel, 2019).

El mix energético () que resulta de la combinación de las fuentes de energía suministradas al país, evaluada debidamente en su porcentaje de contribución por cada tipo de combustible para cada sector. El factor índice de carbonización considera la relación de las

emisiones totales de CO₂ entre el consumo energético por año, este describe las emisiones de carbono por unidad de energía consumida.

Resultados y Discusión

Posterior al análisis de los sectores transporte e industrial empleando el método LMDI en su descomposición aditiva, se observa (fig. 1) que el sector con mayor incidencia en la variación de las emisiones totales de CO₂ en el país es el transporte, con una aportación de 10,35 Mt de CO₂ en el año 2019 con respecto al año 2000. Se explica que debido a la participación de combustibles de origen fósil este sector presenta la tendencia de aportar en grandes cantidades CO₂ a las emisiones totales. En el mismo gráfico se expresa que en el sector industrial hubo una reducción de 2,68 Mt de CO₂ en el año 2019 con respecto al año 2000 de las emisiones totales anuales del país, debido a la implementación de matrices energéticas de origen hídrico que permiten hacer uso de energía más limpia como la electricidad, lo cual ayudará en la mitigación del cambio climático.

Se analizó los factores determinantes (población, actividad económica, intensidad energética, mix energético e índice de carbonización) aplicando el método LMDI aditivo en el sector transporte en serie anual desde el 2000 a 2020. El factor mix energético, contribuyó de forma positiva a las emisiones totales de CO₂. Su partición alcanza su valor máximo en el periodo 2000 - 2020 con un equivalente de 59,99 kt CO₂ (Tabla 2), por otro lado, en el periodo 2000 - 2013 este mismo factor evitó la producción de 47,99 kt de CO₂. La misma tendencia se mantiene en el factor índice de carbonización, a partir del año 2008 se ha encargado de evitar la producción de emisiones de CO₂, en el año 2013 con respecto al año 2000, tuvo una reducción de 94,10 kt de CO₂, y su mayor aportación a las emisiones totales del país, se dio en el periodo 2004-2000, donde se contabilizaron 31,72 kt de CO₂ de aportación.

Los factores, población, PIB per cápita e intensidad energética, a lo largo del periodo de análisis en el sector transporte de manera general muestran contribuciones positivas a la producción de emisiones de CO₂, pues estos factores están ligados

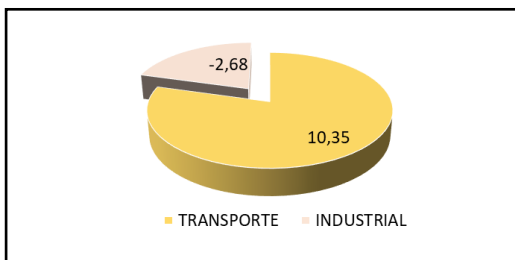


Figura 1. Descomposición aditiva del método LMDI para las variaciones de emisiones de CO₂ (Mt) en los sectores Transporte e Industrial del año 2019 con respecto al año 2000.

Tabla 2. Resultados de los factores de descomposición aditiva de emisiones de CO₂ (kt) en el sector transporte en serie anual desde 2000 a 2020.

AÑO	ΔCp	ΔCact	ΔCint	Δcmix	ΔCC	ΔCtot
2001	239,66	136,12	-13,27	7,86	7,66	378,02
2002	479,84	-14,60	346,12	1,62	0,71	813,68
2003	675,72	37,51	387,13	19,71	17,94	1138,00
2004	906,51	78,57	1166,54	36,41	31,72	2219,75
2005	1086,19	227,14	1679,88	28,75	24,32	3046,29
2006	1344,69	677,52	1941,91	20,97	16,97	4002,06
2007	1618,75	730,70	2584,46	13,09	9,09	4956,08
2008	1916,06	1229,70	2833,37	3,17	-0,89	5981,41
2009	2199,40	1865,82	2537,76	-8,38	-16,61	6577,99
2010	2486,18	1929,66	2725,01	-35,41	-49,93	7055,50
2011	2828,99	2539,25	3107,17	-31,29	-45,28	8396,84
2012	3095,30	3178,29	2568,33	-40,06	-51,01	8746,84
2013	3395,45	4439,13	1799,36	-47,99	-94,10	9491,85
2014	3407,96	4626,63	-667,48	-10,99	-36,56	7319,55
2015	3657,43	4158,56	-64,65	-32,24	-71,47	7647,63
2016	3904,09	3997,94	191,06	-31,90	-84,62	7976,57
2017	4246,90	4848,60	178,07	39,38	-59,16	9253,80
2018	4633,94	5399,54	458,23	36,36	-16,20	10513,87
2019	4822,92	5315,53	217,73	34,60	-38,29	10352,49
2020	4305,32	2467,54	-1213,12	59,99	-63,65	5556,09

al crecimiento y aumento en número de habitantes, aumento del PIB y mayor consumo energético debido al crecimiento de la población.

El método LMDI en su análisis de descomposición aditiva dirigida al sector industrial evidenció que el efecto del mix energético contribuyó en la reducción de las emisiones, seguido de los factores de intensidad de carbonización, intensidad energética, actividad económica y por último el factor poblacional. El factor mix energético tubo su mayor aporte a las emisiones totales de CO₂ en el periodo 2000-2005, con un valor de 299,32 kt de CO₂ (Tabla 3), este mismo factor evitó la contribución de 1543,67 kt de CO₂ en el periodo 2000-2019. El factor índice de carbonización mantuvo la misma tendencia, durante el periodo 2000-2005 generó el mayor aporte a las emisiones con 298,48 kt de CO₂ (Tabla 3), mientras que en el periodo 2000-2019 evitó la generación de 1500,49 kt de CO₂.

El factor intensidad energética de este sector presenta una tendencia de reducción a la generación de emisiones de CO₂ a lo largo de todo el periodo de análisis, este factor depende del consumo energético y el PIB, ambos presentan tendencia de crecimiento y se considera en este sector una mayor participación de energía eléctrica en comparación con energías de origen fósil, lo que explica la reducción en la producción de CO₂ por parte de este factor.

Los factores población y PIB per cápita, presentan tendencia de aportación a la producción de emisiones de CO₂ en general, estos factores dependen de los habitantes y PIB nacional, y se explica el aumento porque estos mantienen un alza a lo largo de los periodos de análisis.

Las variaciones de la emisión total de CO₂, a través del tiempo, ocurre principalmente por el aumento o disminución de los efectos en estudio. A partir del año 2007 logros en la reducción de pérdidas de energía y aumentos en la eficiencia del sistema de transmisión y distribución de diferentes tipos de energía, permiten que, a nivel nacional, el sector industrial tenga una reducción de las emisiones de CO₂ debido al factor intensidad energética. Esto indica que la intensidad energética contribuye favorablemente a la

Tabla 3

Resultados de los factores de descomposición aditiva de emisiones de CO₂ (kt) en el sector industrial en serie anual desde 2000 al 2020.

AÑO	ΔCp	Δ Cact	ΔCint	Δcmix	ΔCc	Δctot
2001	70,97	89,17	-301,26	9,25	9,30	-122,57
2002	144,28	102,38	-162,68	8,17	8,14	100,29
2003	194,78	147,85	-344,85	-67,49	-67,17	-136,89
2004	248,07	172,29	-274,96	-261,42	-260,85	-376,88
2005	297,99	341,10	-810,01	299,32	298,48	426,87
2006	347,27	428,55	-626,00	-151,57	-151,56	-153,31
2007	392,76	488,11	-1202,75	128,87	130,57	-62,44
2008	473,52	744,15	-1168,78	101,22	99,88	249,99
2009	566,71	673,68	-497,96	-142,97	-149,82	449,63
2010	639,50	794,09	-531,01	-183,57	-193,50	525,50
2011	709,82	948,62	-572,30	-251,08	-262,20	572,86
2012	792,22	1037,98	-436,66	-275,78	-296,83	820,93
2013	894,74	1258,73	-401,19	-145,10	-187,37	1419,80
2014	870,94	1192,68	-679,42	-569,74	-591,03	223,44
2015	955,63	1145,38	-400,16	-527,91	-573,04	599,90
2016	835,50	884,36	-973,62	-932,64	-924,91	-1111,31
2017	735,51	728,72	-1178,80	-1441,50	-1396,93	-2553,01
2018	816,50	787,94	-1157,99	-1335,15	-1300,21	-2188,91
2019	805,14	744,14	-1188,36	-1543,67	-1500,49	-2683,24
2020	955,64	576,69	-875,63	-1251,75	-1235,64	-1830,69

disminución de las emisiones en este sector (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2016).

La intensidad energética total del año 2020 cayó 4,9% en comparación con 2019 (Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables, 2020). De la misma manera, entre 2019 y 2020 la intensidad energética del sector transporte disminuyó 5,8%, mientras que las intensidades energéticas, industrial y residencial, aumentaron 4,8% y 11,5% respectivamente, esto debido a la pandemia que ocurrió a nivel mundial.

La oferta de electricidad del país para suplir la demanda representa un porcentaje elevado en la matriz energética, debido a que la inclusión de este tipo de energía ha aumentado con relación al año 2000 (Oscullo, 2017). Esto ha evidenciando que el servicio eléctrico del país abastece a más del 97% de la población, debido a la utilización de una matriz eléctrica compuesta por un 55,95% por generación hidráulica, 38,5% generación térmica con base en combustibles fósiles, 0,55% generación térmica en base a biomasa, 3,75% por fuentes de generación eólica - solar y 2,24% proveniente de las interconexiones eléctricas con Colombia y Perú.

Las toneladas de CO₂ emitidas al ambiente por el abastecimiento de la demanda eléctrica del país han disminuido a partir del año 2016, debido al incremento de la generación hidroeléctrica del país, el factor de emisión de CO₂ anual de la operación y funcionamiento del sistema Nacional Interconectado

(SNI) ha representado una disminución del 42%. Esto significa que a través de los años ha decrecido la producción de electricidad con base a tecnologías más amigables con el medio ambiente (Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables, 2020).

La figura 2 representa las emisiones de CO₂ aportadas durante los 20 años de análisis, estas muestran una tendencia al aumento, cabe mencionar que en el año 2020 debido a la pandemia generada por el SARS-CoV-2, las emisiones en los sectores objeto de análisis presentaron una disminución en el aporte a la producción de emisiones. En el sector del transporte las emisiones están estrechamente relacionadas a los factores: índice de carbonización, mix energético, intensidad energética, en general estos dependen de la cantidad de energía de origen fósil consumida.

A partir del año 2014, el factor actividad económica tiene una participación similar a los factores más determinantes de este sector, debido a la baja en el consumo energético de estos, porque a partir de ese año se implementó combustible más amigable con el medio ambiente. El factor población mantiene una tendencia de aumento en las emisiones, pero no es determinante en la producción total.

La figura 3 representa las emisiones de CO₂ aportadas durante los 20 años de análisis del sector industrial, podemos observar que los factores que contribuyeron a una mayor reducción de las emisiones fueron el índice de carbonización y mix energético. Estos

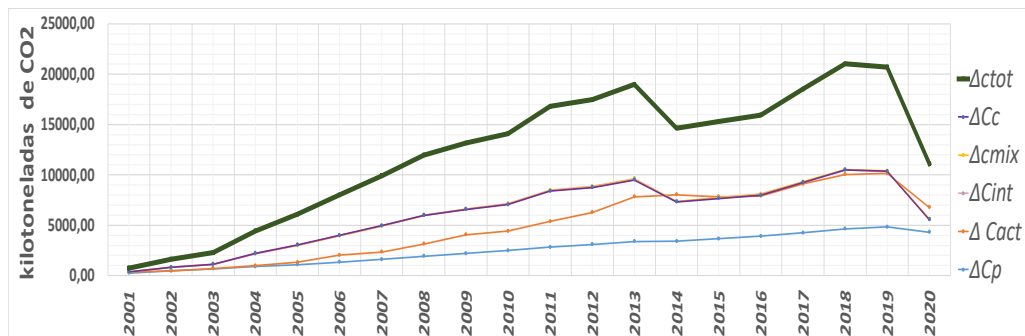


Figura 2. Comportamiento LMDI aditivo para el sector Transporte

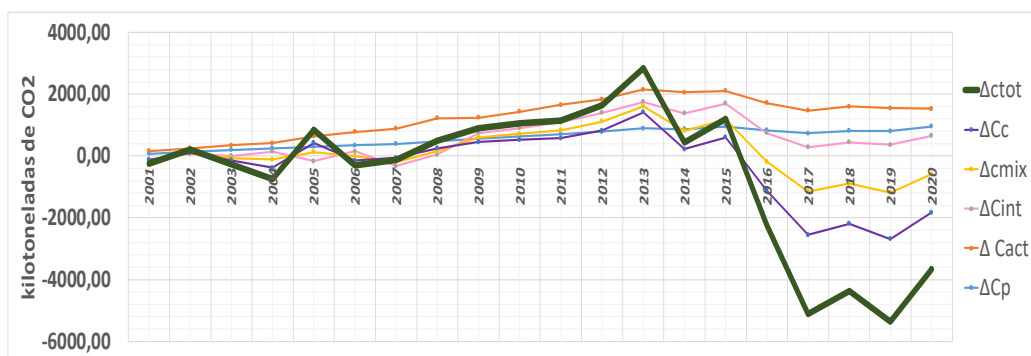


Figura 3. Comportamiento LMDI aditivo para el sector industrial.

factores junto con el de intensidad energética, están influenciados por la participación de energía de origen fósil. El factor poblacional y la actividad económica mantienen la tendencia de aportación al total de emisiones, pero estos no son determinantes.

Conclusiones

El estudio muestra en general que los factores más representativos en la variación de emisiones de CO₂ son el índice de carbonización y el mix energético. Estos se han determinado empleando una variación de la identidad Kaya, permitiendo conocer la variación de las emisiones de CO₂ y de manera desagregada el efecto de cada uno de los factores, utilizando la metodología LMDI en los sectores transporte e industrial en el Ecuador durante el periodo de estudio 2000 - 2020, los cuales están sujetos a realidades económicas, políticas y ambientales, junto a las nuevas tecnologías del país. Así mismo, otro factor con incidencia es la intensidad energética en la producción de emisiones, lo que indica que las energías de origen fósil son las causantes de gran parte de las emisiones totales de las cuales el país es responsable.

El método LMDI se utilizó en su descomposición aditiva para evidenciar como las emisiones totales de CO₂ se han comportado a lo largo de 20 años. En

general, las emisiones con respecto al año base han aumentado en el sector transporte 5,56 Mt y en el sector industrial han disminuido 1,83 Mt. Esto se ha producido debido a la implementación de energías más limpias y alternativas para ser partícipe del cuidado del medio ambiente, como por ejemplo la inclusión de electricidad para la producción industrial, la implementación de centrales hidroeléctricas que se traduce en aportar de manera positiva a la reducción de la producción de gases de efecto de invernadero.

El Ecuador, aunque no es responsable de un aporte significativo de GEI a nivel global, no escatima esfuerzos para contribuir en la reducción de emisiones, por lo que propone la primera contribución determinada (NDC) a nivel nacional en su participación en el *Acuerdo de París*. En la NDC establece que uno de sus principios es generar mecanismos de mejora constante de los resultados y actividades. Con este antecedente, la evaluación que se propone mediante este estudio utilizando el LMDI permitirá tener una estimación cuantitativa del comportamiento de las emisiones de los sectores transporte e industrial que son los principales consumidores de energía.

Recomendaciones

Los resultados evidenciados por la descomposición

aditiva, utilizando el método LMDI, muestran una alternativa segura para la evaluación del comportamiento de emisiones de CO₂. Se recomienda evaluar por la descomposición multiplicativa para obtener variaciones porcentuales, por lo que queda abierta a futuras investigaciones.

Es importante que para lograr los objetivos del país en materia de reducción de emisiones de CO₂, se debe incluir a la electricidad como una alternativa de energía con mayor participación en el sector transporte.

Bibliografía

- Ang, . (1999). Is the energy intensity a less useful indicator than the carbon factor in the study of climate change? *Energy Policy*, 27(15), 943-946, doi:10.1016/S0301-4215(99)00084-1.
- Ang, B., & Choi, K. (1997). Descomposition of aggregate energy and gas emission intensities for industry: a refined Divisia index method. *The Energy Journal*, 10(3), 59-73, doi:10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol18-No3-3.
- Arroyo, F. R., & Miguel, L. J. (2019). Análisis de la variación de las emisiones de CO₂ y posibles escenarios al 2030. *ESPACIOS*, 40(13), 1-18.
- Castesana, P., & Puliafito, S. (2013). Bottom-up abalysis of energy consumption and carbon emissions, with particular emphasis on human capital investment. *Low Carbon Economy*, 4, 1-13, doi: 10.4236/lce.2013.44A001.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe,. (2016). *Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de la República del Ecuador*. Santiago: Naciones Unidas.
- Díaz, A. (19 de Octubre de 2021). *Statista*. Obtenido de <https://es.statista.com/estadisticas/635894/emisiones-mundiales-de-dioxido-de-carbono/#statisticContainer>
- Eggleston, . (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. Japon: IGES. Obtenido de https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/1_Volume1/V1_0_Cover.pdf
- Fernández, P. (2012). *Técnicas de descomposición de variaciones basadas en índices de Divisia*. (Doctoral dissertation, Universidad de Oviedo), Oviedo. Retrieved from https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/15132/TD_PaulaFG.pdf;jsessionid=28629243E4397BF5B8FFBE9871EC1662?sequence=1
- Gómez, D., Namayanga, L., Watterson, J., Americano, B., Ha, C., Marland, G., . . . Treanton, K. (2006). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. Obtenido de https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf
- Gutiérrez, M., Medellín, P., Avila, A., Morales, J., & Chavira, M. (2019). Contribución de los subsectores manufactureros en la variación de las emisiones de CO₂ por el uso de combustible en San Luis Potosí, México. *Mexico. Acta Universitaria*, 29, 1-14, doi: 10.15174/au.2019.1920.
- Instituto de Investigación Geológico y Energético,. (2020). *Balance Energético Nacional 2019*. Quito.
- Juez, J. (2005). *Análisis y Evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero en la industria del petróleo*. (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica de Madrid). Obtenido de <https://oa.upm.es/278/1/05200511.pdf>
- Mai, L., Ran, Q., & Wu, H. (2020). A LMDI descomposition analysis of carbon dioxide emissions from the electric power sector in Northwest China. *Natural Resource Modeling*, 33(4), 1-23, doi: <https://doi.org/10.1111/nrm.12284>.
- Merchan, J. (Junio de 2018). *Factores clave del cambio en el*

- consumo de energía de España y su desacoplamiento con el crecimiento económico. Un análisis a nivel sectorial*. Master's thesis Universidad de Sevilla, Sevilla. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://core.ac.uk/download/pdf/227043666.pdf>
- Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos,. (2013). *Balance Energético Nacional 2012*. Quito.
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables,. (2020). *Balance energético Nacional*. Quito.
- Mousavi, B., López, N., Biona, J., Chiu, A., & Blesl, M. (2017). Driving Forces of Iran's CO₂ emissions from energy consumption: An LMDI descomposition approach. *Applied Energy*, 206, 804-814, doi: 10.1016/j.apenergy.2017.08.199.
- Oscullo, J. (2017). Evolución de las Emisiones de CO₂ Producido por el Parque Generador del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador. *Revista Técnica 2017 (13)*, 191 - 195, doi:10.37116/REVISTAENERGIA.V13.N1.2017.21.
- Robalino, A., & Anisencenko, Z. (2017). Ecological, economical and technological aspects of development. Decomposition analysis of energy consumption related to CO₂ emissions in Ecuador. in *ENVIRONMENT. TECHNOLOGIES. RESOURCES. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Vol 1*, 229-234, doi: 10.17770/etr2017vol1.2645.
- Rodríguez, J., Ruiz, M., & Meneses, A. (2020). Revisión de los factores de emisión en las metodologías de huella de carbono en Colombia. *ESPACIOS*, 41(47), 74-84, doi:10.48082/espacios-a20v41n47p06.

Estudio histológico de 10 especies nativas de Capparaceae, Bignoniaceae, Burseraceae y Primulaceae del bosque seco de la costa de Ecuador

Histological study of 10 native species of Capparaceae, Bignoniaceae,
Burseraceae and Primulaceae from the coastal dry forest of Ecuador

Kerlyn Lema¹ & Mónica Armas²

Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, Departamento de Botánica

Recibido 30 agosto 2022, aceptado 10 noviembre 2022, en línea 10 de diciembre 2022.

Resumen

Se describe la anatomía foliar y del peciolo de las siguientes 10 especies leñosas nativas del bosque seco deciduo estacional de la costa de Ecuador: *Capparidastrum frondosum*, *C. petiolare*, *Colicodendron scabridum*, *Cynophalla ecuadorica* y *C. heterophylla* (Capparaceae), *Handroanthus chrysanthus*, *H. billbergii* subsp. *ampla* y *Tecoma castaneifolia* (Bignoniaceae), *Bursera graveolens* (Burseraceae) y *Bonellia sprucei* (Primulaceae). El objetivo de este estudio es caracterizar sus tejidos fundamentales en hojas y peciolos para cada especie, y discutir sus diferencias histológicas. Las muestras fueron fijadas en FAA, posteriormente se realizaron cortes transversales a mano alzada, y se aclararon con hipoclorito de sodio al 5% para el estudio de la epidermis, se tiñó con safranina y azul de metileno; se prepararon placas para su observación y análisis. Las especies estudiadas presentaron: hojas dorsiventrales a excepción de *Handroanthus billbergii*; hojas hipostomáticas y drusas a nivel del mésofilo, como en *Bursera graveolens*; y tricomas de tipo simple, acicular, glandular, estrellado y ramificado. El peciolo de las especies estudiadas presenta: una cutícula gruesa, abundante parénquima cortical, haces colaterales dispuestos en forma de protostela o sifonostela, canales secretores, y abundantes drusas asociadas al floema.

Palabras claves: Anatomía foliar, haz colateral, peciolo, protostela, sifonostela.

Abstract

The foliar and petiole anatomy and of the following 10 native woody species that occur in the seasonally deciduous dry forest of coastal Ecuador is described: *Capparidastrum frondosum*, *C. petiolare*, *Colicodendron scabridum*, *Cynophalla ecuadorica* and *C. heterophylla* (Capparaceae), *Handroanthus chrysanthus*, *H. billbergii* subsp. *ampla* and *Tecoma castaneifolia* (Bignoniaceae), *Bursera graveolens* (Burseraceae), and *Bonellia sprucei* (Primulaceae). The aim of this study is characterizing the fundamental tissues of leaf blades and petioles for each species and discussing the histological differences among those. The samples were fixed in FAA solution, subsequently freehand cross-sections were made, those were rinsed in 5% sodium hypochlorite for the study of the epidermis and stained with safranin and methylene blue; plates were prepared for observation and analysis. The studied species exhibited the following traits: dorsiventral leaf blades, except for *Handroanthus billbergii*; hypostomatic leaves and drusen at the leaf mesophyll as in *Bursera graveolens*; trichomes simple, acicular, glandular, stellate and branched. The petiole of studied species reveal: a thick cuticle, abundant cortical parenchyma, collateral bundles arranged in the form of protostele or siphonostele, secretory channels and abundant drusen associated with the phloem.

Key words: Adaxial vascular bundle, foliar anatomy, petiole, protostele, siphonostele.

Introducción

Los bosques secos (BS) representan ecosistemas biológicamente importantes por su flora endémica y

porque el 75% de sus especies son caducifolias, esto significa que pierden estacionalmente sus hojas y las vuelven a recuperar en la época lluviosa (Sánchez, Kvist, & Aguirre, 2006). No obstante, los BS han ido fragmentándose por prácticas agropecuarias

* Correspondencia del autor:

E-mail: monica.armass@ug.edu.ec



Esta obra está bajo una licencia de creative commons: atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.

(ganadería, agricultura) y forestales (extracción de madera), que ha provocado la pérdida parcial de la diversidad, quedando remanentes aislados que albergan especies amenazadas y en estado crítico de conservación (Villacis Rivas, y otros, 2015).

Los BS se encuentran ubicados en dos áreas, una a lo largo de la costa o litoral (Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, y Guayas) y otra en las estribaciones occidentales de los Andes (El Oro y Loja), estas constituyen el bosque seco deciduo del Pacífico Ecuatorial. Esta bioregión presenta una marcada estacionalidad con dos periodos diferenciados, uno seco entre mayo a noviembre y otro lluvioso de diciembre a abril (Aguirre, Kvist, & Sánchez, 2006).

En la composición de estos bosques es común encontrar familias como Capparaceae, Bignoniaceae, Burseraceae, y Primulaceae, que han desarrollado adaptaciones fisiológicas para sobrevivir en ambientes con poca humedad (Aguirre Z. , 2020). Capparaceae es una familia de arbustos y árboles pertenecientes al orden Brassicales que suelen dominar los bosques caducifolios, comprenden aproximadamente 45 géneros y 800 especies distribuidas en regiones tropicales y subtropicales (Cardinal-McTeague, 2016).

Capparis L. (Capparaceae) es un género restringido al Viejo Mundo, en el Nuevo Mundo sus especies tuvieron que ser reclasificadas en otros géneros nativos, entre los que se destacan *Capparidastrium*, *Colicodendron* y *Cynophalla* entre otros (Cornejo & Iltis, 2008; Aguirre De la Hoz & Ruiz- Zapata, 2017).

Bignoniaceae es una familia perteneciente al orden Lamiales, comprende árboles, arbustos y lianas, se distribuyen en todo el mundo en países tropicales y subtropicales; algunas de estas especies son usadas con fines ornamentales por sus flores vistosas en forma de campana o embudo, son considerados un atractivo turístico, *Tecoma*, *Tabebuia*, *Handroanthus*, *Bignonia* y *Jacaranda* son algunos de los géneros más conocidos de esta familia (El-Hawary et al., 2021).

Un estudio filogenético molecular (Olmstead et al., 2009) ha transferido algunas especies del género *Tabebuia* a *Handroanthus*, y ha propuesto una nueva clasificación, tomando el indumento como uno de los caracteres de diferenciación. Algunas de las especies de estos géneros han sido usadas en la medicina tradicional en el tratamiento de varias enfermedades como la malaria, infecciones cutáneas, sífilis, infecciones fúngicas y bacterianas (Zapater et al., 2009).

Burseraceae es una familia que pertenece al orden Sapindales, esta abarca 20 géneros y más de 600 especies, adaptadas a las regiones tropicales, con mayor diversidad en América (Rodríguez- Godínez & Almazán- Núñez, 2015). Entre los géneros más sobresalientes se encuentra *Bursera*, con árboles y arbustos caducifolios, sus hojas compuestas alternas, con flores generalmente axilares o terminales, solitarias o agrupadas, fruto en forma de cápsula o drupa (Cerdeña-Lemus, 2011). Algunas de estas especies

de Burseraceae son utilizadas para la elaboración de artesanías y la extracción de aceites esenciales, también presentan actividades antibacterianas, antidiarreicas y espasmolíticas (Sánchez-Recillas et al., 2020).

Primulaceae es una familia de hierbas, árboles y arbustos con distribución pantropical también conocida como las primulas, del orden Ericales, se compone de unos 23 a 30 géneros y c. 1.000 especies (de Luna et al., 2017). La mayoría son herbáceas, con hojas enteras o divididas, simples, alternas, opuestas o verticiladas, y a veces basales; las flores son bisexuales, actinomorfas, solitarias o dispuestas en racimos, capitadas, umbeladas y corimbosas o paniculadas, tallos decumbentes o erectos y el fruto es una cápsula, drupa o baya (Xu & Chang, 2017).

La histología o más conocida como anatomía foliar describe los tejidos de las plantas como cutícula, epidermis abaxial y adaxial, mesófilo, parénquima, haces vasculares.

El parénquima en el cuerpo primario de las plantas está dispuesto, como una masa continua de células con paredes delgadas que difieren según su morfología y metabolismo, por lo general se lo puede encontrar en diferentes partes como: el mesófilo de las hojas, la pulpa de los frutos, peciolas, la corteza de tallos y raíces (Esau, 1965). Dentro de las plantas, el parénquima tiene funciones primordiales como la regeneración y la cicatrización de heridas, así también como la fotosíntesis, el almacenamiento, la secreción y el transporte (Pruyn & Spicer, 2012).

Los tallos, raíces y hojas de las plantas presentan vasos conductores especializados como el xilema y floema. El xilema es el que transporta agua y nutrientes desde el suelo hasta los tallos y hojas, útil para la fotosíntesis, al mismo tiempo que proporciona soporte mecánico y almacenamiento de carbohidratos y minerales para la cicatrización de heridas. En cambio, el floema transporta compuestos orgánicos fotosintéticos desde las hojas hacia las partes bajas de la planta; uno de los productos transportados es la sacarosa (Myburg, Lev-Yadun, & Sederoff, 2012).

En estudios realizados por Gonzales (2013) se presenta información del estudio comparativo de la anatomía foliar de 50 especies de Bignoniaceae que crecen en Argentina donde se evaluaron las siguientes variables, en los que se destacan posición y estructura anatómica de los nectarios extraflorales, complemento tricómico, número de capas de la epidermis, tipo de mesófilo y la composición del margen de la hoja. Estos resultados son útiles en la identificación entre especies porque proporcionan un análisis completo de los caracteres foliares más sobresalientes de la familia.

Varios estudios en nuestro país se han enfocado en describir morfológica y molecularmente estas especies con fines taxonómicos, otros trabajos en cambio a caracterizar ciertos metabolitos secundarios, principalmente flavonoides y alcaloides

con intereses farmacológicos y agrícolas. Sin embargo, a pesar del número representativo de especies que comprenden estas familias en el país, las investigaciones orientadas a describir su histología son ausentes. El objetivo de este trabajo es caracterizar mediante un estudio histológico comparativo las partes vegetativas de especies pertenecientes a los géneros *Capparidastrum*, *Colicodendron*, *Cynophalla* (Capparaceae), *Handroanthus*, *Tecoma* (Bignoniaceae), *Bursera* (Burseraceae) y *Bonellia* (Primulaceae), presentes en la costa de Ecuador.

Materiales y Métodos

Área de estudio

Este trabajo se realizó en el Laboratorio de Microscopía de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil, Campus Mapasingue, ubicado en la Av. Raúl Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanca Marengo, (Latitud: -2.14691, Longitud: -79.91701) Guayaquil - Ecuador, en los meses de diciembre 2021 y enero 2022 (Fig. 1).

Material vegetal

Se colectaron las ramas con hojas maduras de diez especies leñosas nativas (tabla 1), estas fueron transportadas al Laboratorio de Microscopía de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil, donde se procedió a lavarlas con agua destilada para retirar las impurezas. El material se procesó de acuerdo a la metodología de Johansen (1940), modificada de acuerdo a la disponibilidad de recursos; de cada especie se analizaron 10 hojas con sus respectivos peciolo.

Las muestras fueron fijadas en solución FAA (alcohol 70°, ácido acético y formol, 90:5:5) por 20 minutos y posteriormente se realizaron cortes transversales en la zona media a mano alzada y se aclararon con hipoclorito de sodio al 5% para el estudio de la epidermis, luego se tiñeron con dos colorantes, safranina al 1% y azul de metileno por 2 minutos y se retiró el exceso con agua destilada para ser montadas en placas portaobjeto con una gota de glicerina líquida para mejorar el índice de refracción.

Se realizaron las observaciones con un microscopio Motic BA210E y para las mediciones se utilizó un microscopio Leica DM750, en el cual se colocó una reglilla micrométrica dentro de un ocular con objetivos de 10X y 40 X. Con una cámara digital de celular se tomaron las imágenes para su interpretación y análisis.

Se determinó ciertas variables cualitativas como: tipo de células epidérmicas (estomas y tricomas), disposición del mesófilo, y variables cuantitativas como grosor (cutícula + epidermis + mesófilo), el espesor del parénquima de empalizada y esponjoso, también se calculó la relación parénquima en empalizada / parénquima esponjoso (P.emp./P.esp.). Se midieron los diámetros de los peciolo. La descripción de cada una de las variables fue de acuerdo a Esau (1972) y Alonso Peña (2011).

Análisis de datos y estadísticos

Se efectuaron diez mediciones por cada especie descrita, en total fueron diez especies pertenecientes a cuatro familias (tabla 1). Los promedios obtenidos se insertaron en un programa estadístico llamado

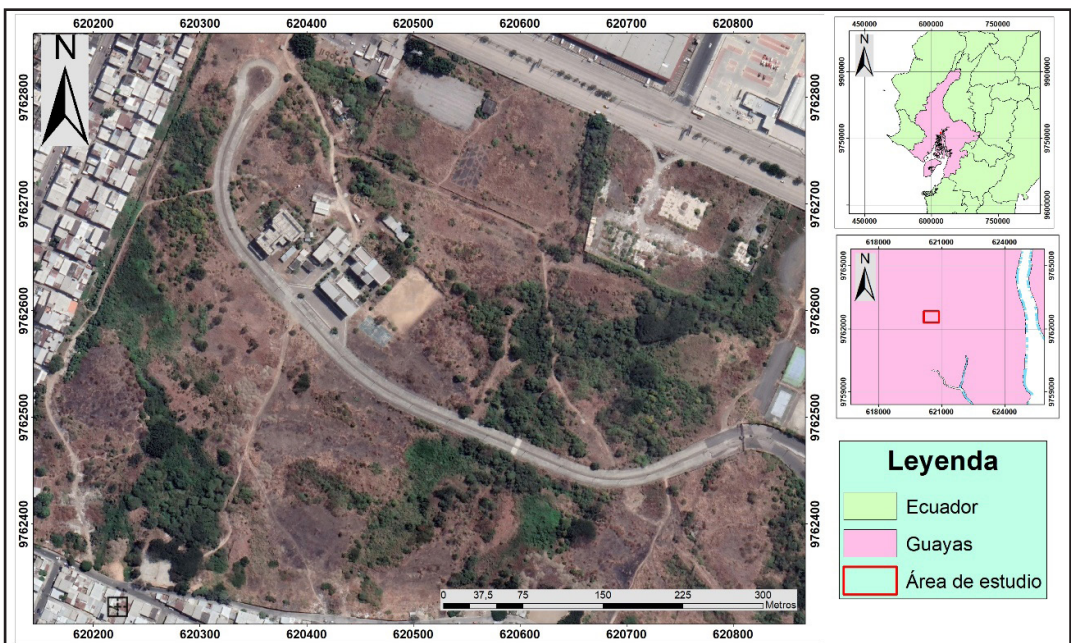


Figura 1. Ubicación del Bosque Mapasingue - Guayaquil.

GraphPad Prims 9.3.0, donde se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un índice de confiabilidad del 95% y una prueba de Tuckey, en el caso de existir diferencias significativas entre las familias.

Resultados

En la tabla 1 se registran los caracteres foliares correspondientes a la epidermis, tricomas, estomas y mesófilo de diez especies del bosque seco en el campus Mapasingue.

Descripción de las diferencias histológicas en hojas y pecíolos.

Hojas

En sección transversal la muestra de *Tecoma castaneifolia* presentó una epidermis adaxial con una capa de células grandes y redondeadas, con una cutícula gruesa y tricomas glandulares hundidos en la epidermis. A continuación, el mesófilo presentó una estructura dorsiventral y un estrato paraveinal que está formado por una capa de grandes células isodiamétricas insertadas entre el parénquima en empalizada y lagunoso. En medio del mesófilo se observaron haces vasculares con disposición Kranz, en el caso de la epidermis abaxial una capa de células

pequeñas, con cutícula evidente, presencia de estomas y más tricomas glandulares (Fig. 2A).

Capparidastrum petiolare presenta una cutícula delgada y una epidermis uniestratificada con paredes gruesas, tricomas pluricelulares alargados simples seguido de un parénquima empalizada con dos estratos de células alargadas y un parénquima esponjoso con espacios intercelulares y abundantes cloroplastos, en cuanto al haz vascular tiene forma de gota de agua rodeado de fibras de esclerénquima, seguido de hileras de tejido colenquimático en la parte superior e inferior, conectando ambas epidermis. Presenta estomas solo en la parte abaxial, por lo que se considera hipostomática y un tipo de hoja dorsiventral (Fig. 2B).

Capparidastrum frondosum presenta una epidermis con un solo estrato de células de paredes gruesas y redondeadas, un mesófilo dorsiventral, en medio de ambos parénquimas están distribuidos los haces vasculares, rodeado de fibras de esclerénquima que encierran al xilema y al floema con una disposición Kranz, los estomas en la epidermis abaxial son de tipo hipostomático, no presenta tricomas (Fig. 2C).

Cynophalla heterophylla presenta una cutícula irregular y un mesófilo dorsiventral, con un parénquima

Tabla 1. Anatomía Foliar de las Hojas. U: uniestratificado. P: pluriestratificado. E: estriada. L: lisa. H: hipostomática. P/EST: pluricelular estrellado. P/GL: pluricelular glandular. P/A.S: pluricelular alargado simple. P/RA: pluricelular ramificado. D: dorsiventral. I: isobilateral. CN: células numerosas. CE: células escasas.

Anatomía foliar de las hojas							
Especie	Epidermis		Estomas	Tricomas		Mesófilo	
	Tipo de estratos	Cutícula	Posición	Tipo de Tricoma	Mesófilo	Empalizada	Esponjoso
<i>Capparidastrum petiolare</i>	U	L	H	P/A.S	D	2	CN
<i>Capparidastrum frondosum</i>	U	L	H	-	D	2	CN
<i>Colicodendron scabridum</i>	U	E	H	P/EST	D	1-2	CN
<i>Cynophalla heterophylla</i>	U	L	H	P/A.S	D	1	CN
<i>Cynophalla ecuadorica</i>	U	L	H	-	D	2-3	CN
<i>Handroanthus chysanthus</i>	U	E	H	P	D	1-2	CN
<i>Handroanthus billbergii</i> subsp. <i>ampla</i>	P	E	H	P/GL	I	4	CE
<i>Tecoma castaneifolia</i>	U	E	H	P/GL	D	2	CN
<i>Bursera graveolens</i>	U	E	H	P/A.S	D	1	CN
<i>Bonellia sprucei</i>	U	L	H	P/RA	D	2-3	CN

de empalizada de un solo estrato de células alargadas y un parénquima esponjoso con abundantes cloroplastos y espacios intercelulares grandes, los vasos conductores en la nervadura asemejan a la forma de una telaraña, alrededor se puede apreciar las fibras perivasculares del esclerénquima, por debajo cinco estratos de células de tejido colenquimático de tipo anular. La disposición es hipostomática con tricomas pluricelulares alargados en la región abaxial (Fig. 2D). *Cynophalla ecuadorica* consta de una epidermis uniestratificada y un mesófilo de tipo dorsiventral, en lo que se refiere al parénquima de empalizada varía de 2 a 3 estratos de células cilíndricas y alargadas. Cada haz vascular exhibe una anatomía foliar de tipo Kranz ya que entorno al haz vascular se dispone una vaina perivascular de esclerénquima, hacia la zona abaxial las células son más pequeñas, no presenta tricomas (Fig. 2E).

Colicodendron scabridum, al ser una especie pubescente, tanto en el haz como el envés se evidenciaron tricomas unicelulares estrellados, y una epidermis uniestratificada con un mesófilo dorsiventral, se observaron gran cantidad de cloroplastos en el parénquima de empalizada y esponjoso (Fig. 2F).

Handroanthus billbergii subsp. *ampla* presentó una cutícula lisa y una epidermis adaxial y abaxial pluriestratificada, en algunos segmentos la epidermis abaxial se convertía en un solo estrato, especialmente en el sitio de inserción de los tricomas, que son de tipo glandular, un mesófilo isobilateral, con parénquima en empalizada en ambas caras, el ubicado en la cara adaxial es de mayor proporción que el situado hacia la cara abaxial; también se visualiza un estrato paraveinal que se caracteriza por presentar una capa media de células de diferentes formas que conectan a los haces vasculares, la disposición de estomas es de tipo hipostomática (Fig. 2G).

En *Handroanthus chrysanthus*, la epidermis es uniestrata con tricomas glandulares y un mesófilo dorsiventral, el parénquima en empalizada está constituido por dos capas de células alargadas dispuestas anticlinalmente con respecto a la epidermis, en la epidermis abaxial se distinguen cámaras estomáticas lo que se considera como hipostomática (Fig. 2H).

En cambio, *Bursera graveolens* presenta una cutícula lisa, con la epidermis uniestratificada, se puede observar dos tipos de tricomas, uno pluricelular alargado simple en la epidermis adaxial y otro glandular con cabeza pluricelular en la epidermis abaxial; el mesófilo es de tipo dorsiventral, donde se distinguen un parénquima de empalizada de un solo estrato y un esponjoso con espacios intercelulares, se encontraron abundantes drusas por debajo de la epidermis y el mesófilo; hacia el lado abaxial se visualizan cámaras estomáticas considerándose como hipostomática (Fig. 2I).

Bonellia sprucei presenta cutícula estriada, con una epidermis adaxial uniestratificada, por debajo de la misma se distribuyen fibras de esclerénquima de manera continua, luego se encuentra el mesófilo de tipo dorsiventral, el parénquima de empalizada está en menor proporción que el parénquima esponjoso, en la epidermis abaxial es diferente, las fibras de esclerénquima se encuentran muy aisladas en pequeños grupos. Se puede notar la presencia de tricomas pluricelulares ramificados en ambas caras de la epidermis, y una disposición de estomas hipostomática (Fig. 2J).

Peciolos

El peciolo en corte transversal de *Capparidastrum petiolare* evidenció una epidermis uniestrata de células pequeñas, alrededor de la periferia abundantes tricomas aciculados; por debajo tres capas de colénquima anular y parénquima cortical, las cuales limitan con un grupo de fibras perivasculares de esclerénquima en forma de semiluna que rodean al tejido conductor. El xilema y el floema se presentan como un haz colateral abierto y en el centro el parénquima medular, lo que se considera según su disposición como una sifonostela (Fig. 3A).

La forma del peciolo de *Capparidastrum frondosum* es similar a la de *C. petiolare* en algunos aspectos, pero no en todos, debido a que presenta una epidermis uniestratificada, pero tiene una sola capa de colénquima anular, ya que después se puede ver dos capas de esclerénquima, a continuación 4 estratos de parénquima cortical con abundantes cloroplastos. Alrededor de los radios del xilema y del periciclo del floema están las fibras perivasculares de esclerénquima en forma de semilunas unidas, y en el centro está el parénquima medular, también se considera una sifonostela (Fig. 3B).

En los peciolos de *Cynophalla heterophylla* y *C. ecuadorica* se observaron muchas similitudes, una epidermis uniestratificada con tricomas unicelulares simples en forma de papila y una amplia región de parénquima cortical, según la distribución de los haces vasculares se observó que es una protostela. Rodeando los haces se encuentra una franja continua de fibras perivasculares de esclerénquima, y por debajo del periciclo del floema están presentes los radios medulares del xilema, está ausente el parénquima medular, en su remplazo tiene más fibras de esclerénquima que en *C. heterophylla* tienen forma estrellada (Fig. 3C); y en *C. ecuadorica* forma de C (Fig. 3D).

Por otra parte, *Colicodendron scabridum*, a nivel de la epidermis uniestrata se encuentran tricomas estrellados con distribución pelosa al 100%, a continuación se encuentra una región de parénquima cortical amplia, algo diferente de esta especie es que en el centro del peciolo se encontró una proporción de fibras de esclerénquima y parénquima alternadas entre sí, en la base de los radios del xilema y encima del periciclo del floema también había más fibras

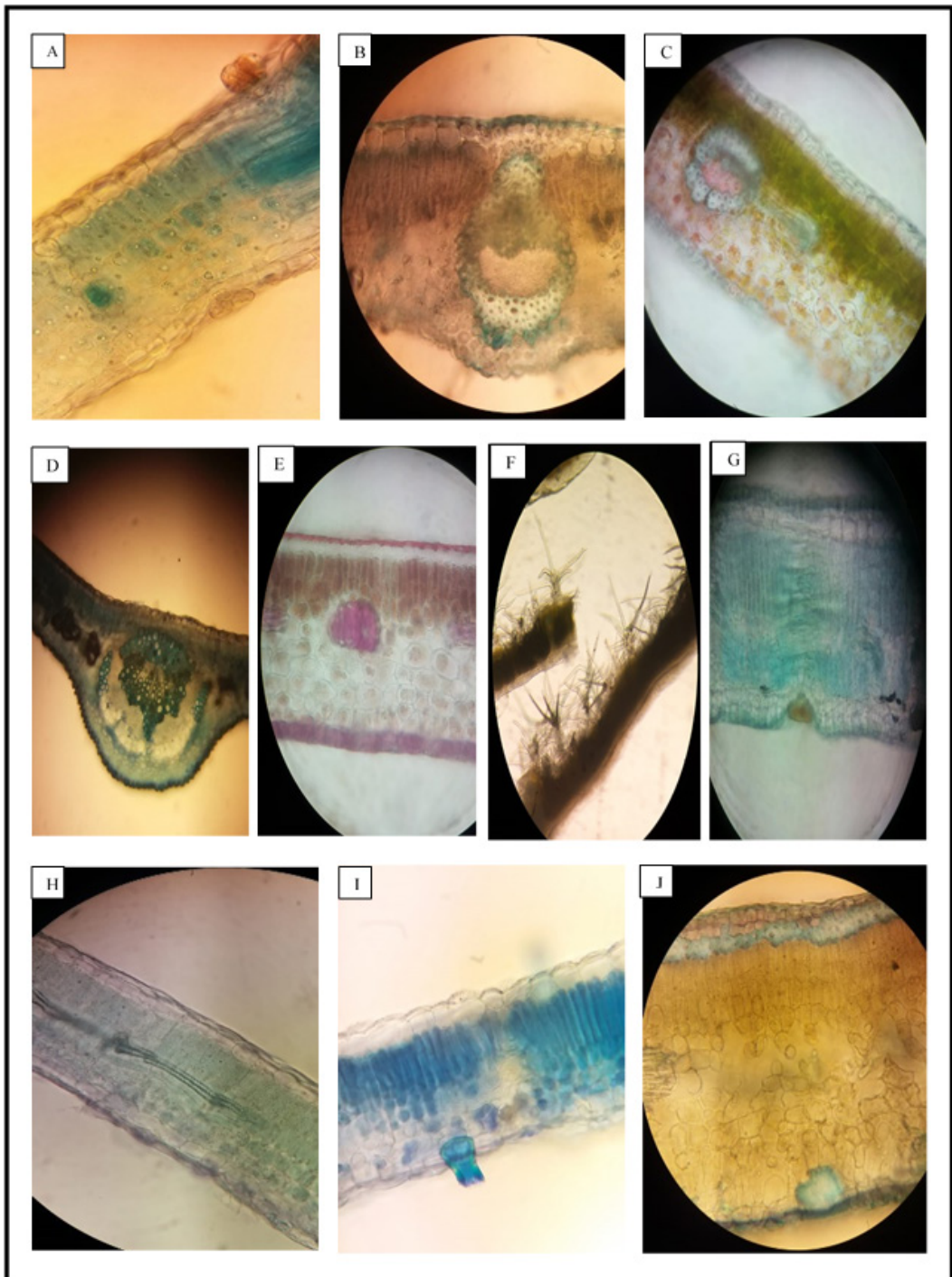


Figura 2. Epidermis en transcorte de hoja. A: *Tecoma castaneifolia*. B: *Capparidastrum petiolare*. C: *Capparidastrum frondosum*. D: *Cynophalla heterophylla*. E: *Cynophalla ecuadorica*. F: *Colicodendron scabridum*. G: *Handroanthus billbergii* subsp. *ampla*. H: *Handroanthus chrysanthus*. I: *Bursera graveolens*. J: *Bonellia sprucei*. Objetivo: 40X; A-J.

perivasculares de esclerénquima, separadas en pequeñas masas casi redondeadas (Figura 3. E).

En *Handroanthus billbergii* subsp. *ampla*, el peciolo tiene forma redonda con dos costillas en la parte superior y una cutícula un poco irregular donde se distribuyen dos tipos de tricomas unicelulares, uno glandular y el otro acicular, por debajo se encuentran

los siguientes tejidos, colénquima anular, parénquima cortical. Superior al periciclo del floema se encontró fibras de esclerénquima en forma de semilunas separadas una de la otra, acompañando a los radios vasculares de xilema y floema, en el centro el parénquima medular (Fig. 3F).

El peciolo de *Tecoma castaneifolia* tiene una

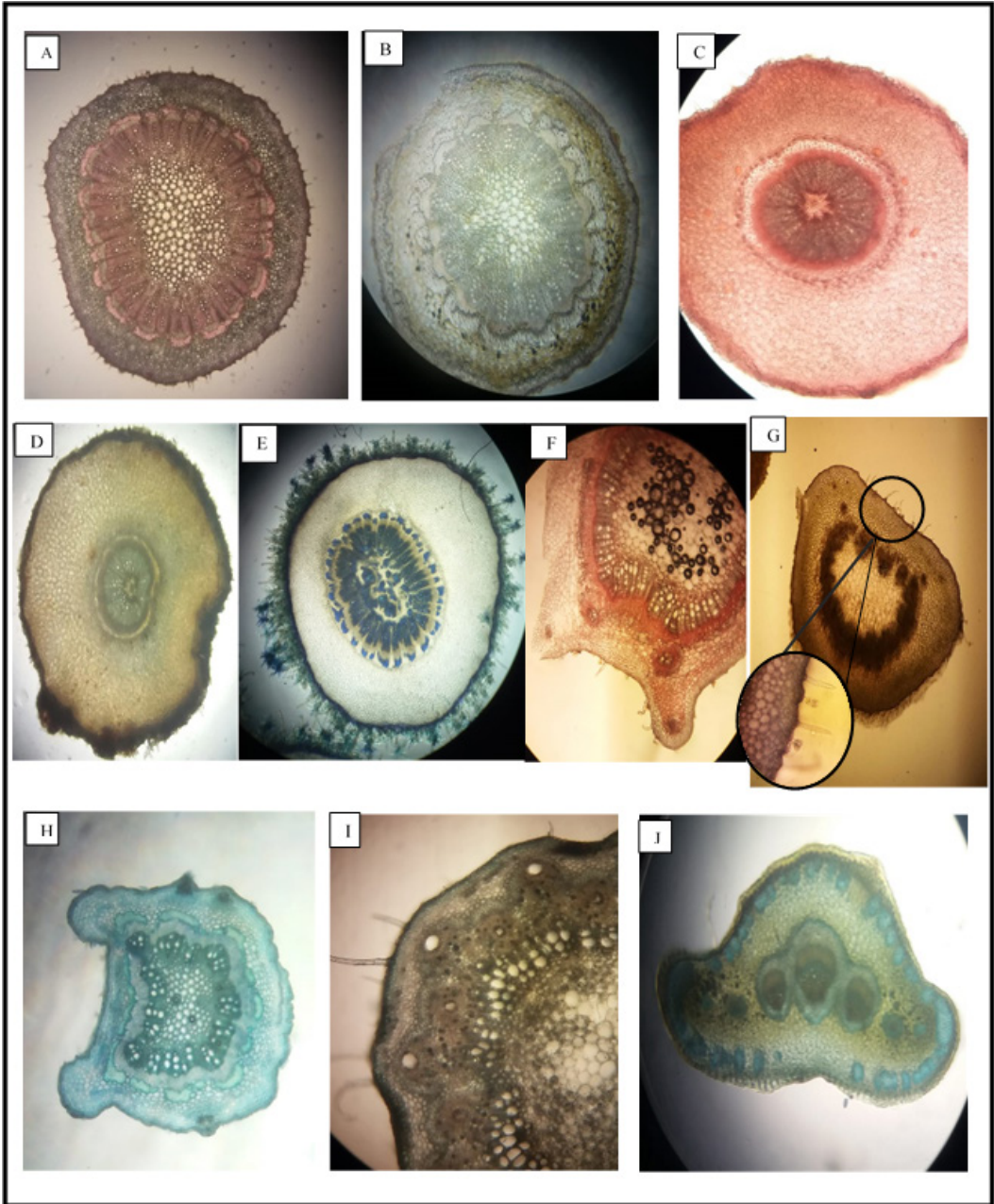


Figura 3. Corte transversal de los peciolos. A: *Capparidastrum petiolare*. B: *Capparidastrum frondosum*. C: *Cynophalla heterophylla*. D: *Cynophalla ecuadorica*. E: *Colicodendron scabridum*. F: *Tecoma castaneifolia*. G: *Handroanthus chrysanthus*. H: *Handroanthus billbergii* subsp. *ampla*. I: *Bursera graveolens*. J: *Bonellia sprucei*. Objetivo: 10X y 40X.

epidermis uniestratificada que presenta dos tipos de tricomas, uno glandular y otro pluricelular simple, el colénquima anular está presente en las dos costillas seguido del parénquima cortical. Se hallaron fibras de esclerénquima separadas en pequeños círculos una de la otra sobre los haces vasculares. Según la disposición del sistema vascular es de tipo sifonostela debido a que el floema rodea al xilema y presenta un parénquima medular (Fig. 3G).

A diferencia *Handroanthus chrysanthus* presenta el peciolo en forma de un semicírculo, donde la cutícula no es tan lisa y la epidermis es uniestratificada, en la periferia se observó 3 tipos de tricomas diferentes, siendo estos, filiforme, glandular bulboso y peltado, debajo se diferencia un estrato de colénquima anular, los radios vasculares están dispuestos en forma de una semiluna, seguido del parénquima medular (Fig. 3H).

En cambio, en *Bursera graveolens*, la cutícula es gruesa y la epidermis es uniestratificada, donde se diferencian abundantes tricomas pluricelulares simples alargados, 4 estratos de colénquima anular, por debajo se apreció 3 capas de parénquima cortical. Los canales secretores se presentaron asociados al floema y están rodeados por una vaina de fibras de esclerénquima continua, además se evidenció la presencia de abundantes drusas en el tejido floemático, la zona medular está constituida por parénquima de células redondeadas, de paredes delgadas y con abundantes cloroplastos (Fig. 3I).

La forma del peciolo de *Bonellia sprucei* es parecida a un sombrero con cutícula delgada y una epidermis uniestratificada por debajo se encuentran pequeños grupos aislados de esclerénquima, y una región de parénquima cortical, en el centro se encuentran tres haces vasculares unidos con forma de gota, rodeados entre sí por más fibras de esclerénquima, uno grande en centro y dos pequeños a cada lado (Fig. 3J).

Comparación de las estructuras anatómicas entre hojas y peciolos de las 10 especies leñosas estudiadas. Se compara la estructura anatómica entre las hojas y peciolos de cada una de las familias estudiadas (Tabla 2), el grosor de la hoja varió de 87,63 μm en Bignoniaceae hasta 41,50 μm en Primulaceae. El menor espesor del parénquima empalizada se

encontró en Primulaceae y el mayor espesor del parénquima esponjoso en Capparaceae. El mayor diámetro peciolar se encontró en Capparaceae y el menor en Primulaceae.

Grosor de las hojas

El valor máximo de 90,60 μm a 93,70 μm lo presentan las Bignoniaceae y Capparaceae valores mínimos de 38,00 μm a 40,00 μm las Primulaceae y Burseraceae. El mayor grosor promedio se presentó en las Bignoniaceae con 87,63 \pm 4,762 y el menor grosor en Primulaceae con 41,50 \pm 2,121. Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas en los IC_{95%} de Capparaceae con Bignoniaceae y Burseraceae con Primulaceae, pero en el resto si evidenciaron diferencias (Fig. 4).

Relación Parénquima empalizada/Parénquima esponjoso

Los resultados indican que hay una mayor relación entre el Parénquima empalizada y P. esponjoso en las Bignoniaceae, esto puede ser porque *Handroanthus billbergii* presentó un mayor desarrollo del parénquima de empalizada sobre el esponjoso de 1.13 μm por ser una hoja isobilateral, seguido de Burseraceae con 0.64 μm , que se encontraron en zonas abiertas, mientras que las Primulaceae y las Capparaceae tienen un menor relación de 0.54 y 0.52 μm de este tejido por su ubicación, posiblemente porque estaban bajo sombra, considerando que tres de estas especies eran pequeñas porque las habían plantado y se encontraban alrededor de los jardines de la facultad, estas especies fueron *Capparidastum petiolare*, *Cynophalla heterophylla* y *Bonellia sprucei*.

Espesor del Parénquima Empalizada

Con un intervalo de confianza al 95%, el menor valor promedio fue de 11,00 \pm 1,633 para *Bonellia sprucei* (Primulaceae), seguido de 13,80 \pm 1,398 de *Bursera graveolens* (Burseraceae), el mayor valor promedio es de 32,45 \pm 2,155 para la familia de las Bignoniaceae y 23,95 \pm 0,9958 para Capaparaceae. Se puede observar que existen diferencias significativas en todas las familias (Fig. 5).

Espesor del Parénquima esponjoso

El espesor máximo oscila entre 48,80 μm para Capparaceae y 35,00 μm para Bignoniaceae, el espesor

Tabla 2. Análisis anatómico cuantitativo de las medias y desviación estándar de las familias estudiadas.

Familias	Grosor de La hoja (μm)	Espesor del Parénquima Empalizada (μm)	Espesor del Parénquima Esponjoso (μm)	Diámetro del Peciolo (μm)
Capparaceae	87,22 \pm 2,352	23,95 \pm 0,9958	44,30 \pm 2,447	189,1 \pm 5,199
Burseraceae	45,10 \pm 2,998	13,80 \pm 1,398	21,60 \pm 1,713	162,5 \pm 13,89
Primulaceae	41,50 \pm 2,121	11,00 \pm 1,633	21,10 \pm 1,101	88,50 \pm 9,083
Bignoniaceae	87,63 \pm 4,762	32,45 \pm 2,155	28,71 \pm 3,499	132,3 \pm 2,218

Tabla 3. Relación del Parénquima Empalizada/ Parénquima Esponjoso en las familias estudiadas.

	Capparaceae	Burseraceae	Primulaceae	Bignoniaceae
Parénquima Empalizada	23,95 μm	13,80 μm	11,00 μm	32,45 μm
Parénquima Esponjoso	44,30 μm	21,60 μm	21,10 μm	28,71 μm
Relación de ambas	0.54	0.64	0.52	1.13

mínimo lo registran Primulaceae y Burseraceae con 20,00 μm . Se determinó que, de acuerdo a los promedios del parénquima esponjoso sí existen diferencias significativas, excepto para Burseraceae con Primulaceae (Fig. 6).

Peciolos

El mayor promedio de peciolos para la familia Capparaceae es de 189,1 \pm 5,199 μm y el menor de 88,50 \pm 9,083 μm para Primulaceae, esto puede estar asociado a que son hojas pequeñas y de hábito herbáceo. El diámetro máximo lo registra Capparaceae con 197,6 μm seguido de Burseraceae 180,0 μm , luego 136,0 μm de Binogniaceae y 110,0 μm de Primulaceae. Todas las familias presentan diferencias significativas (Fig.7).

Discusión

Las especies estudiadas presentaron caracteres epidérmicos relacionados con ambientes xerofíticos, tales como grosor de la hoja y cutícula, espesor del parénquima en empalizada, abundantes tricomas y estomas, lo que concuerda con Delbón (2010) quien afirma que estas características son estrategias que las plantas usan para evitar la pérdida de agua en ambientes o en épocas secas.

La mayoría de las especies estudiadas presentaron abundantes tricomas en la epidermis adaxial y abaxial como *Tecoma castaneifolia*, *Bursera graveolens*, *Handroanthus billbergii* subsp. *ampla* y *Bonellia sprucei* presenta solo en el lado abaxial como *Cynophalla heterophylla*. Los tricomas presentan formas simples alargadas, aciculadas, glandulares, estrelladas hasta ramificadas, con distribución glabrescente hasta pelosa en *Colicodendron scabridum*. Esto se debe a que las hojas que tienen mayor densidad de complementos tricómicos o tricomas reducen la excesiva transpiración, debido a que limitan el movimiento del aire en la cutícula, concentrando así el vapor de agua, indirectamente se encargan de bajar la temperatura del ambiente ya que absorben o reflejan la luz solar (Gil, Seisdedos, Reyna, & Cerana, 2012).

Todas las hojas tuvieron una disposición de estomas hipostomática donde se evidenciaron cámaras estomáticas en la región abaxial, lo que señala Dickinson (2000) que la presencia de abundantes estomas viene acompañado por un mayor intercambio gaseoso en condiciones de escasa humedad e intensa iluminación, pero en temporadas de estrés hídrico estos estomas se cierran para evitar la pérdida innecesaria de agua.

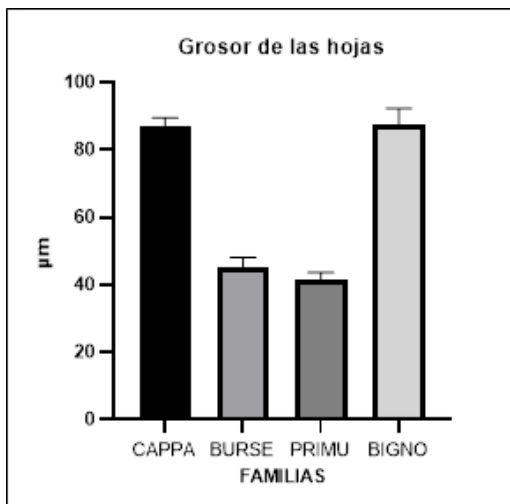


Figura 4. Grosor total de las hojas en las familias estudiadas, 40X.

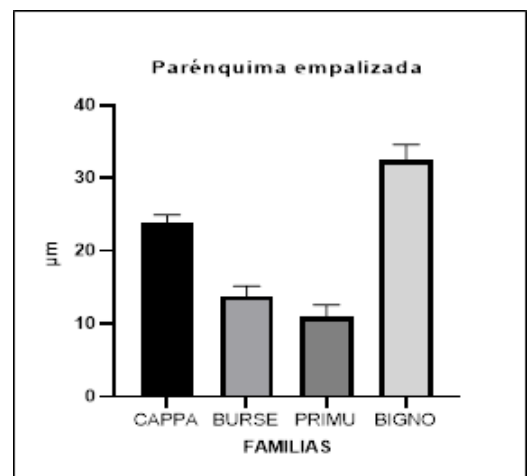


Figura 5. Diferencias del parénquima empalizada entre las familias estudiadas, 40 X.

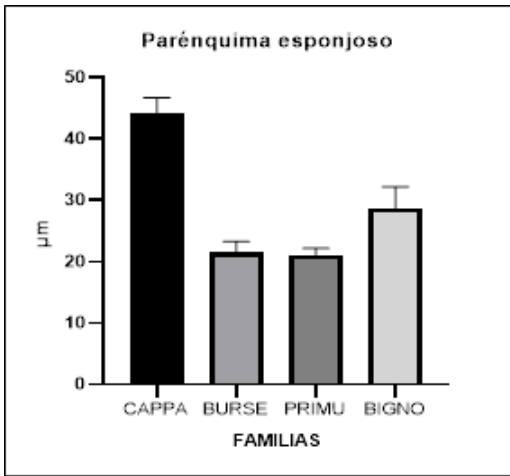


Figura 6. Diferencias del parénquima esponjoso entre las familias estudiadas, 40X.

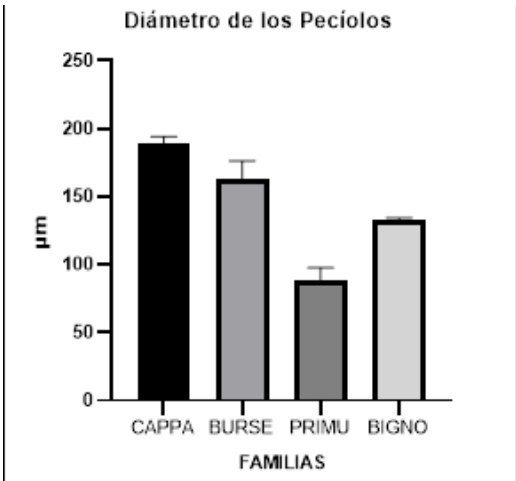


Figura 7. Diámetros de los peciolos para cada familia estudiada, 10X.

De acuerdo con Tafolla-Arellano et al. (2013), el grosor de la cutícula varía entre 0,5 y 15 micras, esto depende de la especie, el lugar en el que se desarrolla y la edad. Aunque no se hizo una medición específica para este tejido, en todas las familias observadas se encontraron cutículas gruesas lisas o estriadas, esto puede ser por la función que cumple como barrera protectora ante la pérdida de agua y la radiación UV, debido a que esta capa está compuesta por cutina y ceras cuticulares. Estos resultados se alinean a lo expuesto por Lallana et al., (2006), donde explica que el desarrollo de la cutícula es relativo con la incidencia solar, debido a que en un ensayo las plantas que estaban dentro de invernaderos desarrollaron cutículas delgadas a comparación a las que estuvieron expuestas a luz continua.

Casi todas las especies mostraron un tipo de hoja dorsiventral a excepción de *Handroanthus billbergii* subsp. *ampla* que posee un tipo isobilateral. En cuanto al grosor de la lámina foliar, los promedios registrados fueron mayores en las Bignoniaceae con $87,63 \pm 4,762$, seguido de las Capparaceae con $87,22 \pm 2,352$. Este grosor puede estar asociado al factor ambiente o a la altitud, esta teoría lo confirmó Zamora et al. (2012), cuando estudió cuatro especies de *Lupinus* distribuidas en diferentes gradientes altitudinales, donde *L. exaltatus* que crecía a una altitud de 1860 m presentó hojas con un grosor mayor de 279.1 µm comparado con las de otras tres especies que crecían en altitudes mayores.

La relación parénquima en empalizada/parénquima esponjoso en Bignoniaceae fue mayor con 1.13 µm, debido a que sus especies presentaron mayor proporción del tejido empalizada sobre el esponjoso, sobretodo en *Handroanthus billbergii* subsp. *ampla*. Seguido de *Bursera graveolens* (Burseraceae), con una relación de 0.64 µm, lo que difiere con Castro & Granada (2010), cuya relación para la misma especie en Venezuela es de 1,06 µm.

La relación de estos dos tejidos en Capparaceae fue de 0.54 µm, predominando más el esponjoso, estos valores de relación P. emp. /P. esp, en otro estudio es mayor en los biotipos 1 y 3 con valores de 1.87 y 1.25 µm, mientras que en el biotipo 2 esta relación tiene un valor menor a uno, 0.81 µm asociado a un mayor desarrollo del parénquima esponjoso con relación al parénquima en empalizada (Torrecilla et al., 2009).

Algunas hojas de *Capparidastrium frondosum* y *Bursera graveolens* registraron una sola capa de parénquima en empalizada de células bien alargadas, mientras que en otros cortes del mismo espécimen variaba hasta dos capas, esta variabilidad es explicada por Metcalfe (1979), el número de capas de parénquima en empalizada puede variar entre distintas hojas de una misma especie y entre hojas de una misma planta. Otro autor asocia esta diferencia de estratos con la edad, siendo frecuente encontrar en plantas jóvenes una sola capa y en plantas adultas más de una Roth (1984). Esto explicaría la variación de capas debido a que algunos de los ejemplares muestreados aún presentaban tamaños pequeños.

En las Capparaceae específicamente *Cynophalla ecuadorica* y *C. heterophylla* la cutícula es gruesa, uniestrada con una epidermis adaxial de células más grandes que la abaxial, tipo de hoja dorsiventral, mayor espesor del parénquima esponjoso que el de empalizada, haces vasculares en disposición Kranz rodeados de fibras de esclerénquima. Caracteres algo similares por los hallados por Torrecilla et al. (2009), que estudiaron la anatomía foliar de *Cynophalla flexuosa* creciendo en tres biotipos, los resultados fueron los mismos a excepción del biotipo 1 y 3 que presentaban una alta relación parénquima empalizada/ parénquima esponjoso y mayor densidad estomática porque se encontraban en sitios de alta radiación.

+Los peciolos de *Cynophalla heterophylla* y *C. ecuadorica* presenta una epidermis uniestrata, mayor proporción de parénquima cortical, franja de fibras esclerenquimáticas, haces vasculares en forma de C semi cerrada, anatomía que coincide con *Cynophalla flexuosa* estudiada por Torrecilla et al. (2009), que propone profundizar en el estudio de otros caracteres. En *Bursera graveolens* se destaca las hojas dorsiventrales, hipostomáticas, con dos tipos de tricomas, drusas debajo de la epidermis y el mesófilo, lo mismo que describe Castro & Granada (2012) sobre varias especies de Burseraceae. Lo que difiere es la descripción en los peciolos, ya que ellos presentan abundantes drusas en el floema y parénquima medular, pero en este último no se vio la presencia de drusas sino de abundantes cloroplastos. También se pudo ver que ellos describen a los orificios asociados al floema como canales resiníferos, lo que se describió como canales secretores debido a que se encontraron dos gotas de aceite.

En Bignoniaceae predominan las hojas con mesófilo dorsiventral en *Tecoma* y *Handroanthus chrysanthus*, esta difiere de *H. billbergii* subsp. *ampla* por ser de estructura isobilateral. Para los peciolos de las tres especies, los haces vasculares son colaterales dispuestos en una sifonostela concordando con los resultados de Gonzáles (2013).

Con relación a las Primulaceae, en especial *Bonellia sprucei*, el tipo de hoja dorsiventral con tricomas ramificados y fibras de esclerenquima por debajo de ambas epidermis coinciden con los resultados encontrados por Nunes de Luna et al. (2013). Aunque su investigación fue dirigida en *Stylogyne*, existen caracteres similares, lo que no se encontró son drusas y cavidades secretoras que ellos reportan para otras especies.

Conclusiones

Los representantes estudiados de la familia Bignoniaceae presentaron un mayor grosor de 87.63 μm con respecto al promedio de las hojas de las otras Familias; algunos caracteres anatómicos foliares podrían estar influenciados por el ambiente debido a que la zona de bosque de Mapasingue de donde se obtuvieron las muestras soporta durante el año un fuerte déficit hídrico estacional marcado por una ausencia total de lluvias entre mayo a diciembre y una elevada radiación solar.

Los representantes estudiados de la familia Bignoniaceae tienen una relación de 1.13 del mesófilo (parénquima empalizado/ parénquima esponjoso), evidenciándose en su estructura isobilateral. Mayormente en *Handroanthus billbergii* subsp. *ampla*; el resto de Familias estudiadas presentó mesófilo dorsiventral.

Los representantes estudiados de la familia Capparaceae presentaron el mayor diámetro peciolar de 189,1 μm por el parénquima y tejido vascular más

desarrollado; el menor diámetro peciolar de 88, 5 μm fue registrado en la Familia Primulaceae.

Los peciolos de *Capparidastrum frondosum* y *C. petiolare* son similares por poseer una sola capa de colénquima anular a continuación dos capas de esclerenquima y cuatro estratos de parénquima cortical con abundantes cloroplastos, alrededor de los radios del xilema y del periciclo del floema se encuentran las fibras perivasculares del esclerenquima formando una sifonostela, mientras que *Cynophalla heterophylla* y *C. ecuadorica* son diferentes, porque en el centro del peciolo tienen fibras de esclerenquima con una franja continua de fibras perivasculares de esclerenquima y por debajo del periciclo del floema están presentes los radios medulares del xilema en forma estrellada y en forma de una "C" respectivamente.

Burseraceae posee una relación del mesófilo de 0.64 en comparación con las otras Familias estudiadas, a diferencia de con las otras posee canales resiníferos o canales secretores con gotas de aceite.

Recomendaciones

En posteriores trabajos que se realicen con estas familias, considerar las siguientes variables: grosor de la cutícula, espesor de la epidermis adaxial y abaxial, índice estomático.

Realizar estudios comparativos de la anatomía foliar de estas especies durante la época seca y lluviosa.

Comparar la histología de estas especies con otros biotipos para ver las diferencias entre sus tejidos.

Realizar estudios enfocados a tejidos de raíces entre estas familias, debido a la escasa información bibliográfica.

Para futuras investigaciones estudiar los nectarios florales para obtener información de estos tejidos.

Referencias

- Aguirre De la Hoz, A. C., & Ruiz- Zapata, T. (2017). Capparaceae Juss. del departamento del Atlántico, Colombia. *Ciencia en Desarrollo*, 8(1), 51-69.
- Aguirre, Z. (2020). *Especies vegetales del bosque estacionalmente seco de Ecuador*. Universidad Nacional de Loja.
- Aguirre, Z., Kvist, L. P., & Sánchez, O. (2006). Bosques secos en Ecuador y su diversidad. En: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev. *Botánica económica de los Andes Centrales*, 162-187 p.
- Alonso Peña, J. (2011). *Manual de Histología Vegetal*. Paraninfo.
- Cardinal-McTeague, W.M., Sytsma, K.J., Hall, J.C. (2016). Biogeography and diversification of Brassicales: a 103 million year tale. *Mol. Phylogenet. Evol.*, 99, 204-224. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2016.02.021>
- Castro, M., & Granada, W. (2012). Anatomía foliar de especies de *Bursera* Jacq. (Burseraceae) presentes en Venezuela, sus implicaciones taxonómicas y ecológicas. *Ernstia*, 20, 89-106.
- Cerda-Lemus, M. E. (2011). La familia Burseraceae en el estado de Aguascalientes, México. *Acta Botanica Mexicana*, 94, 1-25.
- Cornejo, X., & Iltis, H. H. (2008). The reinstatement

- of *Capparidastrium* (CAPPARACEAE). *Harvard Papers in Botany*, 13, 229-236.
- Delbón, N. (2010). Foliar anatomy and adaptive strategies in shrub species of Sierras Chicas, Cordoba (Argentina). *Arnaldoa*, 17, 41-49.
- El-Hawary, S. S., Taher, M. A., Amin, E., AbouZid, S. F., & Mohammed, R. (2021). Genus *Tabebuia*: A comprehensive review journey from past achievements to future perspectives. *Arabian Journal of Chemistry*, 14, 1-38.
- Esau, K. (1965). *Plant Anatomy*. 2nd edn. New York: Wiley.
- Esau, K. (1972). *Anatomía vegetal*. (J. Pons Rosell, Trad.) Barcelona: OMEGA, S.A.
- Gil, S. P., Seisdedos, L., Reyna, M. E., & Cerana, M. M. (2012). Epidermis foliar de tres especies de asteráceas nativas de Argentina con potencial ornamental. *Revista Internacional de Botánica Experimental* 81, 205-210.
- Gonzalez, A. M. (2013). Indumento, nectarios extraflorales y anatomía foliar en Bignoniáceas de la Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 48, 221-245.
- Grose, S. O., & Olmstead, R. G. (2007). Revisión taxonómica en el género polifilético *Tabebuia* s.l. (Bignoniaceae). *Botánica sistemática*, 32, 660-670.
- Lallana, M., Billard, C. E., Elizalde, J. H., & Lallana, V. (2006). Breve revisión sobre características de la cutícula vegetal y penetración de herbicidas. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 33, 229-241.
- Metcalfe, C. R., & Chalk, L. (1950). *Anatomy of the dicotyledons*. Clarendon Press, Oxford.
- Mott, K., & Michaelson, O. (1986). Amphistomy as an adaptation to high light. *Amer. J. Bot.*, 78: 76-79.
- Myburg, A. A., Lev-Yadun, S., & Sederoff, R. R. (2012). Structure and function of the xylem. In: eLS. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester. doi:10.1002/9780470015902.a0002083.pub2
- Nunes de Luna, B., Tavares Carrijo, T., Freitas, M. de F., Franca Barros, C. (2013). Comparative leaf anatomy of neotropical *Stylogyne* species (Myrsinoideae-Primulaceae). *Rodriguesia*, 64, 717-726.
- Nunes de Luna, B. N., de Fátima Freitas, M., Baas, P., De Toni, K., & Barros, C. F. (2017). Leaf anatomy of five neotropical genera of Primulaceae. *International Journal of Plant Sciences*, 178, 362-377.
- Olmstead, R. G., Zjhra, M. L., Lohmann, L. G., Grose, S. O., & Eckert, A. J. (2009). A molecular phylogeny and classification of Bignoniaceae. *American Journal of Botany*, 96, 1731-1743.
- Pruyn, M. L., & Spicer, R. (2012). Parenchyma. En: eLS. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester. doi:10.1002/9780470015902.a0002083.pub2
- Rodríguez- Godínez, R., & Almazán- Núñez, C. R. (2015). Composición florística y estructura de la familia Burseraceae en un bosque tropical caducifolio en Atenango del Río, Guerrero. *Ciencias Naturales y Agropecuarias*, 2, 685-689.
- Roth, I. (1992). *Leaf structure: coastal vegetation and mangroves of Venezuela*. Gebr. Borntraeger, Berlin, Germany.
- Sánchez, O., Kvist, L. P., & Aguirre, Z. (2006). Bosques secos en Ecuador y sus plantas útiles. *Botánica Económica de los Andes Centrales*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia, 188-204.
- Sánchez-Recillas, A., Aragón-Castillo, S. L., Arroyo-Herrera, A. L., Araujo-León, J. A., & Ortiz-Andrade, R. R. (2020). EFECTO ESPASMOLÍTICO Y ANTIBACTERIANO DE LA ESPECIE *Bursera graveolens* Triana y Planch. (Kunth). *Polibotánica*, 49, 135-147.
- Tafolla-Arellano, J. C., González-León, A., Tiznado-Hernández, M., Zacarías García, L., & Báez-Sañudo, R. (2013). Composition, physiology and biosynthesis of plant cuticle. *Rev. Fitotec. Mex.*, 36, 3-12.
- Torrecilla, P., Castro, M., & Lapp, M. (2009). Morfoanatomía foliar en especímenes de *Capparis flexuosa* (L.) (Capparaceae) creciendo en tres localidades distintas del estado Aragua (Venezuela). *Ernstia*, 19, 35-54.
- Valerio, R., Franco-Salazar, V., & Véliz, J. (2013). Adaptaciones epidérmicas foliares de cuatro especies perennifolias, isla La Tortuga, Venezuela. *Acta Botánica Venezolánica*, 36, 39-59.
- Villacis Rivas, G., Aguirre Mendoza, Z., González González, A., Benítez Gonzalez, E., Aguirre Mendoza, N., & Paredes, D. (2015). Pasado, presente y futuro de los "guayacanes" *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) SO Grose y *Handroanthus billbergii* (Bureau & K. Schum.) SO Grose, de los Bosques secos de Loja, Ecuador. *Arnaldoa*, 22, 85-104.
- Xu, Z., & Chang, L. (2017). Primulaceae. En: *Identification and Control of Common Weeds*. Springer, Singapore, 3, 51-81.
- Zamora-Natera, J. F., & Terrazas, T. (2012). Anatomía foliar y del peciolo de cuatro especies de *Lupinus* (Fabaceae). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83, 687-697.
- Zapater, M. A., Califano, L. M., Del Castillo, E. M., Quiroga, M. A., & Lozano, E. C. (2009). Native and exotic species of *Tabebuia* and *Handroanthus* (Tecomeae, Bignoniaceae) in Argentina. *Darwiniana*, 47, 185-220.

Sostenibilidad gastronómica: Aprovechamiento de subproductos derivados de cadena productiva de la papa variedad *Diacol Capiro*

Gastronomic sustainability: Use of by-products derived from the production chain of the *Diacol Capiro* potato variety

Mabel Calvache¹; Sandra Potosí²; Alejandra Rodríguez³

^{1 2 3} Corporación Universitaria Comfacaucá, Facultad de Humanidades, Artes, Ciencias Sociales y de la Educación, Popayán, Colombia

Recibido 30 agosto 2022, aceptado 10 noviembre 2022, en línea 10 de diciembre 2022.

Resumen

Los residuos o subproductos generados a partir de las actividades de transformación de los alimentos siguen creciendo e impactando negativamente al medio ambiente, esto se debe a la falta de estrategias o recursos gestionados adecuadamente, bajo esta dinámica desde hace varios años la industria gastronómica busca apoyar, es por ello que se ha planteado la necesidad de involucrar prácticas alrededor de la sostenibilidad y la innovación. Es así como desde el ejercicio gastronómico se puede contribuir hacia la mitigación de dicha problemática, con la generación de nuevos productos y aprovechamiento de nuevas materias primas como base en preparaciones gastronómicas. En el presente estudio, se planteó como objetivos desarrollar un aprovechamiento de los subproductos derivados de cadena productiva de la papa variedad *Diacol Capiro* y se determinó la respuesta al nivel de agrado de estas preparaciones. Para esto, se realizó una estandarización de harinas y formulaciones de recetas estándar. Posteriormente, se efectuó un análisis sensorial mediante escala hedónica de 1 a 9 puntos, empleando un panel interno no entrenado de 70 personas y evaluando atributos como: sabor, color, aroma, y textura, en cuatro preparaciones. De igual manera, con el fin de determinar diferencias estadísticamente significativas en el nivel de agrado de cada atributo, se efectuó un análisis de varianza ($p < 0,05$) y una prueba de diferencia mínima significativa de comparación entre las muestras. Los resultados obtenidos reportaron que existen diferencias significativas en el nivel de agrado de todas las muestras en cada atributo, determinando que la preparación “*Profiterol con crema catalana y caramelo*” presentó mayor aceptabilidad en los atributos de color, sabor y textura.

Palabras Claves: sostenibilidad, gastronomía, aprovechamiento, subproductos.

Abstract

The waste or by-products generated from food processing activities continue to grow and have a negative impact on the environment, this is due to the lack of strategies or properly managed resources, under this dynamic for several years the gastronomic industry seeks to support, that is why the need to involve practices around sustainability and innovation has been raised. This is how from the gastronomic exercise it is possible to contribute towards the mitigation of said problem, with the generation of new products and the use of new raw materials as a base in gastronomic preparations. In the present study, the objectives were to develop a use of the by-products derived from the productive chain of the potato variety *Diacol Capiro* and the response to the level of liking of these preparations was increased. For this, a standardization of flours and formulations of standard recipes was carried out. Subsequently, a sensory analysis was carried out using a hedonic scale from 1 to 9 points, using an internal panel without alteration of 70 people and evaluating attributes such as: flavor, color, aroma and texture, in four preparations. Similarly, in order to determine statistically significant differences in the level of liking for each attribute, an analysis of variance ($p < 0.05$) and a minimum significant difference test for comparison between the samples were performed. The results obtained reported that there are significant differences in the level of liking of all the samples in each attribute, determining that the preparation “*Profiterol with Catalan cream and caramel*” presented greater acceptability in the attributes of color, flavor and texture.

Keywords: sustainability, gastronomy, use, by-products.

* Correspondencia del autor:

E-mail: dirgastronomia@unicomfacaucá.edu.co



Esta obra está bajo una licencia de creative commons: atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.

Introducción

La sostenibilidad, más que un concepto es una tendencia amplia que tiene cabida en las diversas actividades que se lleven a cabo, como especifica la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la sostenibilidad implica hacer una actividad, sea de agricultura, pesca o hasta la preparación de una comida, garantizando el no desperdicio de los recursos naturales, para así poder continuar realizando estas actividades en el futuro sin perjudicar la salud ni el medio ambiente (FAO, 2020). El vínculo de la gastronomía con la sostenibilidad se puede analizar desde el conjunto de prácticas orientadas al desarrollo de productos, por medio de procesos responsables con el futuro de la sociedad por parte del sistema alimentario, como es el empleo de alimentos producidos de forma sustentable, la colaboración con los productores locales, la valoración de los productos de alta calidad, la promoción de la educación ambiental, así como la adecuada gestión de la energía, el agua y los residuos en toda la cadena alimentaria, de producción, manipulación y distribución (Binz y Conto, 2019). Además, en investigaciones recientes se ha encontrado que el sector gastronómico abordó el tema de la sostenibilidad en cocinas de lujo, en donde a partir de un estudio cualitativa se analizó la forma en que los principales actores (chefs) definen e implementan la sostenibilidad en un nuevo sector de servicios y hostelería: el sector de la gastronomía de lujo, desde una perspectiva positiva podría impulsar procesos de creatividad para promover el sentido de una gastronomía no exclusivamente satisfactoria, sino también saludable y sostenible, lo cual podría derivar en el desarrollo de apuestas novedosas para sorprender al comensal (Batat, 2020). Otro aspecto de sostenibilidad se relaciona con la valoración y rescate de las materias primas locales, que trae consigo múltiples beneficios desde el punto de vista ambiental, social y económico (Landa, 2020).

Es así como el sector gastronómico esta intrínsecamente relacionado con la responsabilidad social, la salud pública y el desarrollo local; logrando crear conciencia desde la mesa y así promover lo que hoy se concibe como gastronomía sostenible a partir de actividades responsables que van enriqueciendo los procesos y las cadenas productivas que se involucran. Bajo esta dinámica, el término residuo hace referencia al material que es desechado o denominado "inservible", que requiere de disposición final debido a que no tiene un propósito de uso o se ha generado como un excedente dentro del proceso productivo (Chávez Porras y Rodríguez González, 2016; Ministerio de Ambiente, 2005). A nivel mundial anualmente se generan toneladas (t) de residuos y se han reportado más de 300 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos (RSU) por año, estimándose incrementos al año 2025 de aproximadamente 2,2 mil millones t/año de residuos. En su mayoría los residuos generados son destinados en rellenos

sanitarios, en lugares no aptos o dejados en parcelas agrícolas para la descomposición. La mayor fracción de residuos corresponde a la biomasa residual o materiales orgánicos renovables provenientes de actividades urbanas, agropecuarias y agroindustriales, incluyéndose los residuos municipales, de alimentos y forestales (Gómez-Soto et al., 2019) economic and social issues. The aim of this work was to analyze the state of the art on urban, agricultural and livestock solid waste in terms of quantity and composition, as well as to analyze the concept of biorefineries from the viewpoint of their design as a sustainable alternative for the use of residual raw materials. The information was consulted in different databases such as Web of Science, Scopus, and Google Scholar. The analysis of the information identified that the residues are produced in considerable amounts and have valuable organic compounds, which are used to a greater or lesser extent according to technological, cultural, and socio-economic factors in each specific region. New policies are needed for the integral management of solid waste that integrates the concept of biorefineries from the generation and separation at the source to its utilization and final disposal. The proper implementation of physical, thermochemical, chemical, and biological processes under the concept of biorefineries can recover or transform in an integral way the residual raw materials to obtain products such as biofuels, food, and energy. Designing biorefineries to determine their viability for waste utilization is required. Exploring this type of alternatives by evaluating different factors (techno-economic, environmental, and social).

De esta manera, el aprovechamiento del potencial de los residuos o subproductos de los diversos procesos o cadenas productivas ha ganado auge e importancia y son diversos los factores involucrados en esta temática actual; primero la contribución positiva a la gestión de los materiales focos de contaminación ambiental; también, a nivel económico se requieren recursos para proveer el desarrollo e innovación tecnológica para la transformación de los residuos, así como la generación de beneficios económicos por el valor agregado y comercial que estos adquieren. Desde el punto de vista social, se resignifica la labor de las personas vinculadas a las actividades generadoras de residuos, con la introducción de prácticas que contribuyan al mejoramiento de su calidad de vida Camagni (1998) citada por Rinaldi (2017). Además, el proceso productivo agrícola e industrial, para obtener diversos productos a partir de materias primas de origen biológico; en las operaciones de recepción, manejo, procesamiento y comercialización, que generan residuos o subproductos en cantidades suficientes para ser consideradas parte de la problemática ambiental (Corredor y Pérez, 2018; Gonzalez et al., 2017).

Para esta actividad económica los residuos o subproductos son los materiales líquidos o sólidos obtenidos del consumo de productos primarios o de la transformación industrial, cuyas propiedades no son

útiles dentro del proceso que los generó (Corredor y Pérez, 2018). Para el caso particular de la cadena productiva de la papa y la obtención de hojuelas fritas, se generan tanto residuos sólidos como líquidos, como el almidón remanente en porcentajes de 15,56% - 17,76%, los cuales no son adecuadamente aprovechados para obtener compuestos de interés (Gonzalez et al., 2017). De acuerdo con López, Rodríguez, Anaya (2019) en su estudio, aprovechamiento de cáscara de papa, las industrias fabricadoras de papas utilizan aproximadamente el 88.9% del producto, el porcentaje restante equivale a los residuos que no se utilizan, la cáscara conforma alrededor de un 2% de la papa y en cantidades muy grandes genera un alto desperdicio en las industrias y en los hogares, es por esto que se genera como una propuesta la elaboración de harina rica en antioxidantes utilizándola cascara de papa, además la existen cada vez más estudios sobre el potencial uso de la cáscara de papa como un aditivo en alimentos gracias a su alto contenido de compuestos fenólicos y nutraceuticos (p. 887). Estudios adelantados en la Universidad de Guayaquil donde se elaboraron diferentes productos alimenticios (hamburguesa y embutidos) a partir de residuos orgánicos como es la cáscaras de papa, de esta manera se potencializa el uso de los desechos de papa como una fuente de materia prima para otras producciones y resalta el valor nutricional de los desperdicios de las papas en condiciones idóneas de higiene y las características fisicoquímicas, hace que este mal llamado desecho se trasformen en un producto nuevo como es la hamburguesa de papa (Marcial, 2013), y el almidón de papa puede ser considerado un residuo agroindustrial, sin embargo, su desarrollo puede llevar a sustitutos viables en la industria alimenticia mediante procesos de transformación biotecnológica. El aprovechamiento del almidón se redujo 4 veces por kilogramo producido, esto debido a los procesos que se forma en material seco, para lo que interviene la centrifugación y un secador principalmente (Beltrán, 2020).

De esta manera, las cadenas productivas se han convertido en el eje de desarrollo económico y social de las diferentes regiones, con la presente investigación se quiere dar a conocer como un modelo de gestión a través del cual se generan ventajas competitivas frente a otros mercados y se logre fortalecer las cadenas productivas de pequeña escala, con el desarrollo de herramientas que permitan identificar el estado y la problemática actual que ayuden a determinar los retos a corto, mediano y largo plazo que posibilite el crecimiento del sector industrial en conjunto con el sector gastronómico. Dentro de la investigación se hace énfasis en la importancia que tiene el fortalecimiento en la cadena de la papa, como apuesta sostenible que contribuiría socialmente en la ciudad de Popayán, a través de alternativas de aprovechamiento, los cuales fomenta la productividad y competitividad entre el sector industrial de la cadena productiva de la papa.

Métodos

- A. La investigación se realizó bajo un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo). Inicialmente se generó una alianza con el sector productivo, específicamente con una empresa familiar dedicada a la transformación de la papa frita llamada *Crocanticas*, ubicada en la ciudad de Popayán. Posteriormente, se plantearon preguntas orientadas a la búsqueda de información, se procedió a consolidar la información empleando bases de datos. Una vez revisado el material de investigación se realizó su análisis, para elaborar un reporte que diera cuenta de los principales hallazgos en marco del objetivo propuesto, determinando tres fases, que se mencionan a continuación:
1. **Identificar la generación de desperdicios alimentarios en la fábrica “Crocanticas” de la ciudad de Popayán.** Se realizó una identificación mediante observación directa de las características vinculadas a la generación de desperdicios alimentarios en el establecimiento seleccionado. Se establece cantidad, cuánto, cómo, dónde y el porqué del desperdicio.
 2. **Estandarización y caracterización de las alternativas de aprovechamiento de los desperdicios derivados del procesamiento de la papa.** Mediante muestreos y análisis de laboratorio (microbiológico y proximal), se conoce la composición, teniendo en cuenta los parámetros como contenido de humedad, relación carbono y nitrógeno y contenido de ceniza y el análisis microbiológico de los productos logrados.
 3. **Identificación y evaluación de una alternativa gastronómica de aprovechamiento de desperdicios derivados del procesamiento de la papa.** De acuerdo a las características de los desperdicios encontrados, se realizó un proceso de decisión empleando criterios de selección. Una vez seleccionadas se analizan desde el punto de vista gastronómico y económico. Se selecciona una de las tres rutas y se procede a su proceso de preparación. Para este se sigue un diseño metodológico en donde se realiza la variación de un factor con la medición de una variable de respuesta asociada a una escala hedónica.
- B. **Prueba sensorial de aceptabilidad.** Se realizó un análisis sensorial empleando un panel interno no entrenado de 70 personas (Liria, 2008; Watts, Ylimaki, Jeffery, & Elías, 1992) compuesto por estudiantes y administrativos del programa Tecnología en Gestión Gastronómica de la Corporación Universitaria Comfacaucá (Popayán, Colombia). Cada consumidor degustó 4 muestras codificadas de forma aleatoria, ofrecidas a temperatura ambiente (25 °C) de acuerdo a un diseño de bloques completamente al azar para evitar el efecto del orden. Finalmente, se evaluaron los atributos sensoriales de color,



Imagen 1: Harinas de Papa *Diacol Capiro* estandarizadas. Fuente. La presente Investigación, 2021.

aroma, textura y sabor mediante una escala hedónica de 9 puntos, siendo 1 equivalente a “me disgusta extremadamente” y 9 “me gusta extremadamente”.

- C. **Análisis estadístico.** Se aplicó un ANOVA simple para determinar diferencias estadísticamente significativas en el nivel de aceptabilidad de las muestras. Posteriormente, se efectuó una comparación pareada de medias, a través de la prueba de Diferencia Mínima Significativa ($p < 0.05$), con el fin de escoger la(s) preparación(es) con mayor valoración (Gutierrez & De la Vara, 2008).

Resultados

Fase 1: Identificar la generación de desperdicios alimentarios en la fábrica “Crocanticas” de la ciudad de Popayán: Inicialmente se realizó un reconocimiento de los subproductos en la empresa, mediante la observación directa de cada una de las etapas de la cadena productiva de la papa *Diacol Capiro* para la obtención de hojuelas fritas, se logró conocer que en la etapa de lavado y pelado, donde se retira la tierra con agua y posteriormente la papa pasa a un cilindro giratorio que vierte agua, alrededor del cilindro se encuentran unas ligas que raspan la papa cuando la superficie gira, debido a un motor el cual hace funcionar el sistema, en esta acción la papa es lava y pelada, la cascara que genera el proceso es recolectada y pesada, y en la etapa inspección de pelado y eliminación de imperfecciones la papa

es examinada y se retiran partes de cascara que la maquina no pudo remover, también se retiran papas que se encuentran defectuosas o mal estado, los residuos son recolectados y pesados, en estas dos etapas se obtienen los subproductos que actualmente generan problemas en la empresa a nivel ambiental y de productividad.

Fase 2: Estandarización y caracterización de las alternativas de aprovechamiento de los desperdicios derivados del procesamiento de la papa: Para poder determinar las posibles aplicaciones gastronómicas de los subproductos de la empresa *Crocanticas*, se tuvo en cuenta la base de datos lograda a partir de una revisión bibliográfica que permitió conocer los diferentes aplicaciones gastronómicas dadas, así como la cuantificación de subproductos, de esta manera se propone que la alternativa y ruta de aprovechamiento gastronómico de los subproductos papa (*Diacol Capiro*) tuvo un enfoque en la panadería cuya base principal son las harinas, de esta manera se procede al ejercicio experimental: Se inicia la etapa de recolección, limpieza y transformación de materia prima (subproductos de papa: Cascara, almidón y fibra), cada una de las materias primas fue acondicionada para la obtención y estandarización de los proceso de las respectivas harinas, los procesos de acondicionamiento de almidón, cascara y la fibra de papa se basaron en la técnica propuesta por (Carrasco y Vásquez, 2018).

Los diferentes procedimientos permitieron obtener la estandarización de la obtención de las harinas a



Imagen 2. Estandarización gastronómica a partir de las harinas de la Papa *Diacol Capiro*. Fotografías tomadas por *Camila Banguera*, 2021.

Tabla 1: Análisis microbiológico de harinas de la Papa *Diacol Capiro*. Fuente: Laboratorio de análisis industrial y de alimentos, 2021.

Muestra	Análisis	Método	Resultado
Almidón de papa	Recuento total de Aerobios mesófilos UFC/g-mL	AOAC 966.23 ED 21:2019	624.000(+/- UFC**)
	Recuento de Mohos UFC/g-mL	ISO 21527-2:2008	<100 (+/- UFC**)
	Recuento de levaduras UFC/g-mL	ISO 21527-2:2008	<100 (+/- UFC**)
	NMP de coliformes totales 45°C/g-mL	ICMSF:2000 Método 1: Volumen 1. Ed 2:2000	240
	NMP de coliformes fecales 45°C/g-mL	ICMSF:2000 Método 1: Volumen 1. Ed 2:2000	<3
	Recuento de <i>Escherichia coli</i> UFC/ g- mL	ISO 4832:2006	<10
	Recuento de <i>Estafilococo cuagulasa positiva</i> UFC/g-mL	UNE EN ISO 6888-1. 2000	<100 (+/- UFC**)
	Recuento de esporas <i>Clostridium sulfito reductor</i> UFC/g-mL	UNE EN ISO 6888-1:2000	<10
	Detención de <i>Samonella</i> en 25g	ISO6579 - 1:2017	AUSENCIA
	Recuento de <i>Bacillus cereus</i> UFC/ g- mL	UNE EN ISO 7932:2005	<100 (+/- UFC**)
	Recuento de Coliformes totales UFC/ g- mL	ISO 4832:2006	3.360 (+/- UFC **)
	Recuento de Coliformes fecales UFC/ g- mL	ISO 4832:2006	<10 (+/- UFC **)
Harina de cascara de papa	Recuento total de Aerobios mesófilos UFC/g-mL	AOAC 966.23 ED 21:2019	512.000(+/- UFC**)
	Recuento de Mohos UFC/g-mL	ISO 21527-2:2008	200 (+/- UFC**)
	Recuento de levaduras UFC/g-mL	ISO 21527-2:2008	<100 (+/- UFC**)
	NMP de coliformes totales 45°C/g-mL	ICMSF:2000 Método 1: Volumen 1. Ed 2:2000	93
	NMP de coliformes fecales 45°C/g-mL	ICMSF:2000 Método 1: Volumen 1. Ed 2:2000	<3
	Recuento de <i>Escherichia coli</i> UFC/g- mL	ISO 4832:2006	<10 (+/- UFC **)
	Recuento de <i>Estafilococo cuagulasa positiva</i> UFC/g-mL	UNE EN ISO 6888-1. 2000	<100 (+/- UFC**)
	Recuento de esporas <i>Clostridium sulfito reductor</i> UFC/g-mL	UNE EN ISO 6888-1:2000	<10
	Detención de <i>Samonella</i> en 25g	ISO6579 - 1:2017	AUSENCIA
	Recuento de <i>Bacillus cereus</i> UFC/ g- mL	UNE EN ISO 7932:2005	<100 (+/- UFC**)
	Recuento de Coliformes totales UFC/ g- mL	ISO 4832:2006	880 (+/- UFC **)
	Recuento de Coliformes fecales UFC/ g- mL	ISO 4832:2006	<10 (+/- UFC **)
Harina de Fibra de papa	Recuento total de Aerobios mesófilos UFC/g-mL	AOAC 966.23 ED 21:2019	1.900(+/- UFC**)
	Recuento de Mohos UFC/g-mL	ISO 21527-2:2008	100 (+/- UFC**)
	Recuento de levaduras UFC/g-mL	ISO 21527-2:2008	200 (+/- UFC**)
	NMP de coliformes totales 45°C/g-mL	ICMSF:2000 Método 1: Volumen 1. Ed 2:2000	23
	NMP de coliformes fecales 45°C/g-mL	ICMSF:2000 Método 1: Volumen 1. Ed 2:2000	<3
	Recuento de <i>Escherichia coli</i> UFC/ g- mL	ISO 4832:2006	<10
	Recuento de <i>Estafilococo cuagulasa positiva</i> UFC/g-mL	UNE EN ISO 6888-1. 2000	<100 (+/- UFC**)
	Recuento de esporas <i>Clostridium sulfito reductor</i> UFC/g-mL	UNE EN ISO 6888-1:2000	<10
	Detención de <i>Samonella</i> en 25g	ISO6579 - 1:2017	AUSENCIA
	Recuento de <i>Bacillus cereus</i> UFC/ g- mL	UNE EN ISO 7932:2005	<100 (+/- UFC**)
	Recuento de Coliformes totales UFC/ g- mL	ISO 4832:2006	500 (+/- UFC **)
	Recuento de Coliformes fecales UFC/ g- mL	ISO 4832:2006	<10 (+/- UFC **)

Tabla 2: Análisis nutricional de harinas de la Papa *Diacol Capiro*. Fuente: Laboratorio de análisis industrial y de alimentos, 2021.

Muestra	Análisis	Unidad	Método	Resultado
Harina de Cascara de papa	Humedad y materia volátil	g/100g	PRO- AYS - 057 V0 2021 -07-19 Determinación de sólidos totales y pérdidas por secado a 103°C y 130°C.	9.88
	Proteína Total (%N x 6.25)	g/100g	PRO- AYS - 057 V0 2021 -07-19 Determinación de proteína según ISO 1871	5.56
	Carbohidratos Totales	g/100g	Cálculo	82.37
	Calorías Totales	kcal/100g	Cálculo	356.94
	Cenizas	g/100g	PRO- AYS - 057 V0 2021 -07-19 Determinación de cenizas 550°C.	1.61
	Gracias total	g/100g	PRO- AYS - 057 V0 2021 -07-19 Determinación de Grasa por extracto etéreo.	0.58
Harina de fibra de papa	Humedad y materia volátil	g/100g	PRO- AYS - 057 V0 2021 -07-19 Determinación de sólidos totales y pérdidas por secado a 103°C y 130°C.	0.27
	Proteína Total (%N x 6.25)	g/100g	PRO- AYS - 057 V0 2021 -07-19 Determinación de proteína según ISO 1871	5.88
	Carbohidratos Totales	g/100g	Cálculo	83.93
	Calorías Totales	kcal/100g	Cálculo	362.84
	Cenizas	g/100g	PRO- AYS - 057 V0 2021 -07-19 Determinación de cenizas 550°C.	1.52
	Gracias total	g/100g	PRO- AYS - 057 V0 2021 -07-19 Determinación de Grasa por extracto etéreo.	0.40
Almidón de papa	Humedad y materia volátil	g/100g	PRO- AYS - 057 V0 2021 -07-19 Determinación de sólidos totales y pérdidas por secado a 103°C y 130°C.	12.22
	Proteína Total (%N x 6.25)	g/100g	PRO- AYS - 057 V0 2021 -07-19 Determinación de proteína según ISO 1871	<0,19
	Carbohidratos Totales	g/100g	Cálculo	86,89
	Calorías Totales	kcal/100g	Cálculo	349,36
	Gracias total	g/100g	PRO- AYS - 057 V0 2021 -07-19 Determinación de Grasa por extracto etéreo.	0,20

base de papa variedad *Diacol Capiro*, logrando los siguientes resultados, ver Imagen 1.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en la evaluación microbiológica y nutricional de las harinas estandarizadas, ver tabla 1 y 2.

Fase 3: Alternativa gastronómica de aprovechamiento de desperdicios derivados del

procesamiento de la papa.

En la imagen 2, se ilustran los prototipos derivados de los subproductos de la transformación integral de la papa *Diacol Capiro*, Las muestras se analizaron sensorialmente para determinar el nivel de aceptabilidad de las recetas culinarias desarrolladas, mediante escala hedónica, en donde se identificarán algunos atributos de las

Tabla 3. Evaluación de las propiedades sensoriales de preparaciones.

Preparación	Atributos Sensoriales*				Promedio
	Aroma	Color	Sabor	Textura	
245	8,54 ± 0,86	8,87 ± 0,38	8,53 ± 1,00	7,63 ± 1,95	8,39
456	8,43 ± 1,08	8,43 ± 1,10	8,60 ± 1,01	8,60 ± 1,08	8,51
678	8,16 ± 1,19	8,24 ± 1,28	7,86 ± 1,47	8,50 ± 0,86	8,19
789	8,09 ± 1,28	8,61 ± 0,84	8,31 ± 1,26	8,54 ± 0,86	8,39

características organolépticas (sabor, color, aroma, y textura) más representativos, y se escogerá al azar un panel interno no entrenado de 70 panelistas estudiantes de la Corporación Universitaria Comfacauca _ Unicomfacauca matriculados en el programa de Tecnología en Gestión Gastronómica y administrativos para evaluar cuatro recetas estándar, se midió el nivel de aceptación mediante una graduación de 9 puntos que va desde “me gusta extremadamente mucho” hasta el punto 1 “me disgusta extremadamente mucho”.

Los nombres de las muestras presentadas son los siguientes códigos

- 245 _ *Galleta acompañada de camarones en salsas de sevicehe.*
- 456 _ *Profiterol con crema catalana y caramelo.*
- 678 _ *Cono con helado limón o maracuyá.*
- 789 _ *Tartaleta con ganash de chantilli de frutos rojos chocolate blanco y vainilla.*

La tabla 3, muestra los resultados de la evaluación de los atributos sensoriales de las cuatro muestras.

Discusión

Fase 1: Identificar la generación de desperdicios alimentarios en la fábrica “Crocanticas” de la ciudad de Popayán:

De acuerdo al reconocimiento realizado en el proceso de producción, se pudo determinar que la empresa Crocanticas, genera residuos sólidos y líquidos, respecto a los residuos sólidos el porcentaje de subproductos corresponde a lo siguiente: 7.5% de cascara de papa, 8.6% de fibra de papa y 2.4 % de sobrantes, con los cuales se decide trabajar ya que son los que se obtienen en mayor proporción y son los que generan problemas de tipo ambiental y de productividad en la empresa.

Fase 2: Estandarización y caracterización de las alternativas de aprovechamiento de los desperdicios derivados del procesamiento de la papa:

En el análisis microbiológico realizado a las muestras de las harinas a base de subproductos de papa (Tabla

1) se encontró que no hay afectación detención de Salmonella, además se halla dentro del rango del conteo para Coliformes fecales y Estafilococo, lo anterior permite contar con muestras de calidad higiénico sanitaria adecuada para ser sometidas al siguiente proceso de extracción de las harinas a base de los subproductos de papa *Diacol Capiro*.

Por otra parte, en el análisis nutricional realizado a las muestras de harina de almidón de papa (Tabla 2), de cascara de papa y de fibra de papa se encuentra que cuentan con un alto contenido de carbohidratos totales y bajo en el aporte de proteína y grasa total, de esta manera se puede afirmar que las harinas a base de los subproductos de papa *Diacol Capiro*, se pueden utilizar para la elaboración de productos de la panadería y pastelería con un grupo focal como es los celíacos¹, quienes tendrán productos alimenticios libres de gluten. Además, el almidón es muy utilizado en la industria alimentaria debido a sus propiedades tales como su baja temperatura de gelatinización y su baja tendencia a la retrogradación, las variaciones en las propiedades de los geles de almidón podrían ser causadas por diferentes factores, tales como el tamaño del gránulo de almidón (Vargas G; Martínez P; Velezmoro C, 2016). Según Marcial, 2013 la cascara de papa es uno de los principales desechos que se encuentran en los hogares tradicionales debido al alto consumo del tubérculo que gracias a su valor nutritivo y energético, la papa posee una gran variedad de nutrientes en su pulpa, pero también existen múltiples nutrientes en su cascara que aún sigue sin ser aprovechados como lo es el potasio ,vitamina c, tiamina, riboflavina y niacina solubles en agua, calcio, manganeso, zinc y hierro, además de ayudar a la desintoxicación de la sangre gracias a los antioxidantes que contienen que evitan la acción nociva de radicales libres. Por otra parte los efectos del consumo de la cascara de papa puede provocar reacciones positivas al cuerpo, como es en los diferentes sistemas (digestivo, inmunológico y circular) a esta información se le suma la investigación

1 El único tratamiento válido hasta la actualidad para la Enfermedad Celíaca (EC) es realizar una dieta estricta sin gluten y sin transgresiones durante toda la vida en vista de que el consumo de pequeñas cantidades de gluten ocasiona daños a nivel intestinal aun cuando el individuo sea asintomático. El cumplimiento de una dieta sin gluten conlleva a la desaparición de síntomas, normalización de la serología y recuperación de la atrofia de las vellosidades intestinales.

de Borda, 2020 sobre la evaluación del efecto de la agregación plaquetaria de una dieta enriquecida en cáscara de papa, este estudio afirma que el consumo de cascara de papa para una persona sería de 2 g/kg diaria por 7 días su consumo ayudara a disminuir la agregación de plaquetas humanas estimuladas por ácido araquidónico que al ser acumulados en el cuerpo puede ser perjudicial para la salud a largo plazo. Los diferentes métodos de consumo de la cascara de papa por años sea dirigido hacia la rama medicinal por medio de té o infusiones, pero estudios hechos por Gracia, 2014 demuestra que efecto de la sustitución de harina de trigo por una proporción de la mezcla harina de cáscara de papa se evidencia sobre el color, textura, fibra y aceptabilidad general en galletas dulces, es decir, las cualidades optimas que posee la cascara de papa para ser tratada como sustituto de harina de trigo en pequeñas cantidades ayuda a generar nuevos métodos de aplicación de esta harina en el ámbito de panadería. Bajo este contexto y con las harinas estandarizadas se inicia el proceso de la generación de alternativas de aprovechamiento gastronómico en la línea de la panadería y pastelería.

Fase 3: Alternativa gastronómica de aprovechamiento de desperdicios derivados del procesamiento de la papa

Respecto a los resultados obtenidos con respecto a la evaluación de las propiedades sensoriales de las alternativas gastronómicas, se puede mencionar que las muestras presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en los atributos sensoriales de aroma, color, sabor, y textura, lo cual indicó que las respuestas en el nivel de agrado por parte de los panelistas fueron distintas en cada atributo. En términos generales, la preparación "*Profiterol con crema catalana y caramelo*" presentó mayor aceptabilidad en los atributos de color, sabor y textura. En este sentido, las preparaciones "*Galleta acompañada de camarones en salsas de seviche*" y "*Tartaleta con ganash de chantilli de frutos rojos chocolate blanco y vainilla*" presentaron una aceptación por parte de los setenta panelistas "Me gusta mucho".

Se puede concluir que los desechos generados por el proceso de fabricación y producción de chips de papa dejan como resultado una pérdida de casi un 20% desperdicio por bulto procesado en la micro empresa Crocanticas de la ciudad de Popayán, de acuerdo a los datos logrados en el proceso de medición. Las harinas recolectadas son fuente potencial de uso en ámbitos gastronómicos ideales para proponer productos para grupos focales como celiacos ya que los subproductos bajos en gluten y grasas.

La presentación de las muestras de diferentes preparaciones a los panelistas no entrenados de la Corporación Universitaria Comfacaucá arrojó comentarios satisfactorios, porque evidenciaron que la propuesta de aprovechamiento integral de subproductos de la industria de la papa va dirigida al

público que quiere vivir nuevas experiencias cuando consume un alimento preparado de manera eco sostenible.

Referencias

- Batav, W. (2020). Pillars of sustainable food experiences in the luxury gastronomy sector: A qualitative exploration of Michelin-starred chefs' motivations. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 57, 102255.
- Beltrán, R. R. (2020). Propuesta De Aprovechamiento Residuo del Almidón en el Proceso de Papa como Materia Prima para la Industria. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Bogotá. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/36899/rribiano.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Binz, P., & De Conto, S. (2019). Gestión de la gastronomía sustentable. Prácticas del sector de alimentos y bebidas en hospedajes. *Estudios y perspectivas en turismo*, 28(2), 507-525.
- Borda, C. D. (2020). *Evaluación del efecto sobre la agregación plaquetaria de una dieta enriquecida en cáscara de papa*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Camagni, R. (1998). Sustainable urban development: definition and reasons for a research programme. *International Journal of Environment and Pollution*, 10, 6-27.
- Carrasco L., & Vásquez, M. (2018). *Extracción de almidón*. Universidad Nacional Autónoma de chota. Recuperado: <https://es.calameo.com/read/005193087c8fe3b2314cf>
- Chávez Porras, Á., & Rodríguez González, A. (2016). Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. *Revista Academia y Virtualidad*, 9(2), 90-107. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18359/ravi.2004>
- Corredor, Y. A. V., & Pérez, L. I. P. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 14(1), 59-72. <https://doi.org/10.18359/rfcb.3108>
- FAO. (2020). *¿Qué es la gastronomía sostenible?* <https://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1198361/>
- Gracia, E. (2014). Tesis Efecto de la sustitución de harina de trigo por una proporción de la mezcla harina de cáscara de papa: harina de papa (*solanum tuberosum pps*) sobre el color, textura, fibra y aceptabilidad general en galletas dulces. Universidad privada Antenor Orrego. Facultad de ciencias agrarias.
- Gonzalez, L. V. P., Gómez, S. P. M., & Abad, P. A. G. (2017). A provechamiento de residuos agroindustriales en Colombia Exploitation of agroindustrial waste in Colombia Exploração de resíduos agroindustriais na Colômbia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8 N° 2 (ISSN-e 2145-6453), 141-150.
- Liria, M. R. (2008). Guía para la evaluación sensorial de alimentos. World Wide Web electronic publication. Disponible desde Internet en: <https://pdfs.semanticscholar.org/faee/c49e08642833bceee23b7900eacea4b16b9a.pdf> (con acceso el 04/04/2020).
- Gómez-Soto, J. A., Sánchez-Toro, Ó. J., & Matallana-Pérez, L. G. (2019). Residuos urbanos, agrícolas y

- pecuarios en el contexto de las biorrefinerías. *Facultad de Ingeniería*, 28, 7-32. <https://doi.org/https://doi.org/10.19053/01211129.v28.n53.2019.9705>
- Gutierrez, H.; De La Vara, R. (2008). Análisis y diseño de experimentos. McGraw-Hill Interamericana (México). 545 p.
- Landa, C. A. (2020). Alimentos y gastronomía de cercanía: ¿un valor en alza? *Nutrición Hospitalaria*, 35. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.20960/nh.2124>
- Liria, M. R. (2008). Guía para la evaluación sensorial de alimentos. World Wide Web electronic publication. Disponible desde Internet en: <https://pdfs.semanticscholar.org/faee/c49e086428333bcee23b7900eeca4b16b9a.pdf> (con acceso el 04/04/2020).
- López, S, C.B., Rodríguez, J, J. y Amaya G, C.A. (2019). Aprovechamiento de cáscara de papa generada en la cafetería de Ciencias Biológicas de la UANL para la elaboración de harina rica en antioxidantes. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias. Biológicas, Departamento de Ciencia de alimentos. Disponible en: <http://www.fcb.uanl.mx/IDCYTA/files/volume4/4/9/125.pdf>
- Ministerio de Ambiente, V. y D. T. (2005). Decreto 4741. In *Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial*, (Issue 4741, p. 30).
- Marcial, J, A. (2013). Obtención De Diferentes Productos Alimenticios (Hamburguesa Y Embutidos) A Partir De Residuos Orgánicos (Cáscaras De Papa). Facultad de Ingeniería Química. Universidad de Guayaquil. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/3649/1/1110.pdf>
- Rinaldi, C. (2017). Food and gastronomy for sustainable place development: A multidisciplinary analysis of different theoretical approaches. *Sustainability (Switzerland)*, 9(10), 1-25. <https://doi.org/10.3390/su9101748>
- Vargas G; Martínez P; Velezmoro C, (2016). Propiedades funcionales de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) y su modificación química por acetilación. Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Molina s/n, La Molina, Lima 12, Perú. *Scientia Agropecuaria* 7 (3): 223 - 230.
- Watts, B., Ylimaki, G., Jeffery, L.; Elías, L. (1992). Basic Sensory Methods for Food Evaluation. International Development Research Centre (Ottawa, Canadá). 164 p.

La huella ecológica de los perros y gatos de compañía

The ecological footprint of pet dogs and cats

Cristian Sáenz De Viteri¹ & Pablo Torres²

¹⁻² Universidad de Guayaquil, Facultad de Veterinaria y Zootecnia, Guayaquil, Ecuador

Recibido 30 agosto 2022, aceptado 10 noviembre 2022, en línea 10 de diciembre 2022.

Resumen

Como indicador de desarrollo sostenible, la huella ecológica ha logrado proporcionar una base para discutir los impactos ambientales del consumo humano. Los seres humanos son el origen de numerosas actividades contaminantes en la Tierra y son los principales impulsores del cambio climático. Sin embargo, se han realizado muy pocas investigaciones sobre los impactos ambientales de los animales, especialmente los animales domésticos, como perros y gatos, quienes necesitan cantidades significativas de comida para mantener sus necesidades energéticas diarias. Por lo tanto, la huella ecológica animal (HEA) dietética podría servir como un indicador útil para evaluar los impactos de las mascotas en el medio ambiente. En el presente artículo, explicamos el impacto ambiental de los perros y gatos de compañía cuantificando su HEA y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de acuerdo con los datos primarios recopilados en los tres distritos de la ciudad Guayaquil en coordinación con la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Guayaquil y de la Unidad de Bienestar Animal de la Alcaldía de Guayaquil; los resultados muestran que la HEA dietética de perros y gatos de compañía con comida seca comercial en el distrito 3 o en el distrito 1 era aproximadamente dos veces mayor que el de los distrito 2. Se concluye que la mayoría de los perros y gatos de compañía en los distritos 1, 2 y 3 de Guayaquil consumen más energía de la que realmente necesitan para mantener una actividad normal, lo que afecta en las emisiones de GEI y la HEA de la dieta.

Palabras Claves: HEA, GEI, medio ambiente, animales, mascotas, Guayaquil

Abstract

As an indicator of sustainable development, the ecological footprint has succeeded in providing a basis for discussing the environmental impacts of human consumption. Human beings are the origin of numerous polluting activities on Earth and are the main drivers of climate change. However, very little research has been done on the environmental impacts of animals, especially domestic animals, such as dogs and cats, who require significant amounts of food to maintain their daily energy needs. Therefore, the dietary animal ecological footprint (AEF) could serve as a useful indicator to assess the impacts of pets on the environment. In this article, we explain the environmental impact of pet dogs and cats by quantifying their HEA and greenhouse gas (GHG) emissions according to primary data collected in the three districts of the city of Guayaquil in coordination with the faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics of the University of Guayaquil and of the Animal Welfare Unit of the Mayor's Office of Guayaquil; The results show that the dietary EER of companion dogs and cats on commercial dry food in District 3 or District 1 was approximately twice that of District 2. It is concluded that the majority of companion dogs and cats in districts 1, 2 and 3 of Guayaquil they consume more energy than they really need to maintain normal activity, which affects GHG emissions and HEA from the diet.

Keywords: AEF, GHG, environment, animals, pets, Guayaquil

Introducción

Los animales domésticos forman parte de las sociedades humanas de todo el mundo (Amiot C, 2016). Las mascotas brindan una serie de beneficios a las personas que incluyen compañía, mejora de la salud mental y física, redes sociales ampliadas e incluso benefician el desarrollo de niños y adolescentes (Wood L, 2005) (Beverland MB, 2008) (Cutt H, 2007).

Las estadísticas que describen el número de animales domésticos en todo el mundo son escasas y fluctúan, pero según los datos de Vetnosis y la Federación Europea de la Industria de Alimentos para Mascotas, había 223 millones de perros de compañía registrados y 220 millones de gatos de compañía registrados en el mundo en el 2014. Los perros y gatos a menudo se consideran miembros de la familia, y la mayoría de

* Correspondencia del autor:

E-mail: cristian.saenzdeviteria@ug.edu.ec



Esta obra está bajo una licencia de creative commons: atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.

los propietarios muestran una gran preocupación por el bienestar de su mascota, incluidos los requisitos de comida y agua de su mascota, sus espacios de vida, sus condiciones de salud e incluso las de su mascota, así como las emociones y sentimientos (CP., 2000) (Martens P, 2016) (Su B K. N., 2018a).

Suministrar una nutrición completa en todas las etapas de sus vidas, es una manera común y eficaz de que los dueños tengan interacciones afectivas con sus mascotas (Fleeman LM, 2007). Muchos amos alimentan a sus mascotas con más nutrientes que las sugerencias mínimas o les dispensan ingredientes que son adecuados para la ingesta humana (Fleeman LM, 2007) (Swanson KS, 2013). Dada la gran cantidad de perros y gatos de compañía en todo el mundo y sus dietas potencialmente ricas en nutrientes, tenemos amplias razones para sospechar que el consumo de recursos por parte de los animales de compañía es más grave de lo que se había imaginado hasta ahora.

Sin embargo, Okin, 2017 indicó, “Se podría argumentar que los perros y gatos comen carne que los humanos no pueden consumir y [que] es simplemente un subproducto de la producción para uso humano y, por lo tanto, no debe contarse como consumo más allá del de los humanos.” Pero aquello es sólo parcialmente verdadero. Para la harina de huesos, un componente en la mayoría de los alimentos para gatos y perros, esto es correcto; los humanos generalmente no consumen esto. Para otros ingredientes, es más complejo. Algunos subproductos podrían volverse idóneos, luego de su procesamiento, para uso humano. Por lo tanto, es de vital importancia identificar el consumo de recursos de los animales domésticos y los impactos ambientales e investigar simultáneamente cómo los sistemas actuales de producción de alimentos para mascotas pueden respaldar de manera sostenible sus necesidades nutricionales.

La huella ecológica (HE) es una popular herramienta de contabilidad de recursos naturales que se utiliza para medir la sostenibilidad ambiental. Puntualmente, es la zona total de tierra productiva y agua demandada para producir continuamente todos los recursos gastados y adaptar todos los desechos producidos por una población definida en cualquier sitio del mundo donde se encuentre esa tierra (Wackernagel M, Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth., 1998b) (Csutora M, 2009). La huella ecológica animal (HEA) se fundamenta en el HE y calcula cuánta tierra biológicamente fértil se utiliza para la ingesta de alimentos de los animales domésticos. La dieta de un animal altera en gran moderación su HEA, según los requerimientos metabólicos o prioridades dietéticas particulares de los animales y la accesibilidad de recursos (Swanson KS, 2013) (Vale, 2009).

Las dietas a base de carne requieren más energía y agua y, por lo tanto, tienen un impacto ambiental mucho mayor que las dietas a base de plantas (Pimentel D, 2003) (Reijnders L, 2003) (Wirsenius S, 2010) (GS., 2017). Por ejemplo, en China, los alimentos

secos comerciales para mascotas tienen porcentajes más altos de productos cárnicos de animales que los alimentos para humanos. Por lo tanto, se encontró que las emisiones de HEA y de gases de efecto invernadero (GEI) de los perros de compañía que dependen de alimentos secos comerciales son mucho más altas que las de los perros que dependen de los alimentos sobrantes de humanos (Su B M. P.-S.-J., 2018b).

Si observamos las diferencias entre países, suponiendo que todos los perros y gatos de compañía consuman alimentos secos comerciales, entonces la HEA de todos los perros y gatos domésticos en China equivale a la HE dietética de entre 70 millones y 245 millones de chinos, en términos de comida casera (Su B M. P.-S.-J., 2018b). Las emisiones de carbono, producto del consumo de alimentos de estos animales, son semejantes a las emisiones generadas por el consumo de alimentos de entre 33 millones y 105 millones de chinos (Su B M. P.-S.-J., 2018b). Por otro lado, en Japón, los gatos y perros domésticos pueden devorar entre el 3,5% y el 15,4% de los alimentos que consumen los japoneses y, a consecuencia de su consumo, los japoneses descargan entre 2,3 millones y 10,3 millones de toneladas de GEI anualmente (Su B M. P., 2018).

En los Estados Unidos, el desgaste de energía de los gatos y perros domésticos está cerca de una quinta parte del consumo de energía de la población americana, mientras que el consumo de productos de carne animal por parte de gatos y perros es responsable de hasta 75 millones de toneladas de metano y óxido nitroso (GS., 2017). Por lo tanto, los impactos ambientales individuales y acumulativos del consumo comercial de alimentos secos por parte de los animales de compañía y las industrias detrás de su fabricación son significativos, considerando los grandes volúmenes de propiedad de mascotas en todo el planeta (Hammerly T, 2012).

El alimento comercial para animales de compañía se ha convertido en uno de los alimentos más exitosos para los animales domésticos en las últimas décadas, desplazando los restos de comida humana. La industria de alimentos para mascotas dejó de ser un nicho de mercado. Como se demostró en estudios anteriores, se ha convertido en un sector económico de importancia fundamental (Leenstra F, 2011), un sistema comercial particular en muchos países occidentales y un sector en crecimiento en los países bananeros. Por lo tanto, también se debe prestar atención a la producción comercial de alimentos para mascotas si deseamos reducir la HEA de los animales domésticos (por supuesto, sus impactos podrían reducirse mediante, por ejemplo, cambios en las leyes de propiedad de mascotas, límites a la cantidad y los tipos de mascotas que las personas pueden tener; y la creación de mejores pautas sobre la alimentación de las mascotas).

Sin embargo, la industria de alimentos para mascotas es única en lo que respecta a la sostenibilidad, porque

las formulaciones comerciales de alimentos para mascotas se basan en la demanda del consumidor (por ejemplo; energía suficiente, basta nutrición, alimentos equilibrados y funcionales) y muchas veces proporcionan un excedente en nutrientes (D., 1995). Asimismo, existe una tendencia al alza en la obesidad entre los animales domésticos en las culturas occidentales, porque consumen demasiado y, por ende, desperdician recursos. Ambos factores representan una barrera importante para la optimización sostenible del sector de alimentos para mascotas y para la propiedad de mascotas en general (Swanson KS, 2013). Debido a que el número de dueños de animales de compañía está aumentando, se espera que las ventas de productos crezcan en un futuro cercano, creando una demanda cada vez mayor de alimentos para mascotas.

Leenstra y Vellinga 2011 señalaron que esta gran demanda está ya empezando a superar los despojos disponibles del consumo de pescado que se requieren para elaborar alimentos para mascotas. La carne utilizada en los alimentos para mascotas y otros ingredientes de origen vegetal compiten ahora con los alimentos aptos para el consumo humano. De modo que, la sostenibilidad de las industrias de alimentos para animales domésticos, como productores de alimentos y contaminadores, debe analizarse seriamente, porque ahora están afectando significativamente al cambio climático global (Swanson KS, 2013). Debido a esta creciente preocupación por el desarrollo ambiental sostenible, la industria de comida para mascotas debería reconsiderar cómo promover el progreso tecnológico en la producción de alimentos para animales domésticos.

El objetivo de este estudio es medir la relación entre la ingesta de alimentos domésticos y las consecuencias ambientales concomitantes. En el presente estudio, proporcionamos una descripción general de las emisiones de HEA y GEI dietéticas de los perros y gatos de compañía individuales y totales provenientes de los distritos 1, 2 y 3 de la ciudad de Guayaquil - Ecuador, de acuerdo con los datos primarios que recopilamos de los dueños de perros y gatos de compañía en estos sectores. El contexto, las conclusiones y las recomendaciones del actual estudio pueden servir como un soporte de motivación para futuras investigaciones sobre los impactos medioambientales de los animales de compañía desde una perspectiva integral.

Materiales Y Métodos

Cálculos de huellas ecológicas en animales

Para medir el HEA de los perros, Vale y Vale, 2009 analizaron los ingredientes de una marca común de alimentos para perros del Reino Unido y asumieron que las porciones recomendadas indicadas en el empaque representaban las cantidades reales alimentadas a los animales de compañía. Utilizando los metros cuadrados (m²) de terreno necesarios para

generar los gramos secos previamente convertidos en pollo entero o granos presentes en el producto (teniendo en cuenta el contenido específico de agua), obtuvieron una HEA de 0.27 hectáreas (ha) para un promedio perro de tamaño mediano (0,18 para perros pequeños y 0,36 para perros grandes). Cotejaron esto con un can que tenía una dieta humana omnívora y recabaron una HEA de 0,48 ha por año.

Para los gatos, emplearon la misma metodología para deducir la huella de un suministro de 1 año de comida seca para gatos y recabaron 0,3 ha por año. Vale & Vale (op.cit.) también valoraron la huella del embalaje, pero acabaron pensando que era una cantidad muy pequeña para ser significativa. Para la comida enlatada para gatos, asumieron un 80% de humedad y convirtieron el contenido de proteína en su equivalente de carne cruda. Suponiendo que un gato se alimenta con una lata de 400 gramos al día durante un año, calcularon una huella de 0,84 ha por año para la carne de res, 0,13 ha por año para todas las demás carnes de ganado y 0,54 ha por año para la carne de pescado.

Los resultados de Vale & Vale, 2009 se publicaron en numerosos artículos de prensa, por ejemplo (R., 2009) (L. P., 2009) y provocaron un alboroto entre los medios de comunicación y los dueños de mascotas. Los resultados de su estudio fueron luego confirmados por John Barrett del Stockholm Environment Institute (Reino Unido) en la revista *New Scientist* (R., 2009). Sus cálculos, basados en sus propios datos, indicaron esencialmente los mismos (relativamente altos) resultados de HEA, sobre todo debido a la alta huella de carbono de la carne.

Sin embargo, la precisión de sus cálculos y los de Vale y Vale fue criticada en diferentes aspectos: la sobreestimación de la cantidad de calorías que un perro necesita diariamente; los cálculos se basan en datos de carne de origen humano en lugar de subproductos cárnicos; y la omisión de las huellas producidas al procesar los ingredientes, fabricarlos en alimentos, empacarlos y transportarlos (K., 2009) (C., 2009) (NS., 2010) (Rushforth R, 2013) (AC., 2015). Además, Vale & Vale (Vale, 2009) asumieron que los dueños alimentaban a sus compañeros tal cual como lo recomendaba la industria de alimentos para mascotas; no obstante, muchos hogares seleccionan dietas no comerciales o complementan la dieta de sus mascotas con sobras de la comida.

Se llevaron a cabo tres estudios en contraparte a estas críticas. El primer estudio fue ejecutado por la Universidad Estatal de Arizona, investigando la HEA para comida seca en perros. Rushforth y Moreau (Rushforth R, 2013) utilizaron una evaluación híbrida del ciclo de vida de insumos y productos económicos para examinar la cadena de suministro y la producción de energía asociada con la fabricación de alimentos para mascotas, dentro de una fábrica en particular. La meta de esta investigación fue contestar las críticas a la metodología de Vale & Vale. Usando los valores

de contenido de proteína para diferentes carnes de ganado, calcularon la carne necesaria para igualar los niveles de proteína requeridos en una cierta cantidad de toneladas de alimento para mascotas por año, luego estimaron los requisitos de uso de la tierra y la huella de carbono y agua para esta cantidad de carne. Un hallazgo interesante de Rushforth y Moreau (Rushforth R, 2013) es que el uso de carne magra en la comida para perros fue mejor, en términos de impactos ambientales, que el uso de despojos, porque su contenido de proteínas satisface más fácilmente los requisitos de proteínas de un perro. Además, encontraron que los procesos de fabricación de alimentos para perros tienen una huella de carbono significativamente alta entre todos los fabricantes de alimentos para mascotas. Junto con una selectiva fuente de carne, recomendaron sistemas de energía alternativos como posibles tratamientos para reducir la huella de carbono de las comidas para mascotas fabricadas industrialmente (Rushforth R, 2013). En sus resultados, informaron un valor de 1,06 ha de tierra necesaria para que un fabricante de alimentos para mascotas produzca 1 tonelada de comida para perros, lo que equivale a 11,72 m² por kilogramo.

La segunda investigación fue publicada por Wageningen Livestock Research (WUR) y se basó en la competencia por la comida y el espacio de gatos, perros y caballos en los Países Bajos. Los cálculos de WUR se enfocaron en productos comestibles para personas, lo que podría sobreestimar la HEA (Leenstra F, 2011). No obstante, los científicos no incluyeron los derrames ni la sobrealimentación, lo que en su mayoría compensa estas sobreestimaciones.

Utilizando datos de cosechas relativamente altas del noroeste de Europa, Leenstra y Vellinga (Leenstra F, 2011) estimaron una huella ecológica de gato de 0,1 ha y una huella ecológica de perro de 0,2 ha. Conjeturaron estas cifras a la propiedad de mascotas en Holanda y encontraron que aproximadamente el 40% de todas las tierras cultivables holandesas serían necesarias para producir las 82K de hectáreas para la dieta de estas mascotas (Leenstra F, 2011).

La tercera investigación fue realizada por los dos autores de este artículo. Evaluamos la HEA dietética, derivada de la HE, y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de gatos y perros en los distritos 1 y 2 de Guayaquil, información dotada por la dirección de Bienestar Animal de la Alcaldía de Guayaquil 2021. Los factores cruciales que predominaron en estas huellas, incluyeron el peso promedio de los gatos y perros de la muestra, sus dietas (basadas en pollo y cereales) y las cantidades diarias con las que fueron nutridos. Evaluamos los impactos ambientales relacionados con la posesión de mascotas al mismo tiempo que mejoramos la comprensión de los requisitos nutricionales para gatos y perros, la producción de alimentos para mascotas y sus impactos en el medio ambiente. Los resultados de estos estudios mostraron que los perros de compañía (en particular, los perros grandes) en los distritos 1 y 2 de Guayaquil consumían

más recursos alimenticios que sus necesidades reales y, por lo tanto, tenían una HEA dietética relativamente alta y enormes emisiones de GEI. Estos hallazgos indican que la sobrealimentación y el desperdicio de alimentos son un fenómeno común entre los dueños de animales de compañía (especialmente perros) en los distritos 1 y 2 de Guayaquil.

En el presente estudio, el método utilizado para calcular la HEA de perros y gatos domésticos de tamaño medio en los distritos 1, 2 y 3 de Guayaquil también se derivó de la HE, a menudo utilizada para medir el impacto general de la humanidad en la naturaleza, mediante el análisis de seis categorías principales de áreas terrestres ecológicamente productivas: de cultivo, de pastoreo, forestales, pesqueras, urbanizadas y energéticas (Wackernagel M, Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth., 1998a) (Fu W, 2015). Cada uno de estos seis prototipos de tierra emplea su propio factor de productividad y equivalencia al año. Para estimar y cuantificar la HEA dietética de los animales de compañía con respecto a su alimento seco comercial, se identificaron dos materiales de consumo (pollo y cereal) como relevantes en este estudio, y como resultado, solo la tierra de cultivo y de pastoreo. En esta investigación, nos enfocamos principalmente en el consumo comercial de comida seca y en los impactos medioambientales de los perros y gatos domésticos de volumen medio. En el presente estudio se incluyeron la HEA dietética y las emisiones de GEI de los perros y gatos de compañía individuales y totales del distrito 3, junto con la comparación de los hallazgos de los distritos 1 y 2 que a continuación se detallan.

Tres casos: distrito 1 (sur), distrito 2 (norte) y distrito 3 (centro) de Guayaquil.

La información básica sobre los nutrientes y el contenido calórico de los alimentos secos comerciales para animales de compañía de los distritos 1, 2 y 3 de Guayaquil, se presenta en la tabla 1.

De acuerdo con los datos recopilados junto a la Unidad de Bienestar Animal de la Alcaldía de Guayaquil de estos tres distritos, se cuantifica el consumo individual y total de alimentos para perros y gatos de compañía (tabla 2).

Los impactos ambientales de los perros y gatos de compañía en los distritos 1, 2 y 3 de Guayaquil:

Cuantificamos la HEA dietética, las emisiones de GEI y el consumo de energía de los perros y gatos de compañía de acuerdo con su consumo de alimentos secos comerciales en estos tres distritos. La HEA de comida o dieta de un perro de tamaño medio en el D1 oscila entre 0,82 y 4,19 ha anual (GS., 2017), mientras que para un gato éste oscila entre 0,36 y 0,63 ha anual. Dado que este distrito tiene una gran población de perros y gatos de compañía y callejeros inclusive; sus impactos ambientales totales son sin duda significativos. Específicamente, si asumimos que todos los perros y gatos de compañía comen comida seca comercial en D1, su HEA dietética se calcula entre 43 mil y 151 mil ha por año, lo que equivale a la

HE dietética de entre 72 mil y 252 mil de ciudadanos en un año. Las emisiones de GEI derivadas de este consumo de alimentos secos oscilan entre 16,7 mil y 57,4 mil toneladas al año. La HEA en comida o dieta de un perro de volumen medio en el D2 estaba entre 0,33 y 2,19 ha por año, mientras que para un gato estaba entre 0,32 y 0,56 ha por año. La HEA dietética de todos los perros y gatos de compañía en el D2 se encuentra entre 6,6 mil y 28,3 mil ha por año, equivalente a la HE dietética de entre 4,62 mil y 19,79 mil ciudadanos. Las emisiones de GEI del consumo de alimentos para perros y gatos del D2 oscilaron entre 2,52 mil y 10,70 mil toneladas, lo que equivale a las emisiones de GEI resultantes del consumo de alimentos de entre 1,17 mil y 4,95 mil de ciudadanos. Con respecto a los perros y gatos de compañía en el D3, nuestros resultados mostraron que la HEA dietética de un perro de tamaño promedio estaba entre 0,90 y 3,66 ha por año, mientras que para un gato estaba entre 0,40 y 0,67 ha por año. La HEA dietética de todos los perros y gatos de compañía en el D3 fue de entre 2,9 mil y 8,7 mil hectáreas por año, lo que equivalía a la HE total de entre 5 mil y 15 mil ciudadanos. Las emisiones de GEI del consumo de alimentos para perros y gatos del D3 estuvieron en el rango de entre 1,09 mil y 3,28 mil toneladas, lo que equivale a entre 9400 y 28400 emisiones de GEI de los ciudadanos del D3 con respecto a su consumo total de recursos (tabla 3, tabla 4).

Nuestros resultados muestran que la HEA dietética de un perro de compañía que dependía de la comida seca comercial en el D3 o en el D1 era aproximadamente dos veces mayor que el de un perro que dependía de la comida seca comercial en el D2. En efecto, sus emisiones de GEI y consumo de energía fueron más altos que sus semejantes del D2. El D1 posee la mayor cantidad de perros domésticos entre los tres distritos, y los del D3 poseen la menor cantidad. De modo que, la HEA dietética, las emisiones de carbono y el consumo de energía de todos los perros de compañía en el D1 fueron los más altos, mientras que estos valores en el D3 fueron los más bajos (tabla 3). Con respecto a los gatos, nuestros resultados muestran que la HEA dietética, las emisiones de GEI y el consumo de energía per cápita para los gatos domésticos son similares en los tres distritos. No obstante, aunque los impactos ambientales per cápita fueron similares, sus impactos ambientales totales distan bastante. El número total de gatos domésticos en el D1 es el mayor, debido a su gran número, así como consumo de recursos y, en gran medida, contribución en un mayor impacto ambiental que los gatos domésticos en los D3 y D2 (tabla 4). Además, también encontramos que muchos perros de compañía en los D3 y D1 consumían más energía de la que realmente necesitaban, mientras que, en los tres distritos, la ingesta calórica de los gatos de compañía era suficiente para compensar sus necesidades energéticas.

Resultados

Reducir la huella ecológica alimentaria de las mascotas

La gran parte de los estudios en la literatura que tenían como finalidad analizar el consumo de energía animal y elaborar recomendaciones de políticas a menudo consideran la salud animal como un indicador esencial (Nutrition NRCCoA., 1971) (Fleeman LM, 2007) (Birmingham EN T. D., 2010) (Linder DE, 2010) (Fowler V, 2013) (Birmingham EN T. D., 2014) (GS., 2017). Por lo general, sostienen una correlación positiva entre el consumo de energía y el estado de salud de un animal. Estos estudios implican que los animales consumen mucha energía (es decir, a través del consumo de carne) y, por lo tanto, se debe prestar más atención a reducir su ingesta energética y, al mismo tiempo, salvaguardar su salud y bienestar nutricional (Collier R, 1982) (Mullis RA, 2015). El presente estudio establece una relación clara entre el consumo de alimentos para animales de compañía y los impactos ambientales al revisar los datos de tres distritos de Guayaquil. En él, destacamos un predictor desatendido del daño ambiental y desarrollamos enfoques novedosos no solo para la relación entre la ingesta energética de un compañero y el estado de salud, sino también para la relación entre su consumo de alimentos y el desarrollo ambientalmente sostenible.

Sin embargo, a diferencia de las dietas humanas, los productos alimenticios para mascotas presentan un conjunto limitado de opciones, especialmente si las opciones de los dueños de animales de compañía se limitan a las mezclas predeterminadas de ingredientes que utilizan los fabricantes (Rushforth R, 2013). Reducir la HEA dietética de los animales de compañía depende en gran medida de la selección de las recetas y los ingredientes que requieren menos tierra, producen la menor cantidad de emisiones y proporcionan suficientes nutrientes (Rushforth R, 2013). Esto pretende que las industrias de alimentos para mascotas acepten la responsabilidad de crear alimentos para mascotas más sostenibles a través del diseño de productos y procesos de fabricación; por ejemplo, instalaciones de producción que funcionan con energía renovable o cadenas de suministro ecológicas; (Rushforth R, 2013) (Swanson KS, 2013) (AC., 2015). Además, aumentar la biodisponibilidad y digestibilidad de los alimentos para animales también puede ayudar a reducir el desperdicio de comida (Swanson KS, 2013). Investigaciones anteriores han demostrado que el contenido de proteínas en los productos de origen animal es aproximadamente 11 veces mayor que el de los productos de origen vegetal, lo que significa que los fabricantes de alimentos para animales de compañía pueden alcanzar los niveles de contenido de proteínas requeridos de manera más eficiente si utilizan más productos de origen animal en la producción de alimentos para animales de compañía (Swanson KS, 2013). No obstante, las proteínas que se encuentran en la carne también tienen un mayor impacto ambiental que las que se encuentran en las plantas y los cereales (Swanson KS, 2013), por lo que consumir menos proteínas animales o reemplazarlas con proteínas de origen vegetal reduciría las emisiones de GEI (Westhoek H, 2011).

Tabla 1. El porcentaje de nutrientes y contenido calórico en alimentos secos comerciales para perros y gatos en los tres distritos de la ciudad de Guayaquil, Ecuador.

	Perro			Gato		
	Distrito 1	Distrito 2	Distrito 3	Distrito 1	Distrito 2	Distrito 3
Proteína (en porcentaje)	25.21	25.67	24.70	29.15	26.00	33.18
Grasa (en porcentaje)	13.80	14.67	8.33	13.17	7.50	12.76
Ceniza (en porcentaje)	9.23	8.00	6.25	8.39	8.00	7.70
Fibra (en porcentaje)	3.72	3.83	2.33	4.66	6.25	3.58
Humedad (en porcentaje)	10.44	10.00	13.44	8.75	10.00	10.12
Carbohidratos (en porcentaje)	37.60	37.83	44.95	35.88	42.25	32.66
Calorías (en kilocalorías por kilogramo)	33371.35	3533.3	3145.80	3395.50	3445.0	3389.00

Tabla 2. Número de animales de compañía y su consumo comercial de alimentos secos en los tres distritos.

	Perro			Gato		
	Distrito 1	Distrito 2	Distrito 3	Distrito 1	Distrito 2	Distrito 3
Consumo de alimentos per cápita (en kilogramos por año)	48-243	19-123	61-247	20-34	18-31	20-33
Números totales (en miles)	27.4	10.35	1.8	58.1	9.96	3.2
Consumo total de alimentos (en miles de kilogramos por año)	1308-6656	194-1271	109-445	1168-1954	178-311	64-106

Tabla 3. Las emisiones de la Huella Ecológica Animal (HEA) dietética y los Gases de Efecto Invernadero (GEI) de perros mascotas en los distritos 1, 2 y 3 de la ciudad de Guayaquil - Ecuador.

Tamaño del perro	Distritos	HEA (en hectáreas)	Emisiones de GEI (en toneladas)
Tamaño medio de perro per cápita	Distrito 3	0.90-3.66	0.349-1.424
	Distrito 2	0.33-2.19	0.127-0.831
	Distrito 1	0.82-4.19	0.313-1.592
Vida de un perro	Distrito 3	10.77-43.93	4.188-17.087
	Distrito 2	4.01-26.28	1.522-9.972
	Distrito 1	9.89-50.32	3.756-19.104
Perros totales	Distrito 3	1.62 mil - 6.59 mil	0.608 mil - 2.480 mil
	Distrito 2	3.40 mil - 22.70 mil	1.312 mil - 8.596 mil
	Distrito 1	22.5 mil - 114.8 mil	8.576 mil - 43.621 mil

Nota: un perro de tamaño medio pesa entre 10 y 20 kilogramos.

Tabla 4. Las emisiones de la Huella Ecológica Animal (HEA) dietética y los Gases de Efecto Invernadero (GEI) de gatos mascotas en los distritos 1, 2 y 3 de la ciudad de Guayaquil - Ecuador.

Tamaño del gato	Distritos	HEA (en hectáreas)	Emisiones de GEI (en toneladas)
Tamaño medio de gato per cápita	Distrito 3	0.40-0.67	0.150-0.251
	Distrito 2	0.32-0.56	0.121-0.211
	Distrito 1	0.36-0.63	0.141-0.237
Vida de un gato	Distrito 3	5.62-9.39	2.102-3.511
	Distrito 2	4.46-7.80	1.693-2.959
	Distrito 1	5.04-8.82	1.974-3.318
Gatos totales	Distrito 3	1.28 mil - 2.14 mil	0.480 mil - 0.803 mil
	Distrito 2	3.20 mil - 5.60 mil	1.204 millones - 2.105 mil
	Distrito 1	20.90 mil - 36.60 mil	8.192 millones - 13.770 mil

Nota: un gato de tamaño medio pesa entre 2 y 6 kilogramos.

Por lo tanto, la primera y más evidente solución para reducir drásticamente la HEA dietética de los animales de compañía es adoptar dietas vegetarianas o veganas. Esta dieta alternativa ha generado un debate continuo y divisivo, porque puede no ser el mejor camino posible para mantener la salud de un animal (o puede ser imposible, dadas ciertas necesidades dietéticas, por ejemplo, gatos, que son carnívoros obligados) mientras reduce significativamente su HEA dietética. No obstante, las dietas alternativas no tienen por qué significar una abstención total de carne. La elección de las fuentes de proteína ofrece un gran potencial de reducción dependiendo de la selección de carne de alto o bajo impacto (Durk Nijdam, 2012). Al preferir las fuentes de aves de corral o pescado a la carne de res, por ejemplo, se puede lograr un contenido y una calidad de proteína deseables al mismo tiempo que se reducen las emisiones de HEA y de GEI (L. S. , 2014) (Vale, 2009).

Discusión

Se ha demostrado que la prevalencia de la obesidad en los animales de compañía aumenta en consonancia con la obesidad humana (AJ., 2006) (Morrison R, 2014). La mayoría de los perros de compañía grandes en los distritos 1, 2 y 3 de Guayaquil consumen más energía de la que realmente necesitan para mantener una actividad normal, lo que sugiere que la sobrealimentación y el desperdicio de alimentos son comunes entre sus dueños. Mantener el peso corporal ideal y evitar la sobrealimentación con nutrientes en exceso podría disminuir el desperdicio de alimentos y reducir las emisiones de GEI y la HEA de la dieta (Swanson KS, 2013) (L. S. , 2014). Además de los veterinarios, la industria de alimentos para mascotas y los minoristas relevantes podrían tratar de promover el conocimiento de este hecho destacado

proporcionando etiquetas informativas. Se enfatiza fuertemente mejorar la uniformidad de las etiquetas de los alimentos y brindar información a los clientes sobre el significado de las indicaciones en las etiquetas y podría mejorar el conocimiento de los propietarios sobre cómo alimentar a sus animales (PBL, 2013). Se podría animar a los dueños a verificar las declaraciones de suficiencia nutricional del etiquetado y preguntar a los fabricantes qué evidencia pueden entregar para garantizar la solidez nutricional y la consistencia de las dietas de sus mascotas (Knight A, 2016). Más allá de la voluntad del consumidor, la selección de proveedores más sostenibles para la composición y selección de ingredientes también puede intensificar la sostenibilidad de los alimentos para animales de compañía, por ejemplo, al optar por alimentos de cultivos que usan menos fertilizantes (Swanson KS, 2013) (AC., 2015).

Otra opción, planteada por Rastogi 2010, es reciclar los alimentos (humanos) de los dueños de animales de compañía que, de otro modo, se desperdiciarían, transformándolos en alimentos para mascotas (siempre que conlleven el equilibrio correcto de nutrientes). Esfuerzos más amplios para reducir las emisiones diarias, por ejemplo, ir en bicicleta al trabajo, también pueden constituir una compensación personal para los dueños de mascotas, para equilibrar su HE contra el HEA de sus animales de compañía (NS., 2010), aunque esto puede parecer bastante artificial. Schwartz (L. S. , 2014) aludió otras soluciones simples para reducir los impactos ambientales de las mascotas además de sus dietas. Por ejemplo, librarse de las deposiciones de un perro de manera responsable podría evitar que los desechos animales contaminen las fuentes de agua. Vale y Vale (Vale, 2009) señalaron que el empaque de alimentos para mascotas no es un problema tan importante para la HEA de una mascota como sus recomendaciones principales: compartir una mascota comunitaria en lugar de tener una

mascota individual, adoptar mascotas comestibles como gallinas ponedoras o simplemente tener perros y gatos más pequeños en general. Todas las soluciones y estrategias propuestas por otros y en este presente estudio, siendo algunas más realistas que otras, reafirman la importancia de los impactos ambientales del consumo de alimentos para mascotas y cualquier otro recurso por parte de los animales de compañía.

La investigación muestra que las personas que tienen una mascota son, en general, más saludables que las que no las tienen. Las mascotas también aumentan la capacidad de empatía y contacto social entre los niños (características útiles para una vida sana y feliz). Además, las personas que están muy involucradas en el bienestar animal parecen tener más compasión por los problemas de las personas (Amiot C, 2016). Sin embargo, por otro lado, se espera que los impactos ambientales negativos del consumo de alimentos por parte de los animales de compañía crezcan en todo el mundo en un futuro próximo (GS., 2017). Además de la comida, los animales de compañía también necesitan agua, entretenimiento, atención médica, espacio para vivir y muchos otros recursos y servicios, todo lo cual afecta dramáticamente su impacto ambiental. Por lo tanto, en estudios futuros se debe considerar una cuantificación más amplia de todos los consumos de recursos de los animales de compañía (p. ej., huella hídrica, huella de salud) y la producción de desechos (p. ej., heces). Además, el impacto ambiental de otros grupos de animales, como los animales de granja, los animales salvajes, los animales de zoológico, los animales de trabajo y los animales de laboratorio también son áreas interesantes para futuras investigaciones. El presente estudio se realizó de acuerdo con datos de los distritos 1, 2 y 3 de la ciudad de Guayaquil - Ecuador; más estudios sobre los impactos ambientales de otros grupos de animales desde perspectivas globales o transculturales también merecen más atención.

Conclusión

Los productos animales tienen un mayor impacto ambiental que los productos de origen vegetal, y algunos investigadores han cuantificado las diferentes emisiones de carbono o GEI de la carne y los cereales. Por lo tanto, también se debe considerar la cuantificación de los diferentes impactos de los productos de origen animal y vegetal consumidos por los animales de compañía en diferentes países. Además de la comida seca comercial, los dueños de animales de compañía alimentan a sus animales con comida enlatada, comida casera y carne pura. Por lo tanto, otra vía interesante para futuras investigaciones sería cuantificar la HEA dietética de los animales de compañía con respecto a su consumo diario exacto de alimentos. Como sugirieron Rushforth y Moreau (Rushforth R, 2013), la investigación adicional también podría incluir comparaciones de las contribuciones de tener una mascota a varias actividades asociadas con la sociedad (por ejemplo, perros versus gatos).

Aunque el compañerismo animal puede beneficiar los aspectos fisiológicos, psicológicos y sociales de la calidad de vida humana, se necesita mayor conocimiento y conciencia para permitir que los dueños de gatos y perros reconozcan los costos ambientales de tener mascotas. Al brindar una perspectiva más amplia, Swanson y sus colegas (Swanson KS, 2013) argumentaron que garantizar la tenencia sostenible de mascotas incluye satisfacer las necesidades actuales y futuras de las mascotas al proporcionarles una nutrición adecuada. En consecuencia, evaluar si y cómo el sistema de alimentos para mascotas en su conjunto puede apoyar de manera sostenible la salud y la nutrición de la creciente población de animales de compañía también es de gran importancia en el futuro cercano (Swanson KS, 2013).

Referencias

- AC., B. (March de 2015). Obtenido de Creature Companion: <https://creature-companions.in/>
- AJ., G. (2006). The growing problem of obesity in dogs and cats. *Journal of Nutrition*(136), 1940S-1946S.
- Amiot C, B. B. (2016). People and companion animals: It takes two to tango. *BioScience*(66), 552-560.
- Bermingham EN, T. D. (2010). Energy requirements of adult cats. *British Journal of Nutrition*(103), 1083-1093.
- Bermingham EN, T. D. (2014). Energy requirements of adult dogs: A meta-analysis. *PLOS ONE*(9).
- Beverland MB, F. F. (2008). Exploring the dark side of pet ownership: Status-and control-based pet consumption. *Journal of Business Research*(61), 490-496.
- C., W.-D. (2009). *Dogs vs. SUVs*. Recuperado el Noviembre de 2020, de Sightline Institute: www.sightline.org/2009/11/02/dogs-vs-cars
- Collier R, B. D. (1982). Influences of environment and its modification on dairy animal health and production. *Journal of Dairy Science*(65), 2213-2227.
- CP., F. (2000). Battered women and their animal companions: Symbolic interaction between human and nonhuman animals. *Society and Animals*(8), 99-127.
- Csutora M, M. Z. (2009). Sustainable consumption: From escape strategies towards real alternatives. *Sustainable Consumption Conference. Sustainable Consumption, Production, and Communication*.
- Cutt H, G.-C. B. (2007). Dog ownership, health and physical activity: A critical review of the literature. *Health and Place*(13), 261-272.
- D., H. (1995). Animal welfare: The consumer and the food industry. *British Food Journal*(97), 3-7.
- Durk Nijdam, T. R. (2012). The price of protein: Review of land use and carbon footprints from life cycle assessments of animal food products and their substitutes. *Food Policy*, 37(6), 760-770. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2012.08.002>.
- Fleeman LM, O. E. (2007). Animal Physiotherapy: Assessment, Treatment and Rehabilitation of Animals. (G. L. McGowan C, Ed.) *Applied animal nutrition*, 14-31.
- Fowler V, F. M. (2013). Energy requirements for the growing pig. *Energy Metabolism: Proceedings of the Eighth Symposium of the European Association of Animal Production.*, 151-156 in Mount LE.
- Fu W, T. J. (2015). Ecological footprint (EF): An expanded role in calculating resource productivity (RP) using China and the G20 member countries as examples. *Ecological Indicators*(48), 464-471.
- GS., O. (2017). Environmental impacts of food consumption

- by dogs and cats. *PLOS ONE*(12).
- Hammerly T, D. B. (2012). The environmental impact of pets. *Green Teacher*(95), 25-28.
- K., R. (2009). How green is your pet? *New Scientist*(204), 46-47.
- Knight A, L. M. (2016). Vegetarian versus meat-based diets for companion animals. *Animals*(6), 57.
- L., P. (November de 2009). How big is a dog's eco-pawprint? *Audobon*. Obtenido de www.audubon.org/news/how-big-dogs-eco-pawprint
- L., S. (November de 2014). The surprisingly large carbon paw print of your beloved pet. *Salon*. Obtenido de www.salon.com/2014/11/20/the_surprisingly_large_carbon_paw_print_of_your_beloved_pet_partner
- Leenstra F, V. T. (2011). Indication of the ecological foot print of companion animals: First survey, focussed on cats, dogs and horses in the Netherlands. *Wageningen UR Livestock Research*. (Report no 410650).
- Linder DE, F. L. (2010). Evaluation of calorie density and feeding directions for commercially available diets designed for weight loss in dogs and cats. *Journal of the American Veterinary Medical Association*(236), 74-77.
- M.I. Municipalidad de Guayaquil. (2022). Recuperado el mayo de 2022, de M.I. Municipalidad de Guayaquil: <https://www.guayaquil.gob.ec/municipio-y-universidad-de-guayaquil-firman-convenios-para-que-estudiantes-realicen-practicas-preprofesionales/>
- Martens P, E.-S. M.-J. (2016). The emotional lives of companion animals: Attachment and subjective claims by owners of cats and dogs. *Anthrozoös*(29), 73-88.
- Morrison R, R. J. (2014). A 6-month observational study of changes in objectively measured physical activity during weight loss in dogs. *Journal of Small Animal Practice*(55), 566-570.
- Mullis RA, W. A. (2015). Maintenance energy requirements of odor detection, explosive detection and human detection working dogs. *PeerJ*(3), e767.
- NS., R. (23 de February de 2010). Recuperado el 05 de octubre de 2021, de Slate: <https://slate.com/technology/2010/02/the-environmental-impact-of-pet-food.html>
- Nutrition NRCCoA. (1971). Nutrient Requirements of Poultry. *National Academies Press*.
- PBL. (2013). Netherlands Environmental Assessment Agency (PBL). *Agency NEA*.
- Pimentel D, P. M. (2003). Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment. *American Journal of Clinical Nutrition*(78), 660S-663S.
- R., A. (December de 2009). Polluting pets: The devastating impact of man's best friend. *Independent*.
- Reijnders L, S. S. (2003). Quantification of the environmental impact of different dietary protein choices. *American Journal of Clinical Nutrition*(78), 664S-668S.
- Rushforth R, M. M. (2013). Finding Your Dog's Ecological "Pawprint": A Hybrid EIO-LCA of Dog Food Manufacturing. Arizona State University.
- Su B, K. N. (2018a). How Japanese companion dog and cat owners' degree of attachment relates to the attribution of emotions to their animals. *PLOS ONE*(13).
- Su B, M. P. (2018). Environmental impacts of food consumption by companion dogs and cats in Japan. *Ecological Indicators*(93), 1043-1049.
- Su B, M. P.-S.-J. (2018b). A neglected predictor of environmental damage: The ecological paw print and carbon emissions of food consumption by companion dogs and cats in China. *Journal of Cleaner Production*(194), 1-11.
- Swanson KS, C. R. (2013). Nutritional sustainability of pet foods. *Advances in Nutrition: An International Review Journal*(4), 141-150.
- Vale, V. (2009). Time to Eat the Dog? The Real Guide to Sustainable Living. En V. Vale, *Time to Eat the Dog? The Real Guide to Sustainable Living*. Thames and Hudson.
- Wackernagel M, R. W. (1998a). Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. *New Society Publishers*.
- Wackernagel M, R. W. (1998b). Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. *New Society Publishers*.
- Westhoek H, R. T. (2011). The Protein Puzzle: The Consumption and Production of Meat, Dairy and Fish in the European Union. *Netherlands Environmental Assessment Agency*.
- Wirsenius S, A. C. (2010). How much land is needed for global food production under scenarios of dietary changes and livestock productivity increases in 2030? *Agricultural Systems*(103), 621-638.
- Wood L, G.-C. B. (2005). The pet connection: Pets as a conduit for social capital? *Social Science and Medicine*(61), 1159-1173.

Estudios Botánicos en la costa de Ecuador

Botanical studies in coastal Ecuador

Xavier Cornejo¹

¹Herbario GUAY, Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, Av. Raúl Gómez Lince s.n. y Av. Juan Tanca Marengo (campus Mapasingue), P.O. Box 09-01-10634, Guayaquil, Ecuador.

Recibido 30 agosto 2022, aceptado 10 noviembre 2022, en línea 10 de diciembre 2022.

Resumen

Se presenta un reporte de los estudios botánicos realizados en la costa de Ecuador, desde las primeras expediciones llevadas a cabo durante los siglos XVIII y XIX hasta el clímax de las investigaciones botánicas llevadas a cabo desde el siglo XX hasta la presente fecha. Se trata también la influencia de las corrientes oceánicas en la formación de las biorregiones de la costa de Ecuador en ecosistemas de manglar y tierra firme, y se comenta algunas tendencias morfológicas y las novedades taxonómicas encontradas en estas biorregiones.

Palabras clave: diversidad, endemismo, investigación, neotrópico.

Abstract

A report of the botanical studies carried out on the coast of Ecuador is presented, from the first expeditions carried out during the 18th and 19th centuries to the climax of botanical research carried out from the 20th century to the present date. The influence of ocean currents in the formation of bioregions on the coast of Ecuador in mangrove and mainland ecosystems is also discussed, and some morphological trends and taxonomic novelties found in these bioregions are discussed.

Key words: diversity, endemism, neotropics, research.

Introducción

Ecuador es un país pequeño localizado en el Pacífico Este dentro del cinturón tropical, desde 1°28'N hasta 3°24'S, está transversalmente interceptado por la latitud cero. Geográficamente, se encuentra ubicado en el noroccidente de América del Sur, y se encuentra bordeado al oeste por el Océano Pacífico. De norte a sur, el país está cruzado por la cordillera de los Andes, esta es la principal barrera orográfica en el noroccidente de América del Sur y uno de los principales factores desencadenantes de los elevados niveles de biodiversidad en la región (Antonelli et al., 2009). La costa de Ecuador se encuentra localizada entre las estribaciones occidentales de los Andes y el Océano Pacífico, se ha estimado que posee 6.300 especies de plantas vasculares distribuidas en una superficie de 80.000 km² bajo 900 m (Dodson & Gentry, 1991). Esta región recibe la influencia de dos corrientes oceánicas marcadamente distintas por la composición de sus parámetros físicos y biológicos: (i) El Niño y (ii) Humboldt. Las cuales convergen de manera alternada frente a las costas de Ecuador determinando la presencia de dos regiones biogeográficas florísticamente definidas y un régimen estacional cuyos parámetros físicos

rigen el comportamiento fenológico de las plantas y consecuente el de las poblaciones de la fauna asociada.

El estado de los bosques de la costa ha sido previamente comentado (Bonifaz, 1997). Este artículo presenta una mirada histórica de los estudios botánicos más relevantes desde el periodo colonial hasta la fecha presente y una actualización de los descubrimientos y experiencias botánicas más notorias en los últimos años.

Metodología

Libros como *Reliquiae Hankeanae* (Presl, 1827) y *Nova Genera et Species Plantarum* (1815-1825), fueron inicialmente estudiados durante 2005-2006 en el herbario WIS, del Departamento de Botánica de la Universidad de Wisconsin en Madison, y en la biblioteca Mertz del New York Botanical Garden. Un ejemplar tamaño original de la *Flora Huayaquilensis* ha sido estudiado en el herbario GUAY. La precisión de las fechas de los viajes de Humboldt ha sido comparada con las fechas y localidades del "Journal Botanique", el libro de campo de Aimé Bonpland, que fue revisado para la elaboración del libro de

* Correspondencia del autor:
E-mail: xcornejoquay@gmail.com



Esta obra está bajo una licencia de creative commons: atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.

la visita de Humboldt y Bonpland a la provincia de Guayaquil (Ruales y Cornejo, 2020). Las fechas de colección de los personajes citados según localidades o regiones específicas han sido obtenidas de la literatura y consultando los especímenes registrados y digitalizados en las bases de datos de los herbarios: AAU, B, F, G, GB, MO, NY, P, QCA, S, y US. Los acrónimos de los herbarios son según Thiers (2022). Desde 1995 el autor ha mantenido comunicación personal con varios de los botánicos citados o ha sido testigo de varios eventos aquí reportados. Se tratan mayormente los trabajos más relevantes que han sido publicados, no se cita en detalle los esfuerzos de colección o estudios realizados que no estén publicados.

Resultados

Primeras exploraciones naturalistas durante el periodo colonial: siglos XVIII y XIX

Durante la época colonial, el viaje de Alejandro Malaspina alrededor del mundo (1789-1794), fue la primera expedición científica organizada por el Imperio Español para el estudio de sus colonias y la primera expedición que incluyó un equipo de naturalistas que visitó la costa de Ecuador. Los naturalistas de esta expedición fueron: (i) Thaddäus Haenke, un checo que fue incluido por recomendación de su maestro Nikolaus Joseph von Jacquin desde la Universidad de Viena; (ii) Luis Neé, botánico español nacido en Francia; y, (iii) el coronel guatemalteco Antonio Pineda, zoólogo y jefe del equipo, que se dedicó principalmente a recolectar animales, minerales, fósiles y realizar análisis químicos del agua de mar a diferentes profundidades (Madulid, 1982; Ramos & Alonso, 2018). Las corvetas gemelas de la expedición de Alejandro Malaspina nominadas *Atrevida* y *Descubierta* arribaron a Guayaquil el 1 de Octubre de 1790, durante 28 días los naturalistas exploraron la costa y los Andes centrales del actual Ecuador.

Haenke recorrió los llanos costeros obteniendo las primeras colecciones de plantas de la ciudad de Guayaquil, Daule y Taura, en la actual provincia del Guayas (Fig. 1). Sus colecciones enviadas a Praga fueron estudiadas por los hermanos Carl Borivoj y Jan Svatopluk Presl en los herbarios de PR y PRC, respectivamente. Los resultados botánicos de la expedición de Alejandro Malaspina basados únicamente en las colecciones de Haenke incluyeron docenas de nuevas especies de la costa ecuatoriana que fueron publicadas en *Reliquiae Hankeanae* por el Museo de Praga, entre 1825 y 1835 (Presl, 1827). Otro set de colecciones de Haenke fue enviado a Cádiz en España, este se encontraba en 85 bultos que contenían material botánico que no fue incluido en herbario alguno y al parecer se habrían perdido (Ramos & Alonso, 2018; Jørgensen & León, 1999); a esto se debería el título *Reliquiae Hankeanae*, que traducido significa: los vestigios de Haenke. Sin embargo, en años recientes se ha encontrado duplicados de sus colecciones en los herbarios MO (más de 460), US

(246), F (al menos 106), NY (94), y B (18).

Luis Neé colectó de manera independiente ingresando por el río Babahoyo a la provincia de Los Ríos y desde ahí ascendió a las provincias andinas Chimborazo y Tungurahua, recorriendo aproximadamente 500 km en 18 días, reuniendo 200 números de colección, estos se encuentran en el herbario MA (Jørgensen & León, 1999).

Entre 1784 a 1788, el naturalista Navarro Juan José Tafalla y Navasques asistió en campo a los botánicos españoles Hipólito Ruiz y José Pavón en la expedición al Virreinato del Perú (1777-1888) para la elaboración de la *Flora Peruviana et Chilensis*. Debido a que finalizó el presupuesto, estos regresaron a Madrid en 1788 y establecieron la Oficina Botánica (1788-1835), en donde procesaban las colecciones obtenidas de América, dejando a Tafalla entre 1788 y 1798 a cargo de las investigaciones botánicas en Perú. Posteriormente, Tafalla fue enviado a Guayaquil, en donde se radicó desde 1798 hasta 1804, liderando el primer equipo de naturalistas establecido en esta ciudad para el estudio de la flora regional (Adanero Oslé, 2011). Entre sus principales objetivos estaba levantar un inventario de las maderas nobles, que eran imprescindibles como materia prima estratégica de importancia militar para la construcción de barcos y defensa de las colonias Americanas del imperio Español contra el ataque de los piratas que asediaban y asolaban a las colonias españolas costeras, y documentar las Cinchonas (Rubiaceae) en el sur de los Andes del actual Ecuador (Tafalla, 1989; Cornejo, 2017).

Tafalla colectó alrededor de la ciudad, hacia Taura, Río Bulu-Bulu, cordillera Chongón-Colonche, Yaguachi, Jipijapa y otros lugares. Las etiquetas de sus colecciones en esta región se caracterizan por tener las iniciales "F.H." (= *Flora Huayaquilensis*), esto sugiere que Tafalla consideraba a Guayaquil un área o un proyecto independiente de *Flora Peruviana*

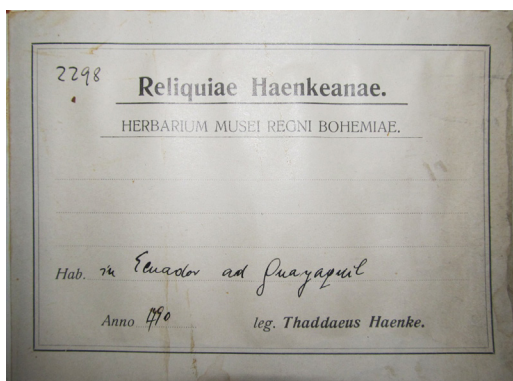


Figura 1. Etiqueta de herbario de espécimen de "membrillo" *Gustavia angustifolia* Benth. (Lecythidaceae), colectado por Haenke en Guayaquil, 1790. Especimen montado del herbario NY.

et Chilensis, y además aspiraba a producir la primera flora de esta región. El colectó más de 500 especies, describiéndolas *in situ* en detalle en Latín, junto con el naturalista Juan Agustín Manzanilla y los artistas Xavier Cortés y Alcócer y José Gabriel Rivera, quienes elaboraron 310 ilustraciones de plantas vasculares de tamaño natural. Las colecciones, descripciones e ilustraciones, junto con detalladas cartas fueron enviadas en varios cargamentos por barco a Hipólito Ruiz y José Pavón, quienes estaban dedicados a la producción de flora de Perú y Chile (Rodríguez Nozal, 1995).

Desafortunadamente, el trabajo de Tafalla fue menospreciado y desatendido, algunas de las especies por él documentadas desde Guayaquil (por ejemplo, las Capparaceae) fueron incluidas en *Flora Peruviana et Chilensis* por Ruiz y Pavón, quienes cambiaron las etiquetas de sus colecciones (Estrella en Tafalla, 1989). Consecuentemente, algunos de estos especímenes han sido designados tipos de nuevas especies cuyos epítetos injustamente fueron acreditados a Ruiz o Pavón, entre algunos ejemplos de estos casos con certeza se pueden citar: *Coccoloba ruiziana* Lindau (Polygonaceae), *Erythroxyllum ruizii* Peyr. (Erythroxylaceae), *Phyllanthus pavonianus* Baill. (Phyllanthaceae) y *Thalia pavonii* Körn (Marantaceae). De este modo, el trabajo de Tafalla quedó perdido por aproximadamente 180 años en los gabinetes del Real Jardín Botánico de Madrid (Estrella en Tafalla, 1989).

En la década de los 80s del siglo XX el Dr. Eduardo Estrella, médico e investigador quiteño, encontró las colecciones, ilustraciones y cartas que estaban olvidadas en el herbario MA e hizo un excepcional trabajo editorial, publicando en 1989 la primera edición de la Flora Huayaquilensis de Juan Tafalla, en la que sacó a luz los procedimientos de Ruiz y Pavón (Adanero Oslé, 2011). Actualmente, después de un periodo de más de 200 años se ha reestablecido los nexos colaborativos entre botánicos de la costa de Ecuador y el Real Jardín Botánico de Madrid, produciendo publicaciones conjuntas de nuevas especies (Fernández-Alonso & Cornejo, 2021, en prep.).

Durante el siglo XIX, entre los naturalistas más acreditados que visitaron la costa de Ecuador están Alexander Von Humboldt, un geógrafo y explorador prusiano, junto con Aimé Bonpland, un colector de plantas francés. Después de visitar Colombia en marzo de 1801, en donde recibieron asistencia e información botánica de parte del naturalista español José Celestino Mutis, Humboldt y Bonpland ingresaron en el actual Ecuador por el puente Rumichaca a finales de Diciembre de 1801 o en los primeros días de Enero de 1802. Estuvieron estudiando la flora, fauna, minerales, orografía y parámetros ambientales en los Andes del actual Ecuador y después Perú, desde donde descendieron a la costa en Trujillo y llegaron a Lima el 23 de octubre 1802 (Sandwith, 1926). El 25 de diciembre del mismo año tomaron un barco que se desplazaba con la corriente oceánica del Perú,

bordeando las costas hacia el norte en dirección a la ciudad de Guayaquil. Durante centurias, esta corriente fría había sido conocida y utilizada para desplazamientos en balsas por los habitantes de la región, sin embargo, fue bautizada con el nombre de Humboldt debido a que precisamente en este viaje fueron registrados sus parámetros físicos y fue dada a conocer de manera oficial a la comunidad científica en Europa en *Cosmos* (Humboldt, 1845).

Desembarcaron en Guayaquil el 4 de Enero de 1803, donde pasaron 6 semanas obteniendo información de las maderas más utilizadas en construcción y embarcaciones con la ayuda del naturalista Navarro Juan Tafalla, quien junto con Juan Agustín Manzanilla los acompañaron personalmente a realizar colecciones en campo (Acosta-Solís, 1968), también visitaron la zona de Babahoyo en la provincia de Los Ríos, y tomaron además registros de la temperatura ambiental y del agua de los ríos. En Guayaquil, Humboldt constató la fina calidad del algodón local y dibujó el primer diseño de la 'Tabla física' o representación gráfica de su obra emblemática *Ensayo sobre la Geografía de las plantas*. Recientemente, se ha publicado un libro que trata en detalle de la visita de Humboldt y Bonpland a Guayaquil (Ruales & Cornejo, 2020).

En febrero de 1803 partieron para Acapulco en la costa del Pacífico del Vireinato de Nueva España, actualmente Méjico, y posteriormente continuaron su viaje hacia Cuba y Norteamérica, regresando a Europa al llegar a Francia en agosto de 1804 (Acosta-Solís, 1968), en donde se establecieron en París, en ese tiempo considerada la capital intelectual de Europa. Las colecciones de plantas obtenidas en la costa de Ecuador y América por Bonpland y Humboldt fueron enviadas al herbario P. El trabajo botánico con el material colectado se dilató debido a la bancarota de varios editores de la obra y a que Bonpland iba muy lento porque estaba demasiado ocupado por ser el responsable de los Jardines de la Emperatriz Joséphine, la esposa de Napoleón Bonaparte, en el parque de La Malmaison, de modo que no pudo cumplir con el estudio botánico, pese a reiteradas cartas enviadas por Humboldt (Holl, 2020).

El 17 de mayo de 1810, Humboldt solicitó a su mentor Carl Ludwig Willdenow ir a París para identificar y sistematizar las colecciones de las plantas obtenidas en América, a los pocos meses Willdenow enfermó y tuvo que regresar a Berlín, tomando su lugar en 1813 el prusiano Carl Sigismund Kunth, uno de los mejores taxónomos de la época, quien también había sido instruido por Willdenow (op. cit.). Los resultados fueron publicados en 7 volúmenes en *Nova Genera et Species Plantarum* (1816-1825), reuniendo aproximadamente 4.500 especies, de éstas 3.472 eran nuevas especies para la ciencia, causando un gran impacto en la comunidad científica Europea de ese tiempo. En esta obra, muchas plantas que son comunes en la costa de Ecuador fueron oficialmente presentadas por primera vez como nuevos descubrimientos.

Como es conocido, las guerras Napoleónicas generaron una crisis económica en el Imperio Español que quedó sin presupuesto para financiar las investigaciones de Historia Natural en el Nuevo Mundo, ni sus resultados. De esta manera, Humboldt con autofinanciamiento publicó los descubrimientos botánicos de América antes que Tafalla y Mutis (op. cit.), obteniendo el crédito sobre estos naturalistas españoles, quienes habían invertido muchos años más investigando en las prístinas regiones de Colombia y Ecuador, respectivamente.

Entre Septiembre y Octubre de 1838, los naturalistas británicos Richard Hinds, George Barclay y Andrew Sinclair, como parte de la expedición alrededor del mundo denominada The Voyage of H.M.S. Sulphur and Harrier around the World (1836-1842), visitaron la isla Puná, Guayaquil, Babahoyo, Santa Elena, Salango y Atacames; durante el trayecto colectaron numerosas especies nuevas de plantas del Bosque Seco Deciduo del Pacífico Ecuatorial, éstas fueron descritas entre 1844 a 1846 por George Bentham (Jørgensen & León, 1999).

Exploraciones nórdicas finales siglo XIX al XX: Flora de Ecuador

Finalizando el siglo XIX, la costa de Ecuador fue visitada por Henrik Franz Alexander Barón von Eggers, él fue un soldado y botánico danés. Entre 1891 y 1897, Eggers realizó 1.700 colecciones de plantas vasculares, principalmente de las partes bajas costeras en El Recreo, su hacienda, localizada cerca de Bahía de Caráquez, en la provincia de Manabí; y en Balao, en la provincia del Guayas (Acosta-Solis, 1968). Las colecciones de Eggers realizadas en Balao y que reposan en herbarios extranjeros son los únicos testigos de la composición original de aquellos bosques, debido a que son extintos en la actualidad. Sin embargo, muchas de las especies que fueron colectadas por Eggers en el Recreo y que

fueron publicadas como novedades taxonómicas aún se encuentran ahí, tal es el caso de *Aiphanes eggersii*, la única palma endémica de ambientes xerofíticos en la costa de Ecuador (Fig. 2). Esto significa que los bosques de El Recreo y de las áreas circundantes, podrían ser consideradas como bancos genéticos vivos de las colecciones tipo obtenidas en esta región. Se debería generar un tipo de protección particular para estas poblaciones vivas desde donde proceden las colecciones tipo y desarrollar programas de conservación específicos para estos casos por parte del gobierno del Ecuador.

Durante el siglo XX, los estudios taxonómicos de las plantas de Ecuador se incrementaron significativamente con las investigaciones y valiosas contribuciones de varios prominentes botánicos suecos y daneses.

Entre los suecos, Erik Asplund exploró los bosques de Ecuador en 1939, 1940, 1955 y 1956, colectó mayormente en Andes de Ecuador y en La Clementina, esta propiedad en ese tiempo pertenecía a ciudadanos suecos y hasta la fecha es una de las haciendas bananeras más grandes del Ecuador. En la actualidad posee una superficie superior a 12.000 ha, se encuentra localizada en la base de las estribaciones occidentales de los Andes, en la provincia de los Ríos y conserva los bosques de los cerros Samama (el más alto, 400 a 700 m), Mumbes y Guineales, debido a que su vegetación nativa colecta por intercepción natural la precipitación horizontal condensada en forma de nubosidades, esta provee del servicio agua que es imprescindible para la subsistencia de los cultivos localizados tierras abajo y para mantener el éxito económico de la producción, estimado en 6 millones de cajas de banano por año. Asplund también colectó en las provincias costeras Santa Elena, y en Guayas en localidades como Bucay, Nobol, Guayaquil y hacia Chongón en los bosques de Cerro Azul, ubicados al oeste de esta ciudad. El principal set de sus impecables colecciones se encuentra depositado en el herbario S.

En Diciembre de 1946, después de realizar ejercicios militares durante la Segunda Guerra Mundial (Harling, com. pers.), en aquel entonces un joven botánico sueco llamado Gunnar Harling vino a Ecuador y comenzó sus primeras colecciones de especímenes de plantas desde la hacienda La Clementina, descubriendo novedades taxonómicas que lo impresionaron y despertaron su curiosidad sobre la flora de este país, sus colecciones se encuentran depositadas principalmente en los herbarios GB y S.

En décadas subsecuentes, Gunnar Harling (Alstroemeriaceae, Asteraceae-Mutisiae, Cyathaceae, Nyctaginaceae), el Barón Benkt Sparre (Tropaeolaceae) y Lennart Andersson (Heliconiaceae, Marantaceae, Rubiaceae p.p.) realizaron un número de expediciones visitando el Ecuador y obteniendo miles de colecciones de plantas, muchas de esas provinieron de áreas costeras, produciendo cientos de nuevas especies de



Figura 2. *Aiphanes eggersii* Burret, la única palma endémica de los bosques xerofíticos en la costa de Ecuador: Población viviente de donde provino la colección tipo en El Recreo, Manabí (izq.). Isótipo colectado por el Barón Eggers en El Recreo, 1896, determinado por F. Borchsenius y R. Bernal, depositado en el herbario S (der.), escaneada por Karin Santos, cortesía del Museo Sueco de Historia Natural.

este país. Estas colecciones junto con las de Asplund fueron la base para el proyecto Flora of Ecuador (Acosta-Solís, 1968), editado desde 1973 por el Departamento de Botánica Sistemática de la Universidad de Gotemburgo, en Suecia. Los primeros editores fueron Harling y Sparre, en 1986 Andersson sucedió a Sparre en la coedición después de su fallecimiento. Actualmente, Claes Persson (Rubiaceae, p.p.), profesor de Botánica de la Universidad de Gotemburgo y Director del herbario GB, es el editor principal; junto con Bertil Ståhl (Rubiaceae p.p., Leguminosae p.p.), profesor de la Universidad de Upsala, actual coeditor del mencionado proyecto, han colectado varios miles de números de plantas en distintos sitios del país, con perseverante preferencia a través de los años en la hacienda La Clementina, estimada como la base de campo sueca de importancia histórico-científica en la costa de Ecuador.

Hasta la fecha, Flora of Ecuador ha publicado tratamientos taxonómicos de 140 familias de plantas en 97 volúmenes, este es el único proyecto especializado en taxonomía del Ecuador continental, posee una respetable credibilidad a nivel global. Ecuador debe gran parte de su conocimiento botánico actual a la capacidad, persistencia y proyección sueca, sus apreciados botánicos son estimados como embajadores de la casa de Linneo. Se estima que los herbarios GB, S (Suecia) y AAU (Dinamarca), contendrían la mitad de las colecciones de plantas de Ecuador; sin embargo, la mayoría de ecosistemas de la costa de Ecuador aún no han sido suficientemente colectados.

Henry K. Svenson, nacido en Suecia, y curador asistente del Jardín Botánico de Brooklyn en New York, estudió la vegetación de las Galápagos como parte de la Expedición Astor (Svenson, 1935). Posteriormente, analizó la vegetación del bosque seco deciduo del Pacífico Ecuatorial (Svenson, 1946), siendo uno de los pioneros en notar la relación florística entre las islas Galápagos y los bosques secos de la costa de Ecuador y norte de Perú. Sus colecciones reposan en el herbario BKL (obs. pers.), en el 2015 este ha sido transferido a NY.

Entre los daneses, desde 1968 Lauritz Holm-Nielsen (Passifloraceae, Alismataceae, y varias familias de plantas acuáticas), y desde los 70s Benjamin Øllgaard (helechos y licopodios), Henrik Baslev (Arecaceae), y Simón Laegaard (Poaceae), han colectado esporádicamente en los planos costeros, y han estado mayormente concentrados en los Andes y Amazonía. Durante los 80s y 90s, fueron profesores en la Pontificia Universidad Católica de Quito, formaron nuevas generaciones de botánicos dirigiendo diversas investigaciones a nivel nacional e incrementaron las colecciones del herbario QCA (Holm-Nielsen et al., 1984; Baslev et al., 2017).

Un producto de las asesorías danesas en la región de la costa de Ecuador es el estudio de la composición y estructura de un bosque seco semideciduo entre

320 a 365 m, en el Parque Nacional Machalilla, en la provincia de Manabí (Josse & Baslev, 1994). Sin embargo, Flora of Puna de autoría de Jens Madsen (Cactaceae), H. Baslev y R. Mix (este último era un arqueólogo norteamericano; 2001), es una de las mayores contribuciones escandinavas al conocimiento de las especies del bosque seco deciduo del Pacífico Ecuatorial. Esta ha sido publicada por la Universidad de Aarhus en idioma inglés, y está basada en las espléndidas colecciones de plantas obtenidas por el primer autor desde 1988. La isla Puná alberga uno de bosques secos mejor conservados en la costa de Ecuador, las principales razones que podrían explicar su conservación son el aislamiento físico por su configuración de isla y la relativa escasez de carreteras. La Flora de Puná no trata solamente de las plantas vasculares, sino que también provee información histórica de los usos de las plantas desde el periodo colonial con valiosos datos de escaso acceso al público, tomados de los Archivos Históricos del Guayas (op. cit.).

Entre 1994 y 2002, los esfuerzos daneses se relocalizaron al sur del Ecuador, entre ellos, Bente B. Klitgaard (Fabaceae p.p.), Laegaard (Poaceae), y Madsen (Cactaceae), de la Universidad de Aarhus en Dinamarca fueron asignados al herbario LOJA en la ciudad Loja, desde donde junto con un equipo de ingenieros forestales nacionales, entre ellos Zhoffre Aguirre, Bolívar Merino, Pablo Lozano y Omar Cabrera, constituyeron un eje importante en la conducción y colaboración conjunta nórdico-ecuatorial en investigaciones florísticas en el sur del Ecuador. Ellos exploraron desde el Bosque Petrificado Puyango (300-600 m), al suroccidente de Ecuador, y en el valle andino Catamayo (c. 1300 m), que poseen bosques secos cuya composición es extremadamente similar a la de los bosques al oeste de Guayaquil en dirección hacia la Península de Santa Elena (obs. pers.) y enfocaron sus esfuerzos en los Andes de Loja y Zamora Chinchipe, en el suroccidente de Ecuador. Algunos de los resultados relevantes de estas investigaciones fueron publicados en Botánica Austroecuatorial (Aguirre et al. eds., 2002). El principal set de colecciones de los daneses reposa en el herbario AAU y duplicados mayormente en QCA, QCNE de Quito y LOJA.

Exploraciones norteamericanas durante el siglo XX: Las primeras floras de la costa de Ecuador.

Con el auspicio de Latin American Forest Resources Project, un grupo de forestales norteamericanos visitaron el país desde febrero hasta julio de 1943; entre ellos, Elbert L. Little realizó cerca de 230 colecciones de los árboles en la provincia de Esmeraldas. Entre septiembre a octubre de 1965 Little colectó 300 números más en esta provincia (Acosta-Solís, 1968). Sus colecciones reposan en los herbarios US, NY, y F, entre estas se han descubierto al menos 30 nuevas especies de árboles. Los resultados botánicos de sus exploraciones han sido publicados en: Árboles comunes de la provincia de Esmeraldas, Ecuador (Little y Dixon, 1969). Entre 1963 a 1965, Amy Jean Gilmartin fue profesora

de Botánica en la Universidad de Guayaquil, durante ese tiempo realizó colecciones de Bromeliaceae (Acosta-Solís, 1968), publicando el primer tratamiento de esta familia para el país en: *The Bromeliaceae of Ecuador* (Gilmartin, 1972).

A partir de los años 70s la flora de la costa de Ecuador ha sido intensivamente estudiada en algunas localidades por los respetados botánicos norteamericanos Calaway H. Dodson y Alwyn H. Gentry. Dodson durante más de 50 años fue un prolífico taxónomo de orquídeas, se estima que publicó 770 especies, muchas de ellas de Ecuador, en particular de la costa. Fue el primer Director del Instituto de Botánica, creado en la Universidad de Guayaquil el 23 de julio de 1959, y fundó el herbario GUAY en 1960, este es hasta la fecha el único herbario oficialmente registrado en el Index Herbariorum en esta región (Thiers, 2022). El Instituto de Botánica que fundó Dodson llegó a ser la Escuela de Ciencias Naturales y el 18 de agosto de 1969, se convirtió en la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil. Dodson fue el primer Director ejecutivo del Marie Selby Botanical Gardens (1973-1983) en Sarasota, Estados Unidos y posteriormente senior curator del Missouri Botanical Garden. Gentry era especialista en Bignoniaceae del Neotrópico y un gran conocedor de muchos grupos de plantas en América Tropical, también senior curator del Missouri Botanical Garden. Juntos unieron fuerzas para producir la Flora de Río Palenque (Dodson y Gentry, 1978), un bosque muy húmedo que era propiedad de Dodson, localizado en la provincia de Los Ríos, esta fue la primera flora del país. También produjeron Flora de Jauneche (Dodson et al., 1985), un bosque húmedo transicional a seco en donde se ha registrado la mayor diversidad de lianas en el Neotrópico (op. cit.), este se encuentra rodeado de extensos cultivos y es la estación biológica de la Universidad de Guayaquil, también localizado en Los Ríos; y Flora de Capeira (Dodson y Gentry, manuscrito en GUAY), un bosque seco estacional localizado c. 10 km al norte de Guayaquil en la provincia del Guayas, cuyo borrador ha quedado bastante incompleto (obs. pers.) y no ha sido publicado (Fig. 3).

En cada una de estas tres localidades distribuidas en tres distintas zonas de vida, Dodson y Gentry hicieron colecciones intensivas, estudiaron la composición, estructura y hábitos de las plantas en relación con

los niveles de pluviosidad, demostrando que la diversidad de especies, hábitos y sus estrategias aumentan proporcionalmente con la cantidad de lluvias. Parecería que ellos notaron que en la costa de Ecuador las diferentes zonas de vida y ecosistemas estaban cerca en varios sitios principalmente dentro de un corto gradiente altitudinal, siendo esta región un sitio propicio para obtener resultados significativos y descubrimientos botánicos, ideal para realizar investigaciones florísticas y ecológicas comparativas entre sí y con ecosistemas similares en otras localidades en América tropical. También exploraron otros sitios de bosques muy húmedos en la costa de Ecuador, como Centinela en la actual provincia Santo Domingo de los Tsáchilas y Tene fuerte en Cotopaxi.

En Centinela, Dodson y Gentry comenzaron la fase de campo en 1975, en 1985 se alarmaron al observar el agresivo avance de la deforestación, y finalmente en 1988 reportaron que Centinela había sido destruido en gran manera, quedando apenas las colecciones de herbario como testigos de la rica flora que existió en esa localidad. Extensas áreas con densa vegetación nativa habían sido convertidas en dominantes pastizales para la producción de ganado vacuno. Sus detalladas observaciones y la evolución del proceso anómalo de la fragmentación de los bosques y la deforestación masiva en la costa de Ecuador se encuentran reportados en: "Extinción Biológica en el occidente de Ecuador" (Dodson y Gentry, 1991). A partir de esta publicación, el célebre E.O. Wilson en su libro *The diversity of life* (1992), acuñó el término "extinciones centinelanas", para describir una pérdida masiva y descontrolada de la diversidad, causada por la tala de los bosques tropicales que albergan significativas concentraciones de especies endémicas (Pitman et al., 2022).

Si bien es cierto, a nivel nacional desde décadas atrás Misael Acosta-Solís ya venía advirtiendo de la necesidad de conservar los bosques (op. cit.), sin embargo, el artículo de Dodson y Gentry (1991) es la primera publicación que llamó la atención a nivel mundial sobre la destrucción biológica que estaba sucediendo en la costa de Ecuador, debido al mayor radio de alcance por ser publicado en idioma inglés.

A inicios de los 90s, Alwyn Gentry como parte del equipo de Conservación Internacional realizó inventarios florísticos y evaluaciones rápidas en los bosques remanentes de las cordilleras costeras y áreas adyacentes, visitando 9 localidades a lo largo de la costa de Ecuador durante 6 semanas: Cerro Mutiles en la Universidad Luis Vargas Torres, Cabeceras de Bilsa (Esmeraldas), Jauneche (Los Ríos), San Sebastián en el Parque Nacional Machalilla, Cerro Pata de Pájaro, Drenaje del río Cuaque (Manabí), Manta Real (Cañar/Azuay), Cerro Blanco (Guayas) y la Reserva Militar Arenillas (El Oro; Parker & Carr, 1992). Entre los resultados de los transectos, Gentry reportó en Manta Real un árbol dominante del género *Browneopsis* (Fabaceae, op. cit.) como "una posible nueva especie". El posterior estudio taxonómico demostró

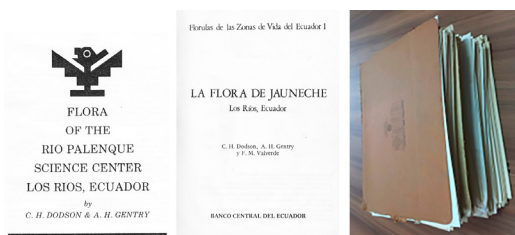


Figura 3. Las primeras floras de la costa de Ecuador: La flora de Río Palenque (izq.), la flora de Jauneche (centro), y el manuscrito no publicado de la flora de Capeira, archivos herbario GUAY (der.)

ser una nueva especie de *Ecuadendron*, un nuevo género monotípico endémico de la costa de Ecuador, a lo que debe su nombre (Neill, 1998). La siguiente visita del equipo de Conservación Internacional al Ecuador terminó con el trágico accidente aviatorio en las montañas Chongón-Colonche y el fallecimiento de A.H. Gentry el 3 de agosto de 1993, una noticia que dejó a todos estupefactos.

Exploraciones nacionales durante los siglos XX y XXI

En el noroccidente del Ecuador, entre el 4 de Julio al 30 de Septiembre de 1940 el geobotánico ecuatoriano Misael Acosta-Solís colectó 1200 números de plantas en la provincia de Esmeraldas, estos especímenes han sido la base para la descripción de la cobertura vegetal y reconocimiento botánico de los árboles, un itinerario con el detalle del número de sus colecciones ha sido publicado (Acosta-Solís, 1959, 1968). Si bien es cierto que muchas de sus colecciones son de áreas que nunca habían sido herborizadas, sin embargo, las identificaciones en sus publicaciones frecuentemente no estaban basadas en material curado y a menudo eran inadecuadas.

Un estudio de la diversidad y usos de plantas de la Reserva Ecológica Manglares Churute en la provincia del Guayas ha sido publicado con base a trabajo de campo realizado entre 1991 y 1992 (Cerón, 1996). Carlos Cerón, un prolífico colector de plantas, profesor de Botánica de la Universidad Central y Director del Herbario QAP, regresó a esta área protegida en 1999, descubriendo *Croizatia cimalonia* (Euphorbiaceae; Cerón y Webster, 2002); una segunda población de esta especie en peligro posteriormente ha sido encontrada en Otongachi, a 900 m, en la provincia Santo Domingo de los Tsáchilas (Cornejo & Guasti 8087, GUAY, NY). Contribuciones adicionales al conocimiento de la vegetación han sido realizados en Playa de Oro, Esmeraldas (Cerón, 2001), Parque Nacional Machalilla, Manabí (Cerón, 1993, 1998) y en la Reserva Militar Arenillas, El Oro (Cerón et al., 2006). El principal set de colecciones reposa en el herbario QAP de la Universidad Central, en Quito.

Una contribución significativa a la conservación de los bosques nativos son los bosques privados, por citar ejemplos, en el área del bosque seco están El Recreo, la cordillera del Bálsamo y la Reserva Lalo Llor en Manabí, y en los bosques muy húmedos que además contribuyen a conservar las fuentes de agua, se pueden citar a La Clementina en Los Ríos, La Esperanza en Manabí, la Reserva Comunal Loma Alta en Santa Elena y a las Cascadas de Manuel en El Oro. Desde el 2020 se vienen desarrollando estudios botánicos en La Esperanza, descubriéndose nuevas especies de árboles (Biral & Cornejo, 2021; Couvreur et al., 2022).

Estudios en las cordilleras extra-andinas

En la costa de Ecuador hay 2 cordilleras extra-andinas, cuyas porciones más altas alcanzan hasta

800 m de altitud: (i) Chongón-Colonche, se encuentra localizada desde el sur de Manabí, a lo largo de la provincia de Santa Elena, hasta la provincia del Guayas, tiene disposición en forma de un arco en dirección NO hasta SE, con c. 170 km de longitud; y, (ii) Mache-Chindul, localizada en el noroccidente del país en las provincias de Esmeraldas hasta el norte de Manabí, su extensión es de c. 65 km. Los bosques húmedos de estas cordilleras están florísticamente relacionados con las estribaciones occidentales de los Andes (Bonifaz & Cornejo, 2004), y a la vez cada una poseen elementos propios, siendo diferente Mache Chindul de la Chongón-Colonche por ser la primera parte del extremo sur del Chocó.

Un trabajo pionero de la flora de Chongón-Colonche es la publicación titulada Estado actual de la vegetación natural de la cordillera Chongón-Colonche, por Flor de María Valverde, Carlos García Rizzo y Gladys Rodríguez de Tazán (1991), en ese tiempo profesores de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil. Esta publicación, lograda gracias a la colaboración parcial de Calaway Dodson y Alwyn Gentry, trata mayormente de la flora de los bosques secos desde cerca del nivel del mar hasta aproximadamente 350 m de altitud.

Después del accidente aéreo en las cumbres de la cordillera Chongón-Colonche en el que Alwyn Gentry falleció, uno de los sobrevivientes, Carmita Bonifaz, directora del herbario GUAY, decidió comenzar a estudiar la flora mayormente desconocida de las partes altas inexploradas y de difícil acceso de esta cordillera, esto es, desde 400 hasta 800 msnm, realizando notorias adiciones al conocimiento de su flora en Flora de Garúa (árboles y epífitas) de la Comuna Loma Alta (Bonifaz & Cornejo, 2004). Publicaciones subsecuentes de la flora de Chongón-Colonche toman mayormente las identificaciones provistas en estas dos obras previamente mencionadas.

En las montañas costeras de Mache-Chindul, una caracterización florística de dos sitios ha sido realizada (Bonifaz, 2003). Posteriormente, se ha sido publicado el listado florístico (Clark et al., 2006), y un estudio de la diversidad de esta reserva (Cerón et al., 2010). Sin embargo, estudios complementarios aún son necesarios.

Especies extintas y redescubrimiento de especies de plantas consideradas extintas

El avance de la deforestación, fragmentación, y conversión del uso de suelos, son factores que conducen a la reducción de las poblaciones de especies nativas, disminución de la calidad de hábitat, empobrecimiento biológico y agravan los procesos de extinción de las especies en la costa de Ecuador. Entre los casos más conocidos se puede citar a *Nymphaea oxypetala* Planch., esta es una herbácea de flores nocturnas que habita en aguas calmadas de poca profundidad, se encuentra en algunos ecosistemas de humedales distribuidos en

América del Sur. Fue descubierta cerca a Guayaquil en 1845, por el botánico inglés William Jameson y ha sido colectada por segunda y última vez en el país en 1926, en el área del río Daule por Luis Mille, un jesuita de origen belga. Desde entonces y pese a las numerosas exploraciones botánicas (Dodson, com. pers. a Carmita Bonifaz; obs. pers.), *Nymphaea oxypetala* no ha sido vista nuevamente, se considera sus poblaciones extintas en Ecuador (Cornejo & Bonifaz, 2003). Afortunadamente otras poblaciones de esta especie han sido posteriormente encontradas en Venezuela, Brasil y Bolivia (Wiersema, 1987). *Nymphaea oxypetala* tiene un bajo nivel de tolerancia contra el incremento de turbidez y salinidad (op. cit.), por lo que la intervención de los humedales costeros y su transformación a gran escala para áreas agrícolas y el aumento de la sedimentación en áreas bajas debido a la deforestación de las cabeceras y márgenes de ríos han sido hipotetizadas como las razones por la que las poblaciones de esta especie han desaparecido de Ecuador (Cornejo & Bonifaz, 2003; Cornejo, 2015).

Por otro lado, recientemente se han realizado sorpresivos redescubrimientos de flora que se presumía ser extinta a nivel local y regional, este es el caso de *Gasteranthus extinctus* (Gesneriaceae), una herbácea baja con hermosas corolas cleistogámicas de color naranja brillante, que se creía estaba extinta durante 37 años (Pitman et al., 2022). Esta fue publicada como una nueva especie con el epíteto *extinctus* debido a que no había vuelto a ser encontrada después de las colecciones de Dodson y Gentry en Centinela y porque se estimaba que esta localidad y sus especies habían sido biológicamente destruidas (Skog & Kvist, 2000).

En noviembre de 2021, Nigel Pitman y Dawson White del Field Museum de Chicago, al observar en imágenes satelitales la existencia de fragmentos de bosques remanentes en Centinela, organizaron un equipo de 10 personas de varias instituciones de investigación y Universidades de USA y Ecuador, en el que fui honrado al ser parte de esa expedición para explorar estos remanentes boscosos. Para sorpresa y alegría de muchos, *Gasteranthus extinctus* fue encontrada viva y saludable en 6 localidades en la misma área previamente reportada por Dodson y Gentry (Pitman et al., 2022), esta noticia le dio la vuelta al mundo y ha sido publicada en varios idiomas. En esa expedición también se encontraron sorprendentes rarezas botánicas descubiertas en años recientes en el noroccidente de Ecuador pero que eran desconocidas para Centinela, como: *Swartzia decidua* Torke & Á.J. Pérez (Fabaceae), *Psidium occidentale* Landrum & C. Parra (Myrtaceae), entre otras.

Animados por este redescubrimiento y después de haber observado los remanentes boscosos y la calidad de las especies sobrevivientes en Centinela, en marzo de 2022 junto con John L. Clark y Camilo Restrepo (QCA) visitamos esta localidad y encontramos 5 nuevas especies de plantas vasculares en solo un día y medio de trabajo en campo, estas pertenecen a las siguientes familias: Gesneriaceae (*Amalophyllon*,

Kohleria y *Napeanthus*), Lecythidaceae (*Eschweilera podoaquilae* Cornejo, ms. en prensa) y Orchidaceae (*Epidendrum monicarmasiae* Cornejo & Hågsater en Hågsater & Santiago, 2022). Estas nuevas especies, junto con *Amyris centinelensis* Cornejo (Rutaceae), una endémica local, sólo conocida hasta la fecha por la colección tipo realizada en 1990 (Cornejo, 2009) y que no había sido colectada por Dodson y Gentry, sugieren que aún podrían encontrarse nuevas especies en los relictos de bosques nativos en Centinela y en otras áreas en similar condición. Por otro lado, también deja abierta la posibilidad para pensar que un número desconocido de especies podrían haberse extinguido sin haber sido colectadas o conocidas debido a la súbita y masiva conversión de los bosques a pastizales. Esfuerzos de colección adicionales en estos relictos de vegetación nativa y de reconexión entre fragmentos para la recuperación de estos bosques son necesarios.

Otro caso sorprendente es el de *Nasa humboldtiana* subsp. *humboldtiana* (Urb. & Gilg) Weigend (Loasaceae) una herbácea urticante de vistosas flores dialipétalas, conocida únicamente por la colección tipo de Richard Spruce en 1861, en la provincia Tunguragua. Esta ha sido colectada y fotografiada por primera vez en el lado occidental de la provincia de Chimborazo en el año 2021 (Cornejo & Josse 9388, GUAY); en agosto y noviembre de 2022 se ha regresado a la misma localidad no solo para observar que su pequeña población, representada por apenas 2 individuos aún permanece, sino que una nueva especie simpátrica del mismo género, jamás antes colectada y que sólo es conocida por un solo individuo, ha sido encontrada en la misma localidad (Cornejo & Josse 10058, GUAY). Estos ejemplos, quizá significan que aún estamos a tiempo de salvar especies de plantas en peligro en el occidente de Ecuador.

Las corrientes oceánicas determinan las zonas biogeográficas en la costa de Ecuador

Las corrientes oceánicas ejercen una fuerte influencia en la composición florística en manglares y en los ecosistemas de tierra firme. Los manglares en la costa de Ecuador tienen una extensión aproximada de 157.094,28 ha. Después de un análisis de los patrones de distribución de las especies que se encuentran dentro del rango intermareal en los manglares con base en las colecciones georeferenciadas de herbario, se ha determinado que dos subunidades florísticas convergen en las costas de Ecuador, estas son: i) los manglares del Chocó, y, ii) los manglares del Bosque Seco Deciduo del Pacífico Ecuatorial, cada una posee sus respectivas especies diagnósticas y corresponden a la influencia de cada corriente oceánica (Cornejo et al., 2014).

El estudio en campo de las plantas de los manglares del Chocó Ecuatorial produjo el descubrimiento nuevas especies de orquídeas como *Sobralia rhizophorae* (Cornejo & Dodson, 2011) y *Platystele cornejoii* (Luer, 2010), esta última es una de las orquídeas más

pequeñas de los manglares del Neotrópico, la parte vegetativa mide una pulgada de alto, las diminutas flores abiertas tienen 1.5 mm de diámetro. También se produjo el descubrimiento incidental de taxa relacionadas a manglares de importancia evolutiva como: (i) *Cassipourea remacamensis* Cornejo & Prance (Rhizophoraceae, familia de los mangles rojos; Prance, 2018), un arbolito de que crece en ecosistemas de tierra firme adyacentes al manglar; (ii) *Pelliciera benthamii* (Triana & Planch.) Cornejo (Tetrameristaceae, no *P. benthamii* (Triana & Planch.) Duke, este es un posterior *homon. invalid.*, basado en la misma colección tipo Hayes 76, K), esta es una segunda especie en este género previamente considerado monotípico, se encuentra en ambas costas de Panamá y en el Atlántico de Colombia (Cornejo & Bonifaz, 2020); y (iii) *Hattena rhizophorae* (Faraji & Cornejo, 2006), una nueva especie de ácaro que visita las flores de los mangles rojos, el género no estaba registrado para el continente americano (op. cit.). Además, se determinó que el noroccidente de Ecuador es el extremo sur en la costa del Pacífico Este para el patrón de distribución de mangles y especies diagnósticas asociadas de esta subunidad florística, como: *Pelliciera rhizophorae* (Tetrameristaceae), *Mora oleifera*, *Muelleria chocoensis*, *Dalbergia brownii* (Fabaceae), *Tabebuia palustris*, *Bignonia phellosperma* (Bignoniaceae), *Tetrapterys subaptera* (Malpighiaceae), etc... (Cornejo et al., 2014).

En los manglares del Bosque Seco Deciduo del Pacífico Ecuatorial existen dos taxa de mangles diagnósticas descubiertas en años recientes: (i) *Mangleticornia ecuadorensis* (Amaranthaceae, Salicornioideae), y (ii) *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* (Combretaceae), estas se comentan a continuación.

Mangleticornia ecuadorensis ha sido un interesante descubrimiento taxonómico, se trató de un nuevo género y una nueva especie restringido a manglares y salitrales adyacentes en el Golfo de Guayaquil (Ball et al., 2017; Fig. 4: A). Este es un arbusto hasta 2.5(-3) m de alto que no posee hojas con láminas desarrolladas, presenta un patrón de ramificación a manera de candelabro con ramillas decusadas dispuestas hacia la porción terminal, constituidas por segmentos crasos, alargados, y articulados en disposición uniseriada. Las flores son diminutas, sin corola ni cáliz visibles, en material fresco el estigma tiene solo 1 mm de longitud, cuando está presente, las anteras tienen hasta 1 mm de largo (Ball et al., 2017); estas son las flores más pequeñas e inconspicuas entre las plantas de los manglares de América. *Mangleticornia ecuadorensis* ha sido tratada como *Salicornia fruticosa* en los inventarios y estudios en manglares de Ecuador y Perú (Cornejo, 2014).

Un estudio reciente de su patrón de distribución y el estado de sus poblaciones (Echeverría, 2021), demuestra que *Mangleticornia ecuadorensis* se encuentra exclusivamente en ecosistemas de manglares de cuenca, ribereño y de borde, y en salitrales, en donde coloniza únicamente en sustratos

limosos y arenosos al interior de la zona intermareal, entre 23 a 35 UPS (op. cit.). Este restringido patrón de distribución junto con las adaptaciones fisiológicas para tolerancia a la salinidad y colonizar en suelos saturados, además de la dispersión acuática, son características exclusivas de los géneros de mangles. Consecuentemente las evidencias ecológicas, fitogeográficas, morfológicas y fisiológicas, indican que *Mangleticornia ecuadorensis* es un nuevo tipo de mangle para la costa de Ecuador y el Neotrópico. Además, esta especie es de importancia para apoyar la conservación de los salitrales en las costas de Ecuador y Perú (Carvajal y Santillán, 2019).

La evidencia paleosedimentaria y de fósiles de organismos marinos y palinomorfos (Hoorn et al., 1993, 1995) indica que entre 2,2° a 5° S en las costas del actual suroccidente de Ecuador y noroccidente de Perú existió una gran incursión marina durante el Eoceno hasta el Mioceno medio conocida como La Brecha de Guayaquil (Guayaquil Gap) o El Portal Occidental Andino (WAP, por sus siglas en inglés; Santos et al., 2008; Antonelli et al., 2009). A partir del Mioceno medio (10 a 12 millones de años atrás; op. cit.), los Andes del norte y centrales se cerraron y los suelos del noroccidente de Perú y suroccidente de Ecuador se levantaron por la subducción hasta conformar el actual Golfo de Guayaquil (op. cit.), este ha quedado como una boca vestigial del Portal Occidental Andino en donde se hipotetiza se dieron procesos de especiación que generaron a *Mangleticornia ecuadorensis*.

El mangle blanco *Laguncularia racemosa* se encuentra ampliamente distribuido en ambas costas de América Tropical. *Laguncularia racemosa* comprende 2 variedades: la típica que es la más común en ambas costas de América, y la variedad *glabriflora* (Fig. 4: B), solo conocida del Golfo de Guayaquil en todo el Pacífico Este, pero presenta una distribución más amplia en el lado Atlántico, en el suroccidente de Florida, costa Atlántica y Golfo de México, y dispersa en las islas del Caribe (Stace, 2007; Cornejo, 2014).

Este taxón fue descubierto por Thaddäus Haenke en Guayaquil, 1790, y fue formalmente reconocido a nivel de especie en *Reliquiae Haenkeanae* (op. cit.), como *L. glabriflora* C. Presl. Sin embargo, ha

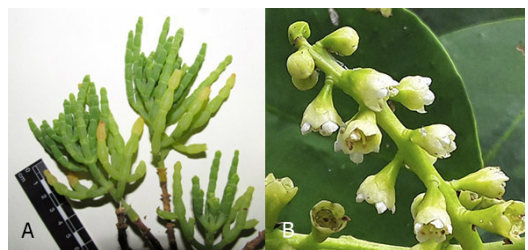


Figura 4. Manglares del Golfo de Guayaquil: A. *Mangleticornia ecuadorensis* Ball, Kadereit & Cornejo. B. Close up de racimo de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* (C. Presl) Stace.

pasado desapercibido y sinonimizado bajo el nombre de *L. racemosa* por más de 200 años (op. cit.). En la revisión de las Combretaceae en Flora of Ecuador fue reconocida a nivel de variedad (Stace, 2007).

Recientemente, se ha realizado un estudio para estimar el estado de sus poblaciones (Moreira, 2021), éste determina una fuerte simpatria (80 %) entre las poblaciones de ambas variedades en las parcelas censadas (cada una de 50 x 20 m), éstas estaban localizadas en la porción interna, media, y externa del Golfo de Guayaquil. Ambas "variedades" florecen y fructifican simultáneamente; sin embargo, no se observaron individuos con características morfológicas intermedias que pudiesen indicar una variabilidad morfológica o la presencia de híbridos. Esto demuestra que *L. racemosa* var. *glabriflora* es un taxón morfológicamente estable, por tanto, no le corresponde el rango de variedad (Cornejo en Moreira, 2021). Estamos a la espera de resultados moleculares.

Nuevas especies en el occidente de Ecuador

Desde 1993 el herbario GUAY ha realizado colecciones en distintas partes del Ecuador, con énfasis en los bosques occidentales. Hasta la presente han sido encontradas docenas de nuevas especies de plantas cuyos tipos reposan principalmente en GUAY y NY. Varias de estas novedades taxonómicas han servido como especies diagnósticas de utilidad en la

caracterización de las unidades ecológicas en el sistema de clasificación de la vegetación a nivel nacional (MAE, 2013).

A continuación, se presenta una selección de nuevas especies de árboles con hojas enormes descubiertas durante los años pasados en el noroccidente de Ecuador (Figs. 5, 6).

A continuación, se presenta una selección de nuevas especies restringidas al Bosque Seco Deciduo del Pacífico Ecuatorial también descritas durante los pasados años (Figs. 7, 8).

En el bosque seco deciduo costero sobre los 300 m de altitud la influencia de la bruma y vientos oceánicos genera microclimas más frescos en las cumbres de cerros y elevaciones que son fácilmente observables en un corto gradiente altitudinal (Bonifaz, 1997). Estas cumbres poseen microecosistemas aislados como islas ecológicas con patrones físicos particulares que han permitido la especiación de endémicas locales (Cornejo & Lombardi, 2021), tal es el caso de árboles como *Pseudolmedia manabiensis* (Moraceae), descubierta en la cumbre de Cerro Montecristi (c. 700 m) en Manabí, *Salacia juradoi* (Celastraceae; Fig. 9: A) un arbolito/arbusto de los bosques al oeste de Guayaquil (350-450 m) y *Sphaeradenia marcescens* (Cyclanthaceae), encontrada en la cumbre del cerro



Figura 5. Algunas nuevas especies de árboles con hojas enormes descubiertas durante los años pasados en los bosques muy húmedos del noroccidente de Ecuador: A. *Grias subbullata* Cornejo & S. A. Mori. B. *Grias theobromicarpa* Cornejo & S. A. Mori. C. *Gustavia johnclarki* S.A. Mori & Cornejo. D. *Eschweilera awaensis* S.A. Mori & Cornejo (todas Lecythidaceae).



Figura 6. Algunas nuevas especies de árboles con hojas enormes descubiertas durante los años pasados en los bosques muy húmedos del noroccidente de Ecuador: A. *Pentagonia baumannii* Cornejo & Rova. B. *Pentagonia lanciloba* Cornejo (Rubiaceae). C. *Quararibea calycoptera* Fern. Alonso & Cornejo (Malvaceae). D. *Aniba ecuadorica* Cornejo & Loor (Lauraceae).

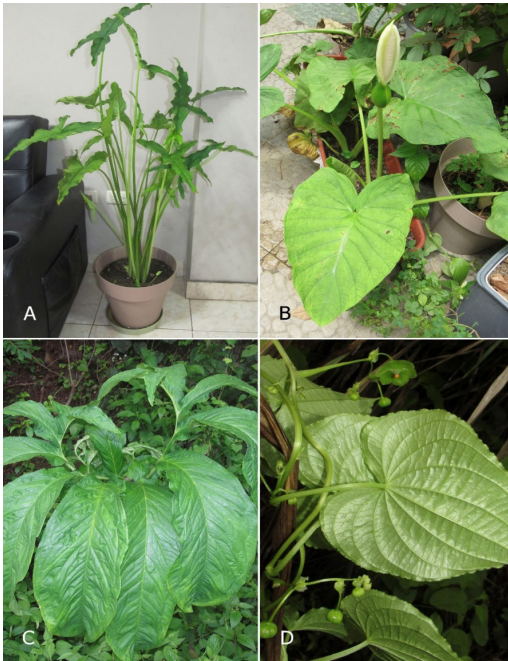


Figura 7. Algunas nuevas especies de herbáceas y trepadoras que sólo pueden ser encontradas durante la estación lluviosa, éstas han sido descubiertas durante los años pasados en los bosques secos del occidente del Ecuador: A. *Xanthosoma guayaquilense* Delannay, Cornejo & Croat. B. *Xanthosoma gratiae* Cornejo & Croat. C. *Xanthosoma diazii* Croat & Delannay (Araceae). D. *Dioscorea magnibracteata* T. Clayton ex R. Couto & Cornejo (Dioscoreaceae).

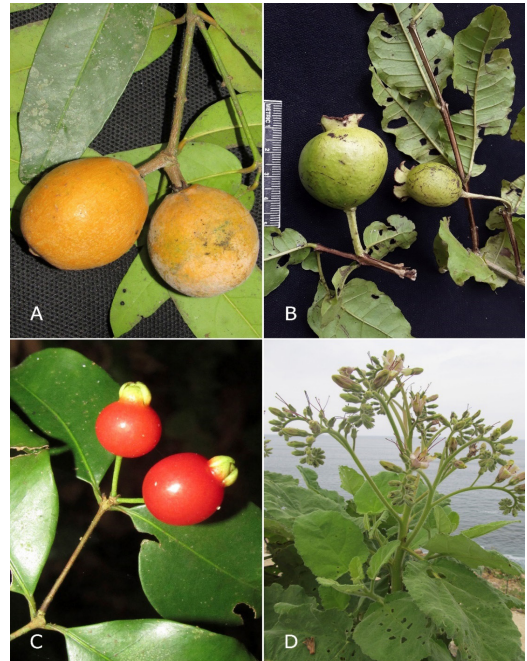


Figura 8. Algunas nuevas especies de árboles y arbustos descubiertos durante los años pasados en los bosques secos principalmente al oeste de Guayaquil: A. *Salacia juradoi* Cornejo & Lombardi (Celastraceae). B. *Psidium guayaquilense* Landrum & Cornejo (Myrtaceae). C. *Eugenia concava* B. Holst & L. M. Kawas. (Myrtaceae). D. *Wigandia ecuadorensis* Cornejo (Namaceae).

Más Vale (c. 700 m) en la Reserva Churute, cuyos tipos reposan en el herbario GUAY.

Varias de las nuevas especies encontradas en el Bosque Seco Deciduo del Pacífico Ecuatorial poseen un comportamiento marcadamente estacional, la mayoría no habían sido encontradas o colectadas previamente debido a su aparente ausencia o que no florecen durante la estación seca y únicamente se pueden observar ya sea la planta completa o en estado fértil durante la estación lluviosa.

Entre las herbáceas y trepadoras herbáceas hay un número de especies que poseen bulbos o tubérculos que están debajo de la tierra. Durante la estación seca la parte vegetativa se marchita y la planta aparentemente desaparece, de modo que no puede ser observada ni encontrada. En casos de inventarios florísticos durante la estación seca fácilmente se podría pensar que no hay especies nativas de interés en conservación, pero cuando llega la estación lluviosa, los cambios en los parámetros físicos estacionales como la temperatura, humedad ambiental, y las primeras lluvias, ayudan a la germinación de esos bulbos y tubérculos, y entonces estas especies crípticas reaparecen temporalmente por escasos meses. De este modo, en años recientes se han encontrado varias nuevas especies con este comportamiento,

por ejemplo *Xanthosoma guayaquilense*, *X. gratiae* y *X. diazii* (Araceae), *Dioscorea magnibracteata* (Fig. 7: A-D), *Dioscorea* sp. nov. ined. (Dioscoreaceae) y varias otras previamente descritas como *Leptochiton quitoensis* (Amaryllidaceae), con similar comportamiento fenológico.

En algunas partes de bosque seco de la costa que están bajo influencia de precipitación horizontal localmente llamada "garúa" en la provincia de Santa Elena, o "brisa" en Manabí (Bonifaz & Cornejo, 2004), se pueden encontrar epífitas endémicas, entre éstas se han encontrado nuevas especies de orquídeas como *Epidendrum aromense* y también Aráceas como *Anthurium aromense* y *A. gallardoae*, encontradas en una misma área, en el Aromo, en Manabí.

Estudios fitoquímicos

En años recientes, por iniciativa de la Dra. María Eugenia Rondón docente de la Universidad de Los Andes en la ciudad de Mérida, Venezuela, y miembro del Grupo de investigación Bosques Tropicales del Ecuador Occidental GUAY de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil, se han realizado screening fitoquímicos de cerca de 50 especies nativas de plantas, encontrándose abundantes alcaloides en la mayoría de estas (Rondón

et al., 2018 a, b). Al parecer, las plantas nativas que crecen en suelos básicos restringidas al bosque seco decíduo del Pacífico Ecuatorial, podrían ser una mina de alcaloides y de otros compuestos como aceites, por ejemplo *Piper* (Piperaceae) y *Psidium* (Myrtaceae), que son necesarios en medicina, industria, y para otras aplicaciones (Vielma-Puente et al., 2020; Moncayo et al., 2021).

Estudios de composición y estructura y etnobotánicos de los bosques de la costa

En los últimos años, estudios de la estructura y composición de los bosques de la Costa se están llevando a cabo, para entender los cambios y procesos de estos bosques, los mismos que albergan especies nuevas, pero no está bien conocida la dinámica poblacional de estas especies. A lo mejor, especies que anteriormente se conocían como referentes de ecosistemas característicos de la costa hoy en día ya no lo sean o especies que no eran conspicuas ahora sean referentes (Peña et al.; Moreira, 2020; Mero et al., 2021; Pesantez et al., 2022). Además, se han continuado estudios etnobotánicos en la Costa, a fin de rescatar los usos medicinales de las plantas y contribuir al conocimiento de la flora medicinal de esta región (por ejm., Valdiviezo et al., 2021).

El registro más antiguo de uso de especies nativas en la región

Los abundantes registros arqueológicos de concha prieta (*Anadara tuberculosa*) en la Península de Santa Elena (Stothert, 2011), coinciden con los granos de polen de *Rhizophora* encontrados en un núcleo extraído de aguas marinas profundas e indican que los manglares alcanzaron un desarrollo máximo en las costas de Ecuador entre 12.000 a 7.000 años AC (Heusser & Shackleton, 1994). Con esta evidencia se ha hipotetizado que al finalizar el Pleistoceno existieron megamanglares y megabosques de tierra firme bien desarrollados en esta región, con dosesales altos y cerrados que permitían sotobosques umbráticos en ambientes más frescos, en comparación a los bosques actuales (Cornejo, 2020).

Durante este periodo precerámico, las gentes de Las Vegas es el grupo humano más antiguo que existió en la Península de Santa Elena (10.800-6.600 AC; Stothert, 2011). En los entierros de Las Vegas se han encontrado frutos fósiles de *Bonellia sprucei* (Primulaceae; Cornejo, 2020; Fig. 9: A), este es un arbusto/arbolito conocido con el nombre vernáculo "Barbasco", endémico de la región de bosque seco de la costa de Ecuador hasta el noroccidente de Perú (Ståhl, 2010). El mesocarpo de los frutos de *Bonellia sprucei* (Fig. 9: B) es utilizado como shampoo anticropa, para quitar manchas de la ropa, también como un potente ictiotóxico útil para pescar y limpiar las piscinas camaroneras de pececillos predadores, y también para desinfectar heridas del ganado (Madsen et al., 2001; obs. pers.). Los varios usos preservados hasta el tiempo presente por tradición por las gentes de la costa de Ecuador, conectado a la evidencia de los frutos fósiles encontrados en los entierros de Las

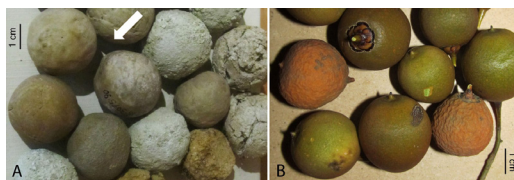


Figura 9. Frutos del barbasco, *Bonellia sprucei* (Primulaceae): A. frutos fosilizados en ofrenda funeraria de la cultura Las Vegas (10.800-6.600 AC). B. frutos frescos. Fotos tomadas de Cornejo en Stahl y Stothert (2020).

Vegas sería la evidencia que estos antiguos pobladores costeros conocían los usos y aplicaciones de este barbasco y de otras plantas nativas de esta región desde inicios del holoceno, esto es, aún desde antes del periodo del imperio Egipcio. Este es el registro más antiguo del uso de plantas en la región que data de la prehistoria del actual Ecuador (Cornejo, 2020).

Conclusiones

La costa de Ecuador comprende dos biorregiones únicas en composición florística. Debido al avance de la deforestación y fragmentación es necesario desarrollar programas de conservación y restauración de ecosistemas más efectivos incluyendo el rescate de especies amenazadas de plantas e implementar o innovar políticas de estado menos burocráticas, más prácticas y efectivas. Necesitamos acelerar los procesos de colecciones botánicas y estudios antes de que los ecosistemas lleguen a estar seriamente afectados o aún destruidos. Mayores estudios genéticos y fitoquímicos son necesarios.

Referencias

- Acosta-Solís, M. (1959). El noroccidente ecuatoriano. Geografía y ecología de Lita a San Lorenzo. Cubierta vegetal y reconocimiento botánico forestal. Agricultura y sugerencias en favor del mejor aprovechamiento de las tierras. *Instituto Ecuatoriano de Ciencias Naturales*, 30: 1-147.
- Acosta-Solís, M. (1968). Naturalistas y Viajeros Científicos que han contribuido al conocimiento Florístico y Fitogeográfico del Ecuador. *Instituto Ecuatoriano de Ciencias Naturales*, 65: 1-138.
- Adanero Oslé, C. (2011). Juan Tafalla, Botánico Navarro, 200 años después. *Rev. Soc. Catalana Hist. Farm.*, 6: 23-32.
- Aguirre, Z., Madsen, J.E., Cotton, E., y Baslev, H. (eds.) (2002). Botánica Austroecuatoriana: Estudios sobre los Recursos Vegetales en las provincias El Oro, Loja y Zamora Chinchipe. Abya-Yala. Quito.
- Antonelli, A., Nylander, J. A., Persson, C., y Sanmartín, I. (2009). Tracing the impact of the Andean uplift on Neotropical plant evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106: 9749-9754.
- Antonelli, A., Nylander, J. A., Persson, C., y Sanmartín, I. (2009). Tracing the impact of the Andean uplift on Neotropical plant evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106: 9749-9754.

- Ball, P.W., Cornejo, X. y Kadereit, G. (2017). *Mangleticornia* (Amaranthaceae: Salicornioideae)—a new sister for *Salicornia* from the Pacific coast of South America. *Willdenowia*, 47: 145-153.
- Barnes, J.B., y Ehlers, T.A. (2009). End member models for Andean Plateau uplift. *Earth-Science Reviews*, 97: 105-132.
- Baslev, H., Valencia, R. y Øllgaard, B. (2017). Danish-Ecuadorian Collaboration in Botany as an example of North-South mutualism. En: Ib Friis, Henrik Balslev (ed). *Tropical Plant Collections: Legacies from the past? Essential tools for the future. The Royal Danish Academy of Sciences and Letters*. 199-206.
- Biral, L., y Cornejo, X. (2021). Two new species of *Monteverdia* (Celastraceae) from Ecuador. *Phytotaxa*, 479: 183-190.
- Bonifaz, C. (1997). El estado actual de los bosques de la Costa. 1-7 pp. En: Bonifaz, C. (ed.). *Herbarium*, Órgano de Difusión del Herbario GUAY, Universidad de Guayaquil.
- Bonifaz, C. (2003). *Caracterización florística de dos sitios en el Bosque húmedo costero cabecera de Muisne, Esmeraldas-Ecuador*. Tesis sometida a la consideración de la Escuela de Posgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza como requisito parcial para optar al grado de *Magister Scientiae*. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Bonifaz, C. y Cornejo, X. (2004). Flora del Bosque de Garúa (árboles y epífitas) de la Comuna Loma Alta, cordillera Chongón Colonche, provincia del Guayas, Ecuador. Missouri Botanical Garden Press.
- Brignone, N.F., Jocou, A.I., y Denham, S.S. (2021). Toward an Updated Taxonomy of the South American Amaranthaceae II: Subfamily Salicornioideae, Tribes Salicornieae and Suaedeae1. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 106: 292-324.
- Carvajal R. y Santillán, X. (2019). *Plan de Acción Nacional para la Conservación de los Manglares del Ecuador Continental*. Ministerio del Ambiente de Ecuador, Conservación Internacional Ecuador, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS). Proyecto Conservación de Manglar en el Pacífico Este Tropical. Guayaquil, Ecuador.
- Cerón, C.E. (1993). Estudio preliminar de plantas útiles del Parque Nacional Machalilla. *Hombre y Ambiente*. Ediciones Abya-Yala, 25: 73-130.
- Cerón, C.E. (1996). Diversidad, Especies Vegetales y usos en la Reserva Ecológica Manglares-Churute, Provincia del Guayas, Ecuador. *Revista Geográfica*, 36: 1-92.
- Cerón, C.E. (2001). Caracterización botánica de la comunidad Playa de Oro, cuenca del Río Santiago, Provincia de Esmeraldas. *Cinchonia*, 2: 30-65.
- Cerón, C. E. and Montalvo, C. (1998). Flora de las Islas Salango y de La Plata en el Parque Nacional Machalilla, Manabí-Ecuador. *FUNBOTANICA*, Boletín 6: 7-17. <http://www.joethejuggler.com/Funbotanica>
- Cerón, C.E., and Webster, G.L. (2002). Una nueva especie de *Croizatia* (Euphorbiaceae) del Ecuador. *Novon*, 12: 170-172.
- Cerón, C.E., Reyes, C.I. and Vela, C. (2006). Características botánicas de la Reserva Militar y Ecológica Arenillas, El Oro, Ecuador. *Cinchonia*, 7: 115-130.
- Cerón, C.E., Reyes, C.I., Mena, J., Carrasco, L., Cabrera, D. y Olivo, J. (2010). La diversidad vegetal en una gradiente de la Reserva Ecológica Mache-Chindul, Ecuador. *Cinchonia*, 10: 92-105.
- Clark, J.L. y Mori, S.A. (2000). *Grias longirachis* (Lecythidaceae), a new species from Northwestern Ecuador. *Brittonia*, 52: 145-148.
- Clark, J.L., Neill, D.A., y Asanza, M. (2006). Floristic checklist of the Mache-Chindul mountains of Northwestern Ecuador. *Contributions from the United States National Herbarium*, 54:1-180.
- Cornejo, X. (2014) (ed.). *Plants of South American Pacific Mangrove Swamps (Colombia, Ecuador, Peru)*. Universidad de Guayaquil. 312 pp.
- Cornejo X. (2018). Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador: Endemismo en la región litoral. Disponible en: <https://bioweb.bio/floraweb/libro rojo/litoral/>
- Cornejo, X. (2020). *The Vegetation of the Santa Elena Peninsula: Past and Present Conditions*, In: Stahl, Peter W. and Karen E. Stothert (eds). *Las Vegas: The Early Holocene Archaeology of Human Occupation in Coastal Ecuador/Las Vegas: La Arqueología de la Ocupación Humana en la Costa del Ecuador durante el Holoceno Temprano. Memoirs in Latin American Archaeology No. 25. Center for Comparative Archaeology, University of Pittsburgh, Pittsburgh* http://www.pitt.edu/~ccapubs/pdfdownloads/PITMem25-Stahl_Stothert_2020.pdf
- Cornejo, X. y Bonifaz, C. (2003). Nymphaeaceae. En: Harling G. & L. Andersson eds. *Flora of Ecuador N° 70*. Dept. Bot. Syst. Göteborg University, Suecia, 26 pp.
- Cornejo, X. y Bonifaz, C. (2020). *Pelliciera benthamii* (Tetrameristaceae): A New Status and Lectotypification of an Overlooked Neotropical Mangrove. *Harvard Pap. Bot.*, 25: 47-49.
- Cornejo, X. y Dodson, C.H. (2011). *Sobralia rhizophorae*: a new species of Orchidaceae from the Mangroves in Northwestern Ecuador. *Harvard Pap. Bot.*, 16: 53-56.
- Cornejo, X. y Mori, S.A. (2010). *Grias theobromicarpa* (Lecythidaceae), a new species from northwestern Ecuador. *Brittonia*, 62: 99-104.
- Cornejo, X. y Mori, S.A. (2011). *Eschweilera awaensis* and *Grias subullata* (Lecythidaceae), two new species from northwestern Ecuador. *Brittonia*, 64: 469-477.
- Cornejo, X. y Mori, S.A. (2019). *Gustavia esmeraldana* and *G. gracieae*: new species of Lecythidaceae from northwestern Ecuador and a key to species of *Gustavia* in Ecuador. *Phytotaxa*, 418: 89-96.
- Cornejo, X. y Lombardi, J. (2021). *Salacia juradoi* (Celastraceae), a new species from coastal Ecuador. *Phytotaxa*, 524: 125-130.
- Couvreur, T. L. P., Cornejo, X., Zapata, J. N., y Loor, A. (2022). Two new magnoliid (Annonaceae, Lauraceae) tree species from Manabí, western Ecuador. *Blumea-Biodiversity, Evolution and Biogeography of Plants*, 67: 97-108.

- Dodson, C.H. y Gentry, A.H. (1978). *Flora of the Rio Palenque Science Center, Los Rios, Ecuador*. Selbyana 4.
- Dodson, C.H. y Gentry, A.H. (1991). Biological extinction in western Ecuador. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 78: 273-295.
- Dodson C.H., Gentry A.H. y Valverde F.M. (1985). *Flora de Jauneche*. Banco Central del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Echeverría, L. (2021). Estado de las poblaciones de *Mangleticornia ecuadorensis* (Amaranthaceae, Salicornioideae) en el Golfo de Guayaquil, Ecuador. Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Biólogo. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil.
- Fernández-Alonso J.L. y Cornejo, X. (2021). *Quararibea calycoptera* (Malvaceae), una nueva especie de los bosques muy húmedos del Pacífico de Ecuador y Colombia. *Acta Botanica Mexicana*, 128: e1960. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm128.2021.196>
- Gilmartin, A.J. (1972). The Bromeliaceae of Ecuador. *Phanerogamarum Monogr.*, 4: 1-255.
- Hágsater, E. y Santiago, E. (eds.). (2022). ICONES ORCHIDACEARUM, Fascicle 19(2), The Genus *Epidendrum* Part 15. "Species New & Old in *Epidendrum*". Herbario AMO. México.
- Harling, G. y Andersson, L. (eds.). (1986-1998). *Flora of Ecuador*, vol. 25-60. Department of Systematic Botany, University of Göteborg, Sweden.
- Heusser, L.E. y Shackleton, N.J. (1994) Tropical climate variation on the Pacific slopes of the Ecuadorian Andes based on a 25,000-year pollen record from deep-sea sediment core Tri 163-31B. *Quaternary Research*, 42: 222-225.
- Holl, F. (2020). La cooperación inolvidable de Aimé Bonpland y Alexander von Humboldt. *Bonplandia*, 29: 191-211.
- Horn, C. (1993). Marine incursions and the influence of Andean tectonics on the Miocene depositional history of northwestern Amazonia: Results of a palynostratigraphic study. *Palaeogeogr. Palaeoecol.*, 105: 267-309.
- Horn, C., Guerrero, J., Sarmiento, G.A., Lorente, M.A. (1995). Andean tectonics as a cause of changing drainage patterns in Miocene northern South America. *Geology*, 23: 237-240.
- Humboldt, A. von (1845). *Kosmos. Entwurf einer physischen Weltbeschreibung*, Bd. 1. Cotta, Stuttgart und Tübingen. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.4717>
- Humboldt, A. von, Bonpland, A. y Kunth, C. (1815-1825). *Nova genera et species plantarum*. Vol. 1-7. Librairie grecque-latino-allemande 1815-1818 (Vol. 1-3), Paris; N. Maze 1820-1821 (Vol. 4-5), Paris; Gide fils 1823-1825 (Vol. 6-7), Paris.
- Jørgensen, P.M. y León-Yáñez, S. (1999). *Catalogue of Vascular Plants of Ecuador*. Monograph. Syst. Bot. Missouri Botanical Garden 75, 1181 pp.
- Josse, C. y Balslev, H. (1994). The composition and structure of a dry, semideciduous forest in western Ecuador. *Nordic Journal of Botany*, 14: 425-434.
- Little, E.L. Jr. y Dixon, R.G. (1969). *Árboles comunes de la provincia de Esmeraldas, Ecuador*. United Nations Development Program and Food and Agriculture Organization. Roma.
- Luer, C. 2010. Icones Pleurothallidarum XXXI. *Lepanthes* of Bolivia. Systematics of *Octomeria*, Species North and West of Brazil. Addenda: New species of *Brachionidium*, *Lepanthes*, *Masdevallia*, *Octomeria*, *Platystele*, *Pleurothallopsis*, and *Porroglossum*. Corrigenda. Monograph Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 120.
- Madulid, D.A. (1982). The life and work of Antonio Pineda, naturalist of the Malaspina Expedition. *Archives of Natural History*, 11: 43-59.
- Madsen, J. E., Mix, R. L. y Balslev, H. (2001). *Flora of Puna island: plant resources on a neotropical island*. Aarhus University Press.
- MAE (Ministerio del Ambiente de Ecuador) (2013). *Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental*. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito.
- Moncayo, S., Rondón, M.E., Araujo, L., Rojas, L., Cornejo, X., Guamán, W. y Jaramillo, S. (2021). Composición química y actividad biológica de los aceites esenciales de *Piper marginatum* Jacq. y *Piper tuberculatum* Jacq. de Ecuador. *Revista de la Facultad de Farmacia*, 63: 14-25.
- Moreira Estrella, H. R. (2021). Estado de las poblaciones del mangle blanco Laguncularia racemosa var. glabriflora (Combretaceae) en el Golfo de Guayaquil, Ecuador. *Revista Científica Ciencias Naturales Y Ambientales*, 14(2). <https://doi.org/10.53591/cna.v14i2.1306>
- Mori, S.A. y Cornejo, X. (2013). Two new species (*Gustavia johnclarkii* and *G. hubbardiorum*) and other contributions to the systematics of *Gustavia* (Lecythidaceae). *Brittonia*, 65: 330-341. <https://doi.org/10.1007/s12228-012-9282-9>
- Mori, S.A., Smith, N.P., Huang, Y.-Y., Prance, G.T., Kelly, L.M., y Carollo Matos, C. (2015). Toward a phylogenetic-based generic classification of neotropical Lecythidaceae—II. Status of *Allantoma*, *Cariniana*, *Couratari*, *Couroupita*, *Grias* and *Gustavia*. *Phytotaxa*, 203: 122-137.
- Mori, S.A., Kiernan, E.A., Smith, N.P., Kelly, L.M., Huang, Y., Prance, G.T. y Thiers, B. (2017). Observations on the Phytogeography of the Lecythidaceae clade (Brazil nut family). *Phytoneuron*, 30: 1-85.
- Mori, S.A., Smith, N.P., Cornejo, X. y Prance, G.T. (2022). *The Lecythidaceae Pages*. The New York Botanical Garden, Bronx, New York. Available from: <http://sweetgum.nybg.org/lp/index.php> (accessed July 9, 2022).
- Neill, D.A. (1998). *Ecuadendron* (Fabaceae: Caesalpinioideae: Detarieae): A New arborescent genus from Western Ecuador. *Novon*, 8: 45-49.
- Parker T.A. y Carr J.L. (eds). (1992). *Status of the forest remnants in the Cordillera de la Costa and Adjacent areas of Southwestern Ecuador*. Rapid Assessment Program Working Paper 2. Conservation International, Washington D.C.
- Pitman, N.C.A., White, D.M., Guevara, J.E., Couvreur, T.O.P., Fortier, R.P., Zapata, J.N., Cornejo, X., Clark, J.L., Feeley, K.J., Johnston, M.K., Lozinguez, A. y Rivas-Torres, G. (2022). Rediscovery of *Gasteranthus extinctus* L.E.Skog y L.P.Kvist (Gesneriaceae) at multiple sites in western

- Ecuador. *Phytokeys*, 194: 33-46.
- Prance, G.T. (2018). Rhizophoraceae. En: Kelly, L. Thomas, W., eds., *Flora Neotropica*. 120: 1-63. Published by the Organization for Flora Neotropica by the New York Botanical Garden Press, New York.
- Peña, Z., & Bonifaz, C. (2021). Biología Reproductiva del mangle rojo (*Rhizophora mangle* L.) Puerto El Morro, Provincia del Guayas, Ecuador. *Revista Científica Ciencias Naturales Y Ambientales*, 14(2). <https://doi.org/10.53591/cna.v14i2.1305>
- Pesantes, J., & Bonifaz, C. (2022). Caracterización del bosque húmedo primario de la Estación Biológica Pedro Franco Dávila, Provincia Los Ríos, Ecuador. *Revista Científica Ciencias Naturales Y Ambientales*, 16(1). <https://doi.org/10.53591/cna.v16i1.1597>
- Presl, C. (1827). *Reliquiae Haenkeanae. Seu Descriptiones et icones plantarum: Quas in America meridionali et boreali, in insulis Philippinis et Marianis collegit Thaddaeus Haenke/redegit et in ordinem digessit Carolus Bor.* Presl. Cura Musei Bohemici.
- Ramos, V.A. y Alonso, R.N. (2018). Tadeo Haenke: Primer naturalista del Virreinato del Río de la Plata. *Anales Acad. Nac. de Cs. Ex., Fis. y Nat.*, 70: 117-146.
- Rodríguez Nozal, R. (1995). La Oficina Botánica (1788-1835): una institución dedicada al estudio de la flora Americana. *Asclepio*, 47: 169-183.
- Rondón, M., Moncayo, S., Cornejo, X., y Plaza, C. (2018a). Total phenolic, flavonoids content and antioxidant activity of ethanolic extracts of Ecuadorian plants. *Rev. Fac. Farm.*, 60: 3-12.
- Rondón, M., Moncayo, S., Cornejo, X., Santos, J., Villalta, D., Siguenza, R. y Duche, J. (2018b). Preliminary phytochemical screening, total phenolic content and antibacterial activity of thirteen native species from Guayas province Ecuador. *Journal of King Saud University-Science*, 30: 500-505.
- Ruales, C. y Cornejo, X. (2020). *La expedición Humboldt & Bonpland en la antigua provincia de Guayaquil en Ecuador*. Ediciones Abya-Yala.
- Sandwith, N.Y. (1926). Humboldt and Bonpland's itinerary in Ecuador and Peru. *Bulletin of Miscellaneous Information (Royal Botanic Gardens, Kew)*, 1926: 181-190.
- Santos, C., Jaramillo, C., Bayona, G., Rueda, M., y Torres, V. (2008). Late Eocene marine incursion in north-western South America. *Palaeogeogr. Palaeocl.*, 264: 140-146.
- Skog, L.E. y Kvist, L.P. (2000). Revision of *Gasteranthus* (Gesneriaceae). *Systematic Botany Monographs*, 59: 1-118. <https://doi.org/10.2307/25027883>
- Ståhl, B. (2010). Theophrastaceae. *Flora Neotropica* Monograph 105. The New York Botanical Garden Press.
- Stothert, K.E. (2011). Coastal resources and the Early Holocene Las Vegas Adaptation of Ecuador. En: Bicho, N. F. et al. (Eds.), *Trekking the shore: Changing coastlines and the Antiquity of Coastal Settlement: Interdisciplinary contributions to Archaeology*. Springer, New York, 355-382.
- Svenson, H.K. (1935). Plants of the Astor expedition, 1930 (Galapagos and Cocos Islands). *American Journal of Botany*, 22: 208-277.
- Svenson, H.K. (1946). Vegetation of the coast of Ecuador and Peru and its relation to the Galapagos Islands. I. Geographical relations of the flora. *American Journal of Botany*, 33: 394-426.
- Tafalla, J. (1989). *Flora Huayaquilensis. Sive descriptiones et icones plantarum Huayaquilensium secundum systema Linnaeanum digestae*. Eduardo Estrella, Ed. Instituto ad Conservandam Naturam/CSIC, XIII-CVI, Madrid.
- Thiers, B. (2022). *Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff*. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. Available from: <http://sweetgum.nybg.org/ih/> (accessed 1 September 2022).
- Valdiviezo Cedeño, A. G. ., & Bonifaz Balseca, C. (2021). Etnobotánica de las plantas más utilizadas en el Recinto Jauneche, Cantón Palenque, Provincia Los Ríos, Ecuador. *Revista Científica Ciencias Naturales Y Ambientales*, 15(2). <https://doi.org/10.53591/cna.v15i2.1397>
- Valverde, F.M., García, C. y Rodríguez, G. (1991). *Estado actual de la vegetación natural de la Cordillera de Chongón Colonche*. Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales / Facultad de Ciencias Naturales / Universidad de Guayaquil.
- Vielma-Puente, J., Cornejo, X., Choez, I. y Miranda, M. (2020). Composición química del aceite esencial de dos especies endémicas de la costa ecuatoriana: *Psidium rostratum* McVaugh y *Psidium guayaquilensis* Landrum & Cornejo. En: La Biotecnología, aliada estratégica en la recuperación Agro-Industrial Post Covid-19, Libro de Memorias. V Congreso Internacional de Biotecnología y Biodiversidad, CIBB 2020, modalidad virtual. 146 p.
- Wiersema, J. (1987). A monograph of *Nymphaea* subgen. *Hydrocallis* (Nymphaeaceae), *Syst. Bot. Monogr.*, 16: 1-112.

La incidencia de la educación virtual en el rendimiento académico de estudiantes de la cátedra de economía de los recursos naturales y ambiente

The incidence of virtual education in the academic performance of students of the chair of economics of natural resources and environment

Manuel Llerena¹, Crithian Arévalo², Manuel Arévalo³
& Alanis Moreira⁴

¹ *Tecnológico Universitario Espíritu Santo, carrera de Dirección Empresarial Av. Juan Tanga Marengo y Av. Las Aguas, Guayaquil.*

² *Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, facultad de Ciencias Económicas y Administrativas.*

³ *Emprendedor de bienes y raíces.*

⁴⁻⁵ *Tecnológico Universitario Espíritu Santo. Carrera de Innovación.*

Recibido 30 agosto 2022, aceptado 10 noviembre 2022, en línea 10 de diciembre 2022.

Resumen

La pandemia covid - 19 generó nuevas modalidades de estudio entre ellas las clases de manera virtual es decir asignaturas de forma síncrona clases en vivo con el docente y asíncrona actividades encargadas por el docente que fueron fundamentales por los momentos que estábamos pasando en la sociedad. El objetivo del presente artículo es conocer el impacto de la educación virtual en el rendimiento académico de estudiantes de la cátedra de Economía de los Recursos Naturales y Ambiente. La metodología del estudio es de carácter transversal - cuantitativo ya que los datos se recogieron en un determinado período de manera online. Los principales resultados fueron que las clases virtuales son más viables cuando los estudiantes manejan de forma idónea las tecnologías, seguidamente de las plataformas de aprendizaje y herramientas de video conferencias. Finalmente, las futuras investigaciones se enfocan en incluir nuevas formas de aprendizaje virtual que sean de doble vía entre estudiantes - docentes la cual se fijan en la sociedad para el beneficio de las generaciones actuales y futuras.

Palabras clave: educación virtual, UCSG, rendimiento académico, estudiantes, docentes.

Abstrac

The covid-19 pandemic generated new study modalities, including virtual classes, that is, synchronous subjects, live classes with the teacher and asynchronous activities commissioned by the teacher that were fundamental for the times we were going through in society. The objective of this article is to know the impact of virtual education on the academic performance of students of the Natural Resources and Environment Economics chair. The methodology of the study is cross-sectional - quantitative since the data was collected in a certain period online. The main results were that virtual classes are more viable when students handle technologies in an ideal way, followed by learning platforms and video conferencing tools. Finally, future research focuses on including new forms of virtual learning that are two-way between students - teachers, which are set in society for the benefit of current and future generations.

Keywords: virtual education, UCSG, academic performance, students, teachers.

Introducción

La Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT, 2022) manifestó que en la actualidad el sistema de formación universitario está compuesto por 71 universidades & escuelas politécnicas; 33 son privadas, 9 cofinanciadas y 29 públicas. Teniendo en consideración que el Consejo de Educación Superior (CES, 2020) aprobó

por unanimidad, en sesión extraordinaria de manera virtual del 25 de marzo, la normativa transitoria para el desarrollo de actividades académicas en las instituciones de educación superior, debido al estado de excepción decretado por la emergencia sanitaria ocasionada por la pandemia de covid - 19, donde las clases de forma presencial pasarían a una nueva modalidad denominada virtual de forma síncrona (clases en vivo con el docente) y asíncrona (actividades encargadas por el docente) (Montagud y

* Correspondencia del autor:

E-mail: manuel.llerena@cu.ucsg.edu.ec



Esta obra está bajo una licencia de creative commons: atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.

Gandía, 2014). Pero que se entiende por una educación virtual, según Crisol-Moya, E., Herrera-Nieves, L., & Montes-Soldado, R. (2020) la educación virtual también es reconocida como la enseñanza en línea que hace referencia al desarrollo dinámico enseñanza - aprendizaje donde los docentes y alumnos pueden interactuar de forma no presencial; sin embargo para Saldarriaga et al. (2016) la educación virtual es una estrategia de alto impacto en la mejora de la cobertura, pertinencia, calidad educativa en todos los niveles y tipos de formación, debido a sus características multimediales, hipertextuales e interactivas Paz, M. A. L., & Avelillas, M. E. A. (2020). No obstante, Nunes et al. (2020) ratificaron la necesidad de involucrar las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs), ya que el uso de las herramientas que ofrece internet y nuevas tecnologías es fundamental para proporcionar ambientes educativos adecuados y de alta calidad (Noteborn et al., 2014).

Es importante tener en cuenta que la educación virtual se relaciona con la educación a distancia, la cual nació a raíz de la necesidad de cobertura de calidad educativa a personas que, por distancia y tiempo, no pueden desplazarse hacia un centro de formación físico. La educación virtual complementa a este tipo de modalidad académica, ya que mejora las dinámicas de formación de los estudiantes y les ofrece mayor apoyo a los docentes para el desarrollo y seguimiento académico de los alumnos a cargo (Hernández y Camargo, 2017; Zahedi et al., 2021; Zapata et al., 2021).

Pérez et al. (2020) señalaron la importancia de definir las ventajas y desventajas que ofrece la educación virtual a la hora de emplearse y según el criterio de quien la emplea como su ambiente de formación ya sea en la parte de grado (tecnológicos - universidades) o postgrado (maestrías - doctorados) entre las principales ventajas fundamentales tenemos:

Admite el acceso a la información de manera inmediata.

- Ofrece flexibilidad sobre el manejo del tiempo a la hora de estudiar y el lugar desde el cual se realiza la conexión para estudiar.
- Ofrece autonomía sobre el proceso de aprendizaje.
- Se adapta a cualquier ámbito geográfico.
- Genera infinidad de ofertas educativas tanto a nivel nacional como internacional.
- Diversidad de implementar varias herramientas didácticas como: videos, diapositivas, casos de estudio, simulaciones etc.
- Genera ahorro de tiempo y dinero si se estudia en modalidad virtual.
- Oportunidad de revisar las clases grabadas las veces que sean necesarias para su comprensión.
- Utilización de herramientas de última generación como: Zoom, Microsoft Teams, Google Meet entre otras.

No obstante, Beech (2020) indicó que las desventajas de la educación virtual depende de la persona cuyo proceso de aprendizaje se facilita con el acompañamiento presencial y posee problemas de concentración, tal vez la educación en línea no sea tan funcional; es así que manifestamos una serie de desventajas a tener en cuenta entre ellas (García et al; Li et al., 2020).

- Un ambiente tranquilo para poder recibir las clases.
- Necesidad de poseer un computador adecuado y un acceso a la red de por lo menos 50 megabites.
- Cierta carencia pedagógica entre algunos profesores.
- La homologación de títulos obtenidos en el exterior.
- Mayor exposición a las pantallas (computadora, celular, tablets etc).
- Riesgo de suplantación de identidad.

En este sentido, este artículo tiene como objetivo primordial conocer el impacto de la educación virtual en el rendimiento académico de estudiantes de la cátedra de Economía de los Recursos Naturales y Ambiente que se encuentran matriculados en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil pertenecientes a la Facultad de Economía y Empresa que es parte de la carrera de Economía (Diab-Bahman et al., 2022; Fahim et al., 2021; Lobos Pena et al., 2021).

Metodología

El presente estudio es de carácter transversal cuantitativo, ya que se recolectaron datos de forma virtual a través de la herramienta Google Forms; el objetivo de seleccionar la cátedra de Economía de los Recursos Naturales y Ambiente es conocer y homogeneizar los conocimientos, herramientas, material de aprendizaje, docentes especializados etc; con el fin que los estudiantes conozcan y generen propuestas para el cuidado y conservación sustentable al ecosistema en el corto y largo plazo (Hernández et al., 2014). La asignatura de Economía de los Recursos Naturales y Ambiente se ofrece en octavo semestre que comprende entre el período de mayo - septiembre ubicándose en el semestre académico (A - 2022), en total se encuentran matriculados 45 estudiantes en dos paralelos distintos paralelo "A" (25 estudiantes) y paralelo "B" (20 estudiantes); los cuales fueron invitados a participar de la presente investigación (Bernal, 2010). Se les envió la encuesta a través del correo institucional la cual fue validada por tres expertos en las áreas de: educación, tics y economía de los recursos naturales; la cual posee una duración de finalización de 25 minutos (Lind et al., 2008; Muñoz, 2011).

Resultados

Análisis de encuestas

Medio de recolección de la encuesta

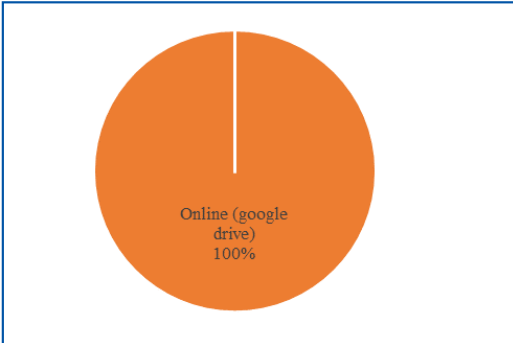


Figura 1. se refleja el 100% de los encuestados que respondieron al instrumento elaborado y enviado a través de la herramienta online Google Forms como medio de recolección.

Género del encuestado

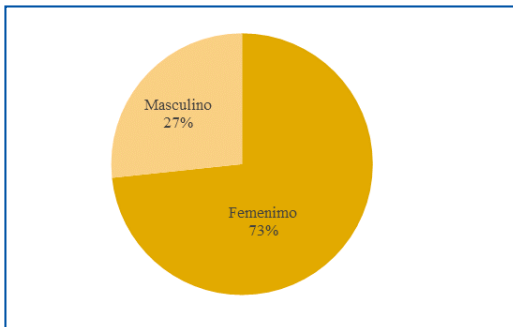


Figura 2. Hacen referencia al género del encuestado con un 73% que pertenece al género femenino y con un 27% al género masculino.

Semestre académico actual

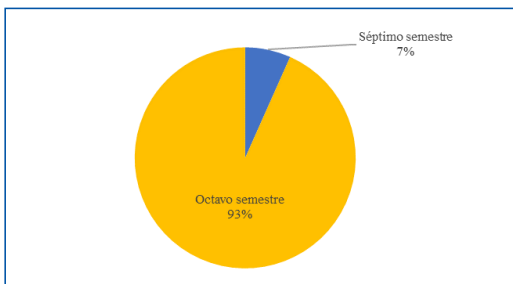


Figura 3. Se visualiza que el 93% de los alumnos están cursando el octavo semestre de la cátedra de Economía de los Recursos Naturales y Ambiente. De igual manera con un 7% existen estudiantes que están adelantando la mencionada cátedra pero que pertenecen al séptimo semestre de la carrera de Economía.

Cuál es su zona de residencia

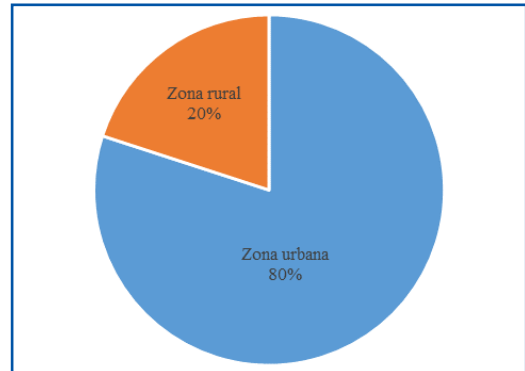


Figura 4. se muestra la zona de residencia de los estudiantes es decir el 80% pertenece a la zona urbana, mientras que el 20% a la zona rural.

Qué tipo de internet posee

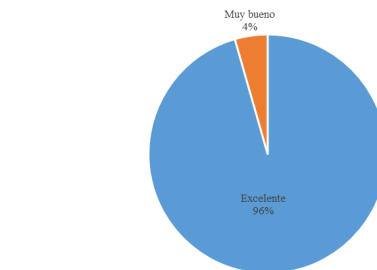
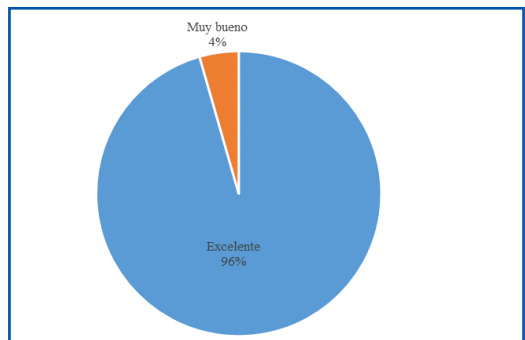


Figura 5. evidencia el tipo de internet que posee el estudiante para llevar sus clases de manera virtual, el 91% respondió que tiene conexión de internet fijo (internet de hogar) y el 9% afirmó que posee un internet móvil (plan de celular).

Según su opinión su manejo de la tecnología

Los estudiantes de octavo semestre respondieron que el 96% maneja la tecnología de manera excelente, mientras que un 4% de los encuestados manifestaron usar la tecnología de forma muy buena; que hace referencia a la figura 6.



Qué herramienta de conferencia virtual utilizaron con mayor frecuencia

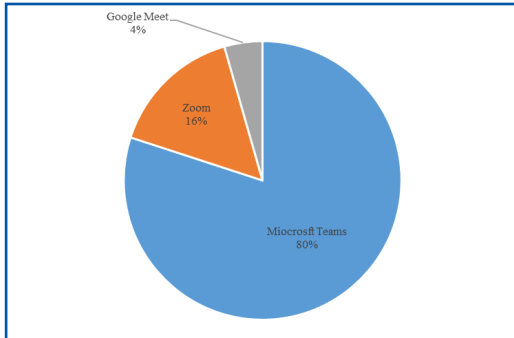


Figura 7. señala que el 80% de los estudiantes utilizaron Microsoft Teams para sus sesiones sincronicas de clases, mientras el 16% de los estudiantes utilizaron Zoom y finalmente un 4% de los alumnos usaron Google Meet en casos de fallas de conexión.

El tiempo requerido para el cumplimiento de las actividades como: (tareas, talleres, exposiciones virtuales y lecciones en línea) fueron suficientes para su cumplimiento.

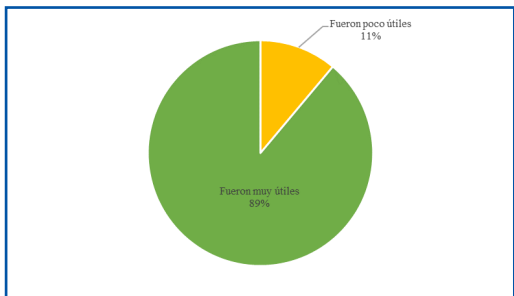
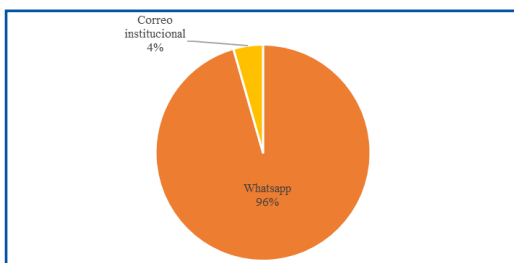


Figura 8. Evidencia que el 89% de los estudiantes les fue de mucha utilidad el tiempo requerido para cumplir sus actividades, cabe recalcar que el 11% de los alumnos manifestó que los docentes debieron de brindar o extender el plazo de entrega de actividades para no verse afectados en sus calificaciones.

Qué otras herramientas de comunicación a parte de la plataforma Moodle, utilizaron para gestionar actividades o información de última hora.



La figura 9 señala, que el 96% de los estudiantes utilizo la herramienta de comunicación whatsapp para gestionar actividades o informacion de forma urgente, mientras el 4% implemento el uso del correo institucional para gestionar o consultar alguna actividad referente a la cátedra o trámite académico.

Si tuviera la oportunidad de elegir su modalidad de estudio hasta culminar su período académico cual elegiría

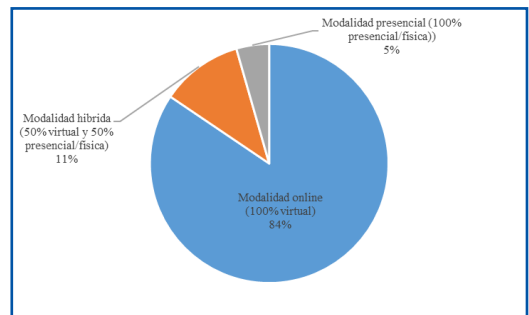


Figura 10. Nos muestran que el 84% de los estudiantes les gustaría culminar su período académico en modalidad online (100% virtual), seguidamente de un 11% de los alumnos que les gustaría finalizar sus estudios en modalidad híbrida (50% virtual y 50% presencial) y finalmente, el 5% de los estudiantes les encantaría finalizar sus estudios en modalidad presencial (100% física).

Conclusión

Una vez obtenido los resultados se puede argumentar que la educación virtual que se la implemento a causa de la pandemia covid - 19 es una opción viable y efectiva para los estudiantes ya sea por falta de tiempo, ingresos económicos, zonas geográficas etc; la cual se incluye en todos los niveles educativos del mundo y al parecer llegó para quedarse (Barcia & González, 2021). Teniendo en consideración que el aumento en la demanda de educación en línea también causa una demanda aún mayor de cursos de gran calidad y procesos bien establecidos para la instrucción del contenido y la creación de aulas virtuales (Alfalla et al., 2011; Lobos et al., 2021). Por ejemplo, la pregunta seis que menciona el manejo de tecnología de los cuales el 96% de los estudiantes respondieron que su aplicación es excelente, seguido de un 4% de alumnos que respondieron que es muy buena; lo cual es primordial para el uso de recursos tecnológicos a utilizar en clases virtuales (Hatahet et al., 2022).

Hay que tener en consideración que una aplicación que nos ayudó a monitorear y estar alerta a información de última hora dentro del salón virtual fue whatsapp con un 96% de aceptación por parte de los alumnos y el correo institucional con el 4% para trámites académicos - administrativos (Pando, 2018). Finalmente, la educación virtual es una categoría que se abrió paso en el mercado educativo y se plasmó dentro del top tres de modalidades de estudio en todos los niveles es decir modalidad online (100% virtual) con un 84% de aceptación por parte de los alumnos, seguidamente de la modalidad presencial (100% presencial/física) con el 11% de aprobación y con un 5% de acogida la modalidad híbrida (50% virtual y 50% presencial/física) (Noteborn et al., 2014; Rienties y Toetenel, 2016).

Recomendaciones

Futuras investigaciones

Dado que siguen apareciendo nuevas variantes y enfermedades nuevas en todo el mundo lo cual forzó a profesores, estudiantes y administradores a cambiar al aprendizaje digital como una alternativa a las clases presenciales es importante señalar que se deben ampliar estudios como por ejemplo: explorando nuevas herramientas educativas, inserción de nuevas herramientas de video conferencia y sobre todo adquiriendo e implementando nuevo aprendizaje didáctico para los alumnos ya sea en nivel de escuela, colegio, universidad, maestría o doctorado para generar beneficios a las generaciones futuras y a las actuales.

Referencias

Alfalla-Luque, R., Medina-López, C., & Arenas-Márquez, F. J. (2011). Mejorando la formación en Dirección de Operaciones: La visión del estudiante y su respuesta ante diferentes metodologías docentes. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 14(1), 40-52. <https://doi.org/10.1016/j.cede.2011.01.002>

Barcia, E. L., & Gonzalez, J. R. (2021). Analysis of scientific production on virtual and blended university teaching in high impact Spanish journals. *Revista Complutense De Educación*, 32(4), 605-616. <https://doi.org/10.5209/rced.70887>

Bernal, C. (2010). Metodología de la Investigación. México: Pearson.

Beech. (13 de 05 de 2020). UNIR. Obtenido de UNIR: <https://ecuador.unir.net/actualidad-unir/ventajas-y-desventajas-de-estudiar-online/>

CES. (18 de 06 de 2020). https://www.ces.gob.ec/?page_id=3484. Obtenido de https://www.ces.gob.ec/?page_id=3484

Crisol-Moya, E., Herrera-Nieves, L., & Montes-Soldado, R. (2020). Educación virtual para todos: Una revisión sistemática. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 21, 13-13. <https://doi.org/10.14201/eks.23448>

Diab-Bahman, R., Al-Quenai, R., & Aftimos, S. (2022). Implication of hybrid learning on student-teacher rapport. *Journal of Management Information and Decision Sciences*, 25(65), 1532-5806. doi:<https://www.abacademies.org/articles/implication-of-hybrid-learning-on-studentteacher-rapport-15056.html>

Fahim, S. M., Zaidi, S. B. I., Rehman, A., Hussain, S. T., Khan, U. A., & Hasan, A. (2021). Measuring the Impact of Online Education on Academic Performance Amid COVID-19 with the Moderating Effect of Instructor. *International Journal of Educational Sciences*, 33(1-3), 31-43. <https://doi.org/10.31901/24566322.2021/33.1-3.1170>

García, M., Sánchez, M., & Porlán, I. (2018). Estrategias para la comunicación y el trabajo colaborativo en red de los estudiantes universitarios. *Ciencia de Comunicación y Educación*, 54(XXVI), 1 - 10. doi:(<http://orcid.org/0000-0003-4179-6570>)

Hatahet, T., Mohamed, A. A. R., Malekigorji, M., & Kerry, E. K. (2022). Remote Learning in Transnational Education: Relationship between Virtual Learning Engagement and Student Academic Performance in BSc Pharmaceutical Biotechnology. *Pharmacy*, 10(1), 4. <https://doi.org/10.3390/pharmacy10010004>

Hernández Barrios, A., & Camargo Uribe, Á. (2017). Autorregulación del aprendizaje en la educación superior en Iberoamérica: Una revisión sistemática. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 49(2), 146-160. <https://doi.org/10.1016/j.rlp.2017.01.001>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Pilar Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación*.

McGraw-Hill.

Li, Y. X., Li, M., Chen, Z. W., & Guo, H. X. (2020). Impact of Virtual Prototype on the Academic Performance of Engineering Undergraduates. *International Journal of Engineering Education*, 36(6), 1801-1813.

Lind, G., Marchal, W., & Wathen, S. (2008). Estadística Alicada a los Negocios y la Economía. New York: Mc Graw Hill.

Lobos Pena, K., Bustos-Navarrete, C., Cobo-Rendon, R., Fernandez Branada, C., Bruna Jofre, C., & Maldonado Trapp, A. (2021). Professors' Expectations About Online Education and Its Relationship With Characteristics of University Entrance and Students' Academic Performance During the COVID-19 Pandemic. *Frontiers in Psychology*, 12, 642391. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.642391>

Montagud Mascarell, M. D., & Gandía Cabedo, J. L. (2014). Entorno virtual de aprendizaje y resultados académicos: Evidencia empírica para la enseñanza de la Contabilidad de Gestión. *Revista de Contabilidad*, 17(2), 108-115. <https://doi.org/10.1016/j.rcsar.2013.08.003>

Muñoz, C. (2011). Como elaborar y asesora una investigación de tesis. México: Pearson.

Noteborn, G., Dailey-Hebert, A., Carbonell, K. B., & Gijsselaers, W. (2014). Essential knowledge for academic performance: Educating in the virtual world to promote active learning. *Teaching and Teacher Education*, 37, 217-234. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.10.008>

Nunes, C. S., Moreira, J. A., & Vieira, C. P. (2020). Virtual Learning Communities and Key Competencies for the 21st Century in Higher Distance Education. *Revista Educaonline*, 14 (2), 1-11. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED514436.pdf>

Pando, V. F. (2018). Tendencias didácticas de la educación virtual: Un enfoque interpretativo. *Propósitos y Representaciones*, 6(1), 463-505. <https://doi.org/10.20511/pyr2018.v6n1.167>

Paz, M. A. L., & Avencillas, M. E. A. (2020). Análisis bibliométrico de la interacción profesor-Alumno a través de las plataformas virtuales. *Espíritu Emprendedor TES*, 4(4), 42-65. <https://doi.org/10.33970/eetes.v4.n4.2020.230>

Pérez, A., Arias, O., & López, A. (23 de 5 de 2020). La educación en tiempos del coronavirus: Los sistemas educativos de América Latina y el Caribe ante COVID-19. Banco Interamericano de Desarrollo, 4 - 12. Obtenido de <https://publications.iadb.org/es/la-educacion-en-tiempos-del-coronavirus-los-sistemas-educativos-de-america-latina-y-el-caribe-ante-covid-19>: <https://n9.cl/3oh5f>

Rienties, B., & Toetenel, L. (2016). The impact of learning design on student behaviour, satisfaction and performance: A cross-institutional comparison across 151 modules. *Computers in Human Behavior*, 60, 333-341. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.02.074>

Saldarriaga, J. C. M., Morales, K. F., & Pulido, J. E. (2016). Evaluación de técnicas de producción accesible en cursos masivos, abiertos y en línea—MOOC. *Revista CINTEX*, 21(1), 89-112.

SENECYT. (18 de 07 de 2022). <https://www.educacionsuperior.gob.ec/>. Obtenido de <https://www.educacionsuperior.gob.ec/>

Zahedi, L., Batten, J., Ross, M., Potvin, G., Damas, S., Clarke, P., & Davis, D. (2021). Gamification in education: A mixed-methods study of gender on computer science students' academic performance and identity development. *Journal of Computing in Higher Education*, 33(2), 441-474. <https://doi.org/10.1007/s12528-021-09271-5>

Zapata-Ospina, J. P., Patiño-Lugo, D. F., Vélez, C. M., Campos-Ortiz, S., Madrid-Martínez, P., Pemberthy-Quintero, S., Pérez-Gutiérrez, A. M., Ramírez-Pérez, P. A., & Vélez-Marín, V. M. (2021). Intervenciones para la salud mental de estudiantes universitarios durante la pandemia por COVID-19: Una síntesis crítica de la literatura. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 50(3), 199-213. <https://doi.org/10.1016/j.rcp.2021.04.007>

Contenidos de la Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales Vol. 16(2)

Alternativa sustentable (Takakura) para la minimización de residuos orgánicos en la finca Saltos, cantón Salitre, Ecuador.....	
.....Lady Bayas, David García.....	348
ACaracterización biofísica de la microcuenca Sarampión, Manabí - Ecuador.....	
.....Hugo Cobeña, Francisco Velásquez, Jhonny Navarrete, Carlos Delgado.....	357
Subproductos agrícolas (cáscara de yuca y arroz) para compost como alternativa de valoración económica.....	
.....José Calderón, Elvis Mero, Franklin Barreiro.....	365
Factores determinantes de las emisiones de CO2 en los sectores industrial y transporte en Ecuador.....	
.....Karla Muentes, Jhon Pereira, Rodolfo Rivadeneira, Carlos Moreira.....	370
Estudio histológico de 10 especies nativas de Capparaceae, Bignoniaceae, Burseraceae y Primulaceae del bosque seco de la costa de Ecuador.....	
.....Kerlyn Lema, Mónica Armas.....	377
Sostenibilidad gastronómica: Aprovechamiento de subproductos derivados de cadena productiva de la papa variedad Diacol Capiro.....	
.....Mabel Calvache, Sandra Potosí, Alejandra Rodríguez.....	389
La huella ecológica de los perros y gatos de compañía.....	
.....Cristian Sáenz De Viteri, Pablo Torres.....	398
Estudios Botánicos en la costa de Ecuador.....	
.....Xavier Cornejo.....	407
La incidencia de la educación virtual en el rendimiento académico de estudiantes de la cátedra de economía de los recursos naturales y ambiente.....	
.....Manuel Llerena, Cristhian Arévalo, Manuel Arévalo & Alanis Moreira.....	422
Normas para la publicación de artículos, “Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales” / Guidelines for publishing articles “Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales”	