

REVISTA

No. 3 | 2019

ISSN 2422-2917 Digital
2422-197X Impreso

ORINOQUIA

— CIENCIA Y SOCIEDAD —



**Fundación Universitaria Internacional del Trópico
Americano, Unitrópico.**

Rector

Ph.D. Oriol Jiménez Silva

Director de Investigación

Ph.D. Oscar Andrés Rodríguez Fandiño

Coordinador de Producción y Divulgación de Investigación

M.Sc. Jorge Enrique Chaparro Mesa.

Coordinador Técnico de la investigación

Ph.D. José Alfredo Camargo Martínez

Revista Científica y Tecnológica

Orinoquia Ciencia y Sociedad

Volumen No 3. Mayo de 2019.

Editor General

M.Sc. Jorge Enrique Chaparro Mesa

Comité Editorial

M.Sc. Jorge Enrique Chaparro Mesa.

Coordinador de Producción y Divulgación de Investigación,
Unitrópico.

Ph.D. José Alfredo Camargo Martínez

Coordinador Técnico de la investigación

Ph.D.(c) Lady Johana Correa Higuera
Docente Investigador Unitrópico.

Bibliotecólogo Luis Emiro Álvarez
Jefe de Biblioteca, Unitropico.

Comunicadora Social Erika Rocio Solano Jaimes
Jefe de Prensa y Comunicaciones, Unitrópico.

Comité Científico

Ph.D. Oscar Andrés Rodríguez Fandiño
Director de Investigación, Unitrópico.

Ph.D. José Alfredo Camargo Martínez
Coordinador Técnico de Investigación

Ph.D.(c) Lady Johana Correa Higuera
Docente Investigador Unitrópico.

Ph.D.(e) Plutarco Urbano Tibaduiza
Docente Investigador Unitrópico.

Diseño y Diagramación

Laura Victoria Blanco Vargas
Coordinadora Oficina de Diseño, Unitrópico

Edición de Contenido

Comité Editorial

Registro Fotográfico
Gustavo Martinez, Fotógrafo

Editorial

Perspectivas de desarrollo de la investigación en Casanare

A partir del Acto Legislativo 04 de 2017, reglamentado mediante la Ley 1923 y el decreto 1467 de 2018, se definió una nueva estructura para acceder a los recursos del Fondo de CTeI del Sistema General de Regalías. En este sentido el decreto 1467 propone el desarrollo de convocatorias públicas, abiertas y competitivas, en las cuales los CODECTI juegan un papel fundamental, dado que definen o identifican los retos de desarrollo regional, con base en lo establecido en los Planes y Acuerdos Estratégicos Departamentales en Ciencia, Tecnología e Innovación PAED vigentes (Colciencias, 2019)¹. Estos retos de desarrollo regional se definen, como las oportunidades más promisorias o los problemas más relevantes que se deben aprovechar o resolver en el territorio, y para, lograr materializarlos se enmarcan dentro de los focos priorizados en los PAED. Para el caso del departamento de Casanare, se establecieron tres retos, el primero hace referencia al incremento de la productividad, competitividad y sostenibilidad, a través del desarrollo de programas, proyectos de CTEI en los focos agropecuario, agroindustria y turismo. El segundo reto se refiere a la generación de mecanismos de capacitación, transferencia y apropiación social del conocimiento, y el tercero está enfocado en el fortalecimiento y/o articulación de los actores del ecosistema de CTeI en el departamento. En cuanto a los focos se definieron seis; tres de estos, coinciden tanto en el PAED como en el PEDCTI; Agroindustria; Agropecuario y Turismo; los tres restantes son, Energía; Biodiversidad y Biotecnología. Sin lugar a duda, los retos de mayor impacto para el Departamento son los tres primeros, Agropecuario, Agroindustria y Turismo, estos tres han sido priorizados en diversas políticas públicas, como el PEDCTI, planes de desarrollo locales, plan regional de competitividad y el plan maestro de la Orinoquia, el cual contempla cuatro prioridades básicas: sistemas productivos (agricultura y turismo); recurso hídrico y medio ambiente; infraestructura y logística en telecomunicaciones, energía y transporte y ordenamiento territorial. Referente a los dos primeros focos, agropecuario y agroindustria, Colombia cuenta con más de 26,5 millones de hectáreas aptas para ser cultivadas, es decir más del 23 % del suelo nacional (114 millones de hectáreas tiene Colombia)². Sin embargo, el área cultivada corresponde solo a 7.1 millones de hectáreas, las cuales contribuyen con un 6,3 % al PIB nacional, no obstante, esta cifra ha venido disminuyendo drásticamente en los últimos años, según datos suministrados por el Banco Mundial, en 1965 la agricultura representaba cerca del 30% del PIB en Colombia. Aunque Colombia es una nación por vocación agrícola, los rendimientos en los cultivos están por debajo de los niveles de países de la región, como Chile, Brasil o Costa Rica y gran parte se debe a la falta de planificación, al uso ineficiente del suelo, y a la escasa investigación agrícola, lo cual extingue los procesos de generación de conocimiento e innovación y rezaga la implementación de tecnologías.

Con este panorama los retos del sector agro en Colombia son grandes y el aporte de la investigación es fundamental para mitigar los impactos ambientales y económicos que viene atravesando este sector. Esta problemática se puede dividir en tres grandes líneas; cadenas de valor rezagadas, problemas en la gobernanza del territorio y efectos negativos sobre el medio ambiente. Sobre estas líneas de trabajo se deben encaminar los procesos investigativos para el sector agropecuario en la región, a fin de potencializar las cadenas productivas con mayor impacto como el arroz, la palma, la yuca, la piña, el plátano y el cacao.

A mi parecer, la solución más acertada en corto tiempo para generar valor agregado al sector agropecuario y aprovechar las ventajas comparativas de la abundante biodiversidad de la región, es trabajar conjuntamente la agroindustria y la Biotecnología, entendida la primera como una actividad económica para la producción, industrialización y comercialización de productos agropecuarios, forestales y otros recursos naturales biológicos, y la segunda, como la producción de conocimientos, bienes o servicios, mediante el empleo de organismos vivos, parte de ellos o sus productos (OCDE, 2005). Para materializar estos procesos se requiere del trabajo conjunto del sector productivo, la academia local, el apoyo de centros de investigación de reconocimiento mundial, el sector público y las entidades que de una u otra forma vienen aportando al desarrollo científico y tecnológico de la región. Una propuesta que se ha venido materializando cada vez más es la construcción de un Centro de Desarrollo Tecnológico, que trabaje las líneas de investigación en agroindustria y biotecnología. Este centro deberá apoyar la ejecución de políticas públicas en materia de ciencia, tecnología e innovación, mediante la cohesión del conocimiento científico de las universidades con los problemas de las empresas y el sector productivo; así mismo deberá aportar soluciones innovadoras que generen valor agregado a los productos y servicios de la región.

¹Decreto 1467 de 2018. Departamento Nacional de Planeación Colombia.

²Ministerio de Agricultura, 2018

En cuanto al turismo, Casanare por su distribución geográfica, tiene unas ventajas comparativas, debido a la gran biodiversidad y la cultura. Estos productos son muy codiciados por las nuevas demandas turísticas. Sin embargo, a pesar que el Departamento ha venido trabajando en los últimos años para potencializar el sector, su participación en la composición del PIB sigue siendo muy baja y actualmente es un sector de la economía poco competitivo que no logra posicionarse como motor de desarrollo económico. En este sentido es necesario realizar investigaciones que contemplen todos los eslabones de la cadena turística, priorizando en áreas potenciales para el desarrollo del turismo de naturaleza, y el turismo cultural. Por otra parte, se requiere posicionar al departamento como destino turístico, trabajar en el reconocimiento de las potencialidades de la región, y mejorar la visibilidad del territorio, esto se puede lograr a mediano plazo con el apoyo de políticas públicas bien definidas, y una estrategia de posicionamiento a través de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), las cuales han impulsado el turismo mundial, con la adopción de modelos empresariales centrados en el Marketing por Internet.

Y por último referente al foco de energía, si bien es el que más recursos económicos le ha generado al departamento, también ha contribuido irónicamente al rezago del desarrollo de los procesos investigativos en otros sectores de la economía, producto de la revolución petrolera, que originó cambios estructurales en las fuentes de empleo, y relegó sectores menos significativos, pero muy importantes para la región, como el sector agropecuario, el comercio, la industria y el turismo. En este orden de ideas, este foco requiere investigación tanto en los efectos que ha generado y sigue generando el sector hidrocarburos en la región como en el aprovechamiento de las condiciones del departamento para llevar a cabo proyectos de energías limpias y renovables. En este sentido la Revista Orinoquia Ciencia y Sociedad, se concibe como una herramienta para la divulgación de los resultados de procesos investigativos del país, relacionados con las áreas de investigación con mayor pertinencia para la región como son las líneas priorizadas en los focos del PAED, más dos líneas transversales como las TIC y educación. En este tercer volumen de la revista “Orinoquia Ciencia y Sociedad” se muestran algunos resultados de los procesos de investigación que se están llevando a cabo por parte de diferentes grupos de investigación del Departamento de Casanare, con aportes de grupos de otras instituciones nacionales e internacionales.

Jorge Enrique Chaparro Mesa

Magister en Tecnología Informática.

Coordinador de Divulgación de la Investigación

Unitrópico

Editor General

Tabla de Contenido

	Páginas
EDITORIAL	
Perspectivas de desarrollo de la investigación en Casanare <i>Jorge E. Chaparro M.</i>	3-4
ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN	
Variación temporal de <i>Heliconius erato</i> (Nymphalidae: Heliconiinae) en la cuenca La Calaboza Yopal Casanare <i>Enith Mesa, Plutarco M. Urbano</i>	5-8
Valores de permeabilidad en sabanas susceptibles a sequía en Paz de Ariporo, Casanare (Colombia) <i>Heiner Chaparro L., Jorge E. Mariño M., Héctor Fonseca P.</i>	9-13
Retribución económica basada en la eficiencia de los cosecheros del sector palmicultor en el municipio de Maní departamento de Casanare <i>Wilquer H. Cruz M., Sonia I. Herrera H.</i>	14-19
Diseño e implementación de una plataforma virtual para asesoría y venta de material didáctico enfocada a carreras de ingeniería y tecnología en el departamento de Casanare <i>Javier A. Salcedo L., Susana E. de León A.</i>	20-24
ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN	
Unitrópico en la frontera científica de la superconductividad <i>José A. Camargo M., Guillermo I. González P.</i>	25-28
UNITRÓPICO INVESTIGA Avances en Investigación: Unitrópico 2018	30-32

Variación temporal de *Heliconius erato* (Nymphalidae: Heliconiinae) en la cuenca La Calabozza Yopal Casanare

Enith Mesa¹, Plutarco Urbano^{1*}

Resumen

El objeto de esta investigación fue evaluar la variación temporal poblacional de *Heliconius erato* en la cuenca La Calabozza del municipio de Yopal, Casanare. Para ello, se realizaron muestreos mensuales desde enero de 2016 a diciembre de 2017, en transectos lineales a lo largo de la cuenca. Las recolectas se realizaron mediante patrulleos aleatorios y utilizando redes lepidopterológicas con una intensidad de 32 horas/hombre por muestreo mensual. Se recolectaron 246 hembras y 148 machos para un total de 394 individuos. Se observó una correlación positiva entre la densidad poblacional y la precipitación a lo largo del periodo hidrológico (Spearman de 77,41 % y $p = 0,0031$). Así mismo, se encontró que en términos de densidad, los meses de enero y febrero presentan la menor representatividad y los meses de julio y agosto la mayor representatividad, lo cual coincide con los valores más bajos y más altos respectivamente de la precipitación. También se observó una menor proporción mensual de machos durante todo el ciclo hidrológico. Según lo encontrado podemos inferir que la variación poblacional encontrada corresponde a un mecanismo de respuesta comportamental a la variabilidad de condiciones climáticas como la precipitación, la cual puede afectar la densidad de mariposas en un ecosistema.

Palabras claves

Precipitación — Ciclo hidrológico — Mariposas — Piedemonte

¹ Programa de Biología Ambiental, Grupo de Investigaciones Biológicas de la Orinoquia - GINBIO, Unitrópico, Yopal, Colombia

*Autor para correspondencia: plurbanus@unitropico.edu.co

Introducción

La diversidad se expresa en los diferentes niveles funcionales y se registra tanto a nivel de paisajes, como de ecosistemas y especies (Andrade, 2002). Además de que la diversidad biológica se representa en el número de especies y su abundancia en un tiempo y un lugar; también posee una dimensión ecológica funcional que se refiere a los procesos e interrelaciones al interior de las poblaciones, comunidades y ecosistemas (Camero y Calderón, 2007). En ese sentido la diversidad de ecosistemas está directamente relacionada con la riqueza de especies, las cuales son un indicador de la estabilidad de las relaciones de interacción al interior de los distintos micro hábitats (Andrade, 2002). Dentro de los grupos de especies usadas como indicadores del estado de los ecosistemas, encontramos los insectos y en especial grupos como las mariposas diurnas, las cuales representan un taxón modelo en estudios de biodiversidad y conservación (Cárdenas, Cortés y Audeves, 2015). Las mariposas diurnas, han sido estudiadas ampliamente a nivel mundial y se estiman aproximadamente entre 17.280 a 19.238 especies descritas, de las cuales 7.784 a 7.927 tienen una distribución neo-tropical (Perez, Sánchez y Salcedo, 2017). Este grupo ha sido utilizado como modelo para estudios de inventario y monitoreo de la diversidad biológica, debido a la sensibilidad de los cambios de temperatura, humedad y radiación solar producidos por disturbios naturales y antrópicos ocasionados en sus

hábitats (Torres, 2010).

Las mariposas diurnas reportadas para Colombia se distribuyen en dos superfamilias Hesperoidea y Papilionoidea, donde la primera está compuesta por especies de la familia Hesperidae y la segunda se distribuye en las familias Nymphalidae, Pieridae, Papilionidae, Riodinidae y Lycaenidae (Lamas, 2004). La familia Nymphalidae está compuesta por seis subfamilias (Andrade, 1990), las cuales contienen una gran variedad de especies muy comunes y por lo general de vuelo rápido, de diferentes tamaños, formas y colores (Martínez, 2014). El género *Heliconius* es uno de los grupos que presentan mayor distribución longitudinal y altitudinal, así como también se ha reportado en distintos ecosistemas naturales y fragmentados del Neotrópico (Keith, Brown y Fernández, 1984). En la actualidad son el grupo de mariposas tropicales con mayor número de estudios en biología, sistemática, ecología, relación planta-huésped, co-evolución, genética y evolución (Vargas, Chacón y Martínez, 2012). Algunas investigaciones han reportado comúnmente su presencia en altitudes que oscilan entre 0 a 1600 m, en bosques secundarios y en zonas abiertas de Centroamérica y Suramérica (Keith, Brown y Fernández, 1984). En Colombia especies de este género se pueden encontrar en la región Caribe colombiana y en el Putumayo específicamente en los alrededores de Mocoa y en el piedemonte, específicamente en bosque muy húmedo tropical en altitudes que oscilan entre

los 400 y 550 m (Vargas y Salazar, 2007). Especies como *Heliconius erato*, han sido ampliamente reportadas en bosques de galería, parches o matrices de paisaje de áreas fragmentadas y en zona abiertas (Vargas, Chacón y Martínez, 2012) y para el departamento de Casanare se ha registrado en varios tipos de micro hábitats (Yara-Ortiz, Peña y Urbano, 2011), siendo común en ambientes fragmentados y zonas de transición como ecotonos en ecosistemas de piedemonte y sabana inundable (Urbano, Munevar, Mahecha y Hincapié, 2014). En ese sentido y para aportar información, como el comportamiento de especies de heliconiinae en los distintos micro hábitats del piedemonte de Casanare, el objetivo de esta investigación fue evaluar la variación temporal poblacional de *H. erato* en la cuenca La Calaboz del municipio de Yopal, Casanare.

1. Materiales y Métodos

Área de Estudio: Los muestreos se realizaron de enero de 2016 a diciembre de 2017, en la cuenca la Calaboz del municipio de Yopal-Casanare, localizada entre los 72°23' longitud oeste y 05°19' latitud norte a 325 m.s.n.m. (Figura 1). Esta zona comprende un área de matriz de paisajes fragmentados para establecimiento de actividades ganaderas y agropecuarias, lo cual ha generado parches de relictos de bosque húmedo de piedemonte con áreas adyacentes destinadas a pasturas y cultivos de pancojer. La microcuenca presenta un régimen bimodal con periodos de bajas lluvias y de altas lluvias, con una precipitación promedio mensual de 133,3 mm en bajas lluvias y de 333,75 mm/mes en altas lluvias, y una precipitación media anual 2288,1 mm, con una temperatura promedio anual oscila entre y 26,3°C y los 27 °C (Romero, Galindo, Otero y Armenteras, 2004).

Métodos: Los muestreos fueron realizados mensualmente en transectos lineales a lo largo de la cuenca, en los cuales se realizaron patrulleros aleatorios utilizando la metodología de redes lepidopterológicas (jama), con una intensidad de muestreo de 32 horas/hombre, por muestreo. Los ejemplares recolectados fueron dispuestos en sobres de papel pergamino y depositados en frascos plásticos previamente etiquetados y rotulados para su transporte al laboratorio de ciencias biológicas de la Fundación Universitaria Unitrópico. Se utilizó alcanfor para evitar la depredación por hormigas y ácaros. La identificación taxonómica fue realizada utilizando la clave de Neild (2008).

Análisis de Datos: Se realizaron promedios de la variación temporal mes a mes durante los dos años de muestreo utilizándolos como variables de salida y las variables de entrada cada uno de los meses muestreados. Este mismo tratamiento se realizó para discriminar el comportamiento de machos y hembras durante el periodo muestreado y finalmente se realiza un análisis de regresión lineal de los valores medios tanto de la densidad de *H. erato* como de la precipitación a lo largo del periodo de estudio, con un análisis de correlación de Spearman para determinar la relación entre estas dos variables. Las gráficas y demás análisis se realizaron con el software *GraphPad Prim 5.0* y *Origin 5.0*.

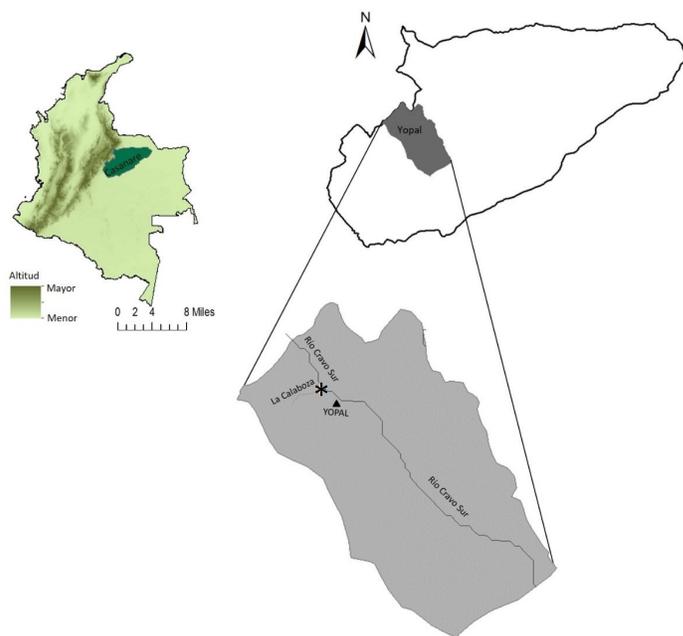


Figura 1. Ubicación geográfica de la cuenca La Calaboz en el municipio de Yopal Casanare, Colombia. El asterisco representa el delta de la cuenca sobre el río Cravo sur y el triángulo representa la ubicación de la cabecera municipal.

2. Resultados

En total se recolectaron 394 individuos de *H. erato*, distribuidos en 246 hembras y 148 machos y se observó una variación de la proporción tanto de hembras como en machos a lo largo del muestreo. Se observó que hay tanto machos como hembras a lo largo del muestreo, con una correlación en sus densidades durante el ciclo hidrológico, con una menor densidad poblacional en los meses de enero y febrero y un aumento de estos valores en los meses de julio a septiembre, por lo tanto en el periodo de bajas lluvias (enero a marzo y octubre a diciembre) hay menor proporción en el número de individuos, mientras que en altas lluvias (abril a septiembre) fue mayor el número de individuos tanto de hembras como de machos (Figura 2).

3. Discusión

Según Vargas, Chacón y Martínez (2012) la variabilidad de condiciones climáticas pueden afectar la observación de mariposas en un ecosistema, no obstante observamos una correspondencia lineal de la densidad poblacional y los valores promedios de precipitación (Figura 3). Este comportamiento para *H. erato* puede ser explicado por la oferta de hábitat y los recursos alimenticios que la especie utiliza y que podría estar ofreciendo la cuenca de manera eficiente. Sin embargo, la diferenciación observada en la representatividad a lo largo del periodo muestreado, podría estar explicada por la variación de algunas condiciones climáticas, ya que algunas condiciones como humedad, brillo solar y temperatura pueden generar repercusiones sobre parámetros poblacionales (Jiménez, Zaragoza y Noguera, 2009), especialmente

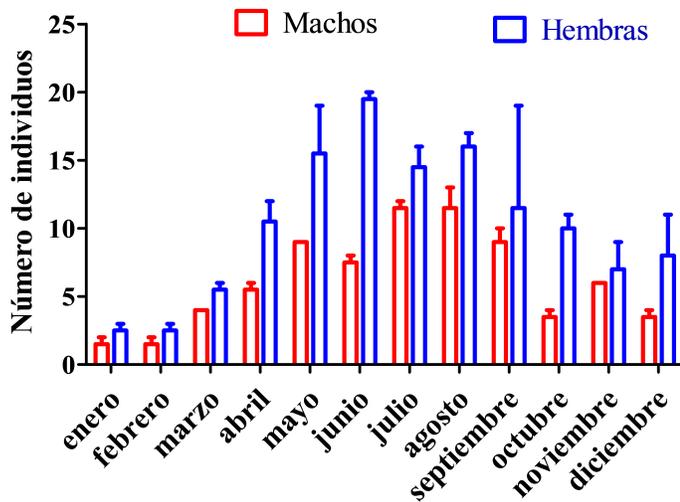


Figura 2. Variación de la representatividad de machos y hembras de *Heliconius erato* a lo largo del ciclo hidrológico en la cuenca La Calaboz, Yopal Casanare, periodo 2016-2017.

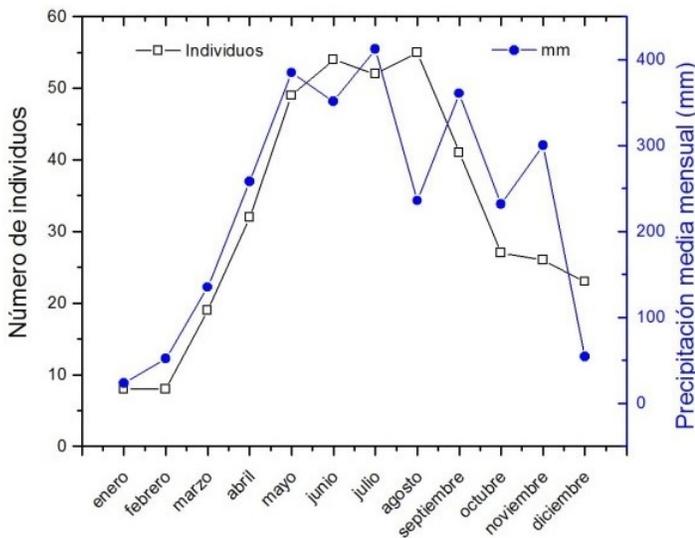


Figura 3. Comportamiento de la densidad poblacional de *Heliconius erato* frente al promedio de precipitación mensual en la cuenca La Calaboz, Yopal Casanare, periodo 2016-2017.

en mariposas (Tobar, 2002). Por otra parte, la oferta de recursos florales en periodos de bajas lluvias podría estar influyendo el comportamiento de la población de mariposas tanto de machos como de hembras (Figura 2), ya que se ha demostrado que la falta de alimento puede repercutir en el número de individuos en los micro hábitats (García, Román, González y Barrero, 2010).

La variabilidad entre la densidad de machos y hembras registrada (Figura 2) puede ser explicada por factores abióticos como la temperatura, humedad y precipitación, las cuales al no distribuirse de forma uniformemente a lo largo del año, podrían afectar de manera diferencial la proporción de sexos dados los requerimientos de desarrollo pos embrionario de algunas especies de mariposas, razón por la cual estas variables ambientales tienen

una gran importancia en la variación del tamaño poblacional y en la proporcionalidad de sexo dadas las estrategias de respuesta a supervivencia (Vargas, Chacón y Martínez, 2012). Por otra parte, esta diferencia entre machos y hembras puede suceder por niveles intermedios de fragmentación del hábitat introduciendo recursos no favorables para las poblaciones afectando de forma diferencial al grupo de mariposas en particular (Rueda y Andrade, 2016).

En el estudio realizado por Montero, Pozo y Cepeda (2013) se observaron mayores densidades poblacionales a mayor temperatura y menor humedad relativa, resultados contrastantes con esta investigación ya que, aunque no se miden las variables como tal, en el periodo de altas lluvias se registró un aumento en el número de individuo (Figura 3). Este hecho puede estar explicado, por un aumento del follaje en esa época, lo que genera mayor disponibilidad de nichos y refugios, afectando positivamente la dinámica poblacional de estas mariposas. Además, el aumento del número de individuos en el muestreo con relación directa a los valores de precipitación, es un comportamiento similar a lo registrado en otras investigaciones donde se encontró que el número de individuos de mariposas aumentó a medida que las precipitaciones fueron mayores (Vargas, Boom, Seña, Echeverry y Martínez, 2015). Sin embargo, cabe resaltar la presencia de *H. erato* (Figura 4) a lo largo del periodo hidrológico con valores de número de individuos relativamente altos comparados con otras investigaciones realizadas en la zona de estudio (Urbano, Muñevar, Mahecha y Hincapié, 2014; Urbano, Mahecha-J, Suárez, Izquierdo y Díaz-S, 2018) lo que permite inferir que la cuenca le está brindando los requerimientos de hábitat y alimento necesarios para que la especie tenga éxito biológico y por lo tanto es un área de prioridad en terminos de conservación de la diversidad de mariposas, ya que varias especies presentan requerimientos similares a la especie estudiada.

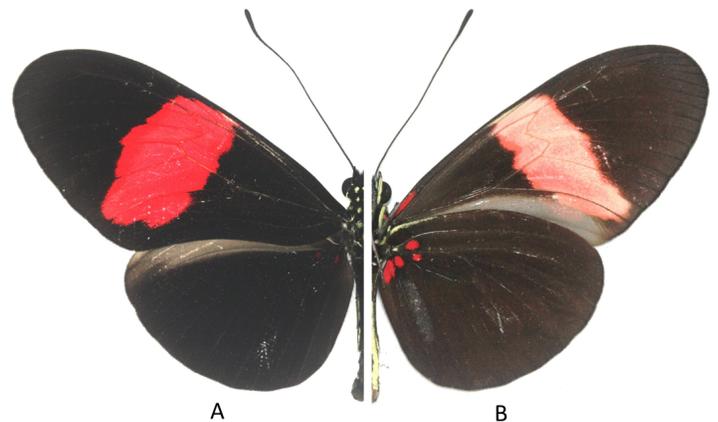


Figura 4. Ejemplar de *Heliconius erato* recolectado en la cuenca La Calaboz del municipio de Yopal Casanare. A), Vista dorsal y B) vista ventral.

4. Conclusión

La cuenca La Calaboz presenta importancia de conservación para especies de mariposas como *H. erato*, la cual revela altos valores de densidades poblacionales a lo largo del ciclo

hidrológico comprado con registros previos para la zona (Urbano, Munevar, Mahecha y Hincapié, 2014; Urbano, Mahecha-J, Suárez, Izquierdo y Díaz-S, 2018), aunque con diferenciación en la proporcionalidad de hembras y machos. No obstante, la densidad poblacional de *H. erato* presenta una alta correlación con los valores de precipitación durante el año, lo cual indica el grado de susceptibilidad de la especie a los cambios de variables ambientales y una dinámica poblacional directamente afectada por la temporalidad.

Agradecimientos

Los autores desean expresar agradecimientos a los propietarios de los predios donde se realizaron los muestreos y la Fundación universitaria Unitrópico por la financiación del proyecto a través de la convocatoria interna N° 002 de 2016.

Bibliografía

- Andrade, G. (1990). Clave para las familias y subfamilias de Lepidoptera: Rhopalocera de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, 77(17), 197-200.
- Andrade, G. (Julio De 2002). Biodiversidad de las Mariposas (Lepidoptera: Rhopalocera) de Colombia. Inventarios y biodiversidad de insectos, 2, 153-172.
- Camero, E., y Calderon, A. (2007). Comunidad de mariposas diurnas(Lepidoptera:Rhopalocera) en un gradiente altitudinal del cañondel rio combeima-tolima, Colombia. Acta Biológica Colombiana, 12(2), 95-109.
- Cárdenas, L., Cortés, L., y Audeves, A. (2015). Diversidad, distribución y abundancia de mariposas en hábitats costeros de Sinaloa, México(Insecta: Lepidoptera). Shilap Revta. Lepid, 169(43), 15-26.
- García, C., Román, C., González, M., y Barrero, A. (2010). Composición y variación temporal de la comunidad de insectos acuáticos (Insecta) en la quebrada Sardineros, Afluente río Verde, alto Cauca, Colombia. Rev. Invest. Univ. Quindío, 21, 21- 28.
- Jiménez, E., Zaragoza, S., y Noguera, F. (2009). Variación temporal de la diversidad de estafilínidos (Coleoptera: Staphylinidae) nocturnos en un bosque tropical caducifolio de México. Rev. Mex. Biodiv., 80(1), 157- 168.
- Keith, S., Brown, J., y Fernández, Y. (1984). Los Heliconiini (Lepidoptera, Nymphalidae) de Venezuela. Boletín de Entomología Venezolana, 3(4), 29-73.
- Lamas, G. 2004. Atlas of Neotropical Lepidoptera, Checklist: Part 4A, Hesperioidea-Papilionoidea: 439 pp. Association for Tropical Lepidoptera, Gainesville.
- Martínez, D. (2014). Historia Natural De *Dircenna Klugii* (Nymphalidae). Area De Conservación Guanacaste, 4.
- Montero, J., Pozo, C., y Cepeda, F. (2013). Recambio temporal de especies de lepidópteros nocturnos en función de la temperatura y la humedad en una zona de selva caducifolia en Yucatán, México. Acta Zoológica Mexicana, 29 (3), 614-628.
- Neild, A., 2008.- The butterflies of Venezuela. Part II: Nymphalidae II (Acraeinae, Libytheinae, Nymphalinae, Ithomiinae and Morphinae): 144 pp. Meridian Publications Greenwichs, London.
- Perez, J., Sánchez, R., y Salcedo, D. (2017). Diversidad de mariposas presentes en la escuela depolicía rafael reyes de Santa Rosa de Viterbo,Boyacá, Colombia (Lepidoptera: Papilionoidea). Shilap Revta. Lepid, 4(178), 343-352.
- Romero, M., Galindo, G., Otero, J., y Armenteras, D. (2004). Ecosistemas de la cuenca del Orinoco Colombiano. 89 pp. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, D.C,Colombia.
- Rueda, N., y Andrade, G. (2016). El género *Heliconius* Kluk, 1708 en dos habitats dediferente grado de conservación en la amazonia Colombiana y aportes para su conservación. Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat., 40 (157), 653-663.
- Tobar, D. (2002). Diversidad de mariposas (Lepidoptera:Rhopalocera) en la parte alta de la cuenca del ríoel Roble (Quindío-Colombia). Caldasia, 24(2), 393-409.
- Torres, G. (2010). Diversidad de las mariposas (Lepidopteras: Papilionidae, Pieridae, Lycaenidae, Riodinidae y Hesperiiidae) del enclave del bosque seco conformado por los cañones de los rios Chicamocha, Suares y Sogamoso, Santander, Colombia (trabajo de grado). Universidad Industrial De Santander. Bucaramanga: Facultad De Ciencias, págs, 62.
- Urbano, P., Mahecha-J, O., Suárez, E., Izquierdo, V., y Díaz-S, V. (2018). Variación temporal del ensamblaje de mariposas asociadas a la Cuenca de la Calabozza, Yopal, Casanare, Colombia (Lepidoptera: Papilionoidea). Shilap Revista de Lepidopterología, 46 (184), 533-550.
- Urbano, P., Munevar, J., Mahecha, J., y Hincapie, E. (2014). Diversidad y estructura de las comunidades de lepidoptera en la zona del ecotono entre el piedemonte llanero y sabana inundable en Casanare-Colombia (Lepidoptera: Papilionoidea). Shilap Revista De Lepidopterología, 42(167), 433-437.
- Vargas, J. I., y Salazar, J. (2007). Hibridación natural de *heliconius erato dignus* en el piedemonte suroriental de Colombia (Lep: Nymphalidae: Heliconiinae). Mariposas Colombianas IX, 294-298.
- Vargas, M. A., Boom, C. J., Seña, L. I., Echeverry, A. L., y Martínez, N. J. (2015). Composición vegetal, preferencias alimenticias y abundancia de Biblidinae (Lepidoptera: Nymphalidae) en un fragmento de bosque seco tropical en el departamento del Atlántico, Colombia. Acta Biológica Colombiana, 20(3), 79-92.
- Vargas, M. A., Chacón, S. P., y Martínez, N. J. (2012). Estructura poblacional de *Heliconius erato* Hydrara Hewitson, 1867(Lepidoptera: Nymphalidae) en la reserva campesina La Montaña (Rcm), departamento del Atlántico, Colombia. Boletín De La Sociedad Entomológica Aragonesa(51), 273–281.
- Yara-Ortiz, C., Peña, J., y Urbano, P. (2011). Hormigas y mariposas de Casanare. (J. S. Usma, y F. Trujillo, Edits.) Biodiversidad del Casanare: Ecosistemas estratégicos del departamento. Gobernación de Casanare, 104-119.

Valores de permeabilidad en sabanas susceptibles a sequía en Paz de Ariporo, Casanare (Colombia)

Heiner Chaparro L.^{1*}, Jorge E. Mariño M.¹, Héctor Fonseca P.¹

Resumen

Las sequías periódicas en el Casanare han hecho pensar en la utilización del agua subterránea para proveer de agua durante la época seca. Sin embargo, se presenta la controversia de si la infiltración es suficiente para recargar los acuíferos superficiales. Los estudios preliminares muestran que estadísticamente la recarga es mínima por la alta evapotranspiración durante la época seca. Para aclarar lo anterior se adelantaron análisis de permeabilidad de los suelos y análisis de granulometría. Los valores de los ensayos de permeabilidad se encontraron entre 0,016 y 0,033 cm/s que indican que los suelos de los diferentes puntos de las veredas Caño Chiquito y Centro Gaitán son arenosos. Los ensayos de granulometría confirman que los suelos son arenosos. Si se extrapola la permeabilidad a partir del tamaño de grano, el coeficiente de permeabilidad estaría entre 10-2 y 10-3 cm/s que corresponde a arenas con buena permeabilidad. De acuerdo con estos resultados, se confirma la hipótesis de que los suelos son preferencialmente arenosos porque se depositaron cerca al curso de los ríos con influencia eólica, lo que favorece la recarga vertical.

Palabras claves

Acuíferos — Granulometría — Permeabilidad — Sequía — Suelos — Recarga — Casanare

¹ Escuela de Ingeniería Geológica, Facultad seccional Sogamoso, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Boyacá, Colombia.

*Autor para correspondencia: heiner.chaparro@uptc.edu.co

Introducción

La sequía que afectó a Colombia y en especial a Casanare en 2014-2015 causó muchos daños en el departamento de Casanare, especialmente en las sabanas inundables de Paz de Ariporo, donde murió gran cantidad de fauna especialmente ganado vacuno y chigüiros. La sequía no se debe a la falta de precipitación porque en Paz de Ariporo la precipitación está cerca de los 2.100 milímetros al año, lo que supera las lluvias del altiplano que están entre 800 y 1.000. Sin embargo, la precipitación se centra entre mayo y septiembre, con su pico más alto en julio, con cerca de 300 milímetros, pero el resto de meses se pueden catalogar como secos, principalmente al fin y comienzo del año cuando la sequía hace estragos (IGAC, 1999; Sarmiento et al., 1971).

Muchas son las explicaciones que se han dado sobre dicha sequía: excesiva ganadería, limitada capacidad productiva de los suelos, los cultivos agrícolas y el pastoreo en zonas en el páramo, el régimen de precipitación de la región y la posible afectación de acuíferos por la actividad petrolera.

Con la configuración hidrológica de grandes ríos con cauces meandricos y migrantes, con desbordes estacionales durante miles de años, con controles regionales de los ríos Meta y Orinoco, hoy en día la zona de estudio es un extenso depósito aluvial con presencia de depósitos arenosos, limosos, y arcillosos, con espesores variables, distribuidos indistintamente, según la posición del cauce del río en el tiempo y espacio durante los desbordes, esto es: sedimentos arenosos cerca de los cauces, y los sedimentos más

finos distantes de los mismos. Independiente de la cambiante distribución lateral de los sedimentos, el depósito hoy se comporta como un extenso acuífero libre que se recarga anualmente durante cerca de siete meses en los que la sabana está cubierta de agua (EIA, 2005). De igual manera, la configuración geomorfológica y edáfica de los modelos actuales de la llanura aluvial, favorecen o no la estanqueidad del agua superficial durante los periodos de estiaje (noviembre a marzo) (IGAC, 1993). Las zonas deprimidas de fondos con suelos arcillosos denominados bajos o esteros que pueden retener espejos de agua, en donde su sostenibilidad depende principalmente de las tasas de evaporación de los volúmenes estancados al final del periodo lluvioso, o esporádicas lluvias durante el estiaje, mientras, que los suelos con horizontes superficiales arenosos, experimentan un descenso rápido y continuo del agua acumulada superficialmente tanto por infiltración como por evaporación, hasta cuando se den nuevamente las condiciones de recarga por lluvia y desborde (IGAC 1993, IGAC 1999, Ingeominas-UPTC, 2007).

La presente investigación se centró en estudiar las características de los suelos de las sabanas inundables, en especial la permeabilidad o habilidad para retener y permitir el paso del agua a partir de las siguientes dos hipótesis:

1. En zonas con influencia fluvial, como en las sabanas estacionales inundables de Paz de Ariporo, se esperaría que la inundación periódica de los ríos cubriera la sabana con materiales arcillosos finos producto del desborde de los

ríos, el material fino depositado por suspensión impermeabilizaría los suelos e impediría la recarga vertical directa (Ingeominas-UPTC, 2007).

- Por el contrario, los estudios del Instituto Geográfico Agustín Codazzi encontraron que los suelos de la Orinoquia son arenosos por haberse formado cerca al desborde de los ríos (IGAC, 2013). Por lo tanto, cuando se acaba la temporada de lluvias, los suelos no son capaces de retener agua para las fuertes temporadas de sequía, razón por la cual el terreno queda seco. A esto se suma la compactación de los suelos por el ganado.

Para tratar de decidir sobre las hipótesis anteriores, se decidió adelantar unos estudios de permeabilidad, y a partir de estos determinar el tamaño de grano de los suelos en diferentes sectores de las sabanas de Paz de Ariporo, especialmente en las veredas de Caño Chiquito y Centro Gaitán donde murió la mayor cantidad de fauna durante la sequía de 2014-2015 (Figuras 1 y 2).

El estudio se justifica porque permitirá determinar si la recarga de los acuíferos superficiales es vertical y se hace directamente a través del suelo, o es regional a través de la infiltración en el piedemonte. La recarga de los acuíferos es crítica en este tiempo en el que se tiene grandes expectativas de cultivos industriales en la Orinoquia lo que requeriría grandes cantidades de agua y gran parte de esta sería de origen subterráneo.



Figura 1. Ubicación del Área de estudio.

1. Materiales y Métodos

1.1 Ensayo de carga constante decreciente

Este ensayo de campo consta de los siguientes materiales para su realización:

- Tubo PVC de 6"
- Barra
- Palustre
- Agua
- Cronómetro

UBICACIÓN DE PUNTOS DE ENSAYOS DE PERMEABILIDAD
PAZ DE ARIPORO - CASANARE

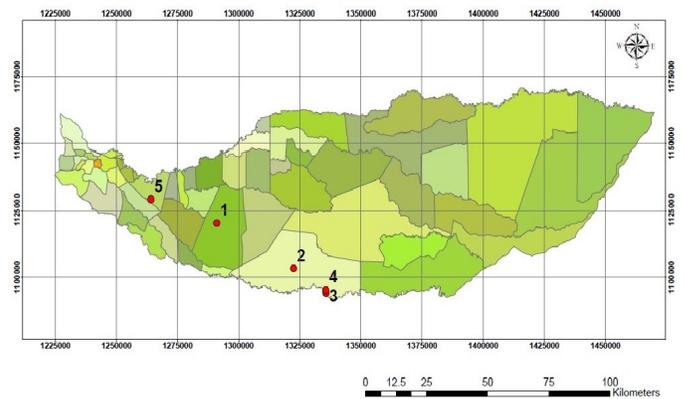


Figura 2. Ubicación de zonas de Muestreo.

■ Metro

Haciendo una perforación al suelo de aproximadamente 20 cm de área y de 1 m de profundidad, se obtienen las dimensiones aptas para introducir un tubo de PVC de 6" de diámetro y 1 m de largo, el cual se clava al fondo de la perforación permitiendo infiltración únicamente en el área de su base, el tubo se llena con agua completamente, la que luego podrá filtrarse hacia el suelo. La tasa de cambio del nivel superficial de agua se observa midiendo la profundidad del nivel de agua debajo del extremo superior del tubo a 1, 2 y 5 minutos luego de haber empezado el ensayo y luego a intervalos de 5 minutos hasta que la diferencia entre 2 lecturas consecutivas sea despreciable o el número de lecturas permita determinar satisfactoriamente la permeabilidad, estas longitudes y tiempos pueden variar según la permeabilidad que presente el suelo (Tabla 1). Para los cálculos se utiliza la fórmula basada en el método del permeámetro de carga constante (Angelone et al., 2006), y para el presente estudio, estos resultados se correlacionan con el ensayo de granulometría efectuado a cada una de las muestras obtenidas y enumeradas en cada perforación, a partir de lo cual se generan los verdaderos resultados.

2. Resultados y Discusión

2.1 Cálculo de coeficiente de permeabilidad por ensayos de campo

Para hallar el valor del coeficiente de permeabilidad se utilizó la fórmula de caudal, de la cual se despeja el término k, como se muestra a continuación (Angelone et al., 2006):

$$K = \frac{VL}{HA t} \quad (1)$$

Dónde V es volumen promedio drenado, L la longitud de la muestra, H la altura promedio del inicio de la excavación al final de la columna del agua, A el área transversal de la muestra y t el Tiempo de ensayo. Nota: La fórmula anterior expresa las dimensiones de las áreas de drenaje de agua en el suelo para un apique que puede variar según el método de excavación utilizado.

Tabla 1. Ensayos de impermeabilidad.

Ensayo N°1		Ensayo N°2		Ensayo N°3		Ensayo N°4		Ensayo N°5	
Tiempo (min)	Variación altura de agua H (cm)	Tiempo (min)	Variación altura de agua H (cm)	Tiempo (min)	Variación altura de agua H (cm)	Tiempo (min)	Variación altura de agua H (cm)	Tiempo (min)	Variación altura de agua H (cm)
5	10	1	15	10	2	5	16	5	10
5	12	1	10	10	1.4	5	15	5	9
5	10	1	6	10	1.2	5	15	5	6
5	7	1	6	10	0.9	5	15	5	4
5	7	1	6	10	0.8	5	15	5	4
5	7	1	5	10	0.5	5	15	5	3
5	7	1	5	10	0.5	5	15	5	4
5	7	1	5	10	0.5	5	15	5	3
				10	5				

Para el presente estudio, el ensayo se realizó con un tubo de PVC, el cual proporcionaba un área igual para todos los ensayos, pero impidiendo la infiltración en las paredes del suelo, por tanto, el valor de L, no será aplicado en los cálculos del coeficiente de permeabilidad (Tabla 1 y Figura 3). El resultado de la aplicación de la fórmula con cada grupo de datos por ensayo, debe dar un valor que va desde 100 que sería un buen drenaje, hasta un valor de 10-9 que sería un coeficiente de permeabilidad nulo o totalmente impermeable (Tabla 2).

De acuerdo al resultado de la Figura 3 se observa que el comportamiento lineal de la gráfica refleja una menor capacidad de infiltración en el terreno.

2.1.1 Primer ensayo

Cálculos

- $A = \pi d^2 / 4 = 182,4146 \text{ cm}^2$
- $H = \sum_{i=1}^n H_i = 8,375 \text{ cm}$
- $V = AH_{prom} = 1527,722 \text{ cm}^3$
- $K = VL/HAt = 0,0033 \text{ cm/s}$

El valor se ubica en la tabla de valores del coeficiente de permeabilidad en distintos suelos (Tabla 2) (Casagrande y Fadum, 1940). T

2.1.2 Segundo ensayo

Cálculos

- $A = 182,4146 \text{ cm}^2$
- $H = 7,625 \text{ cm}$
- $V = 1390,911 \text{ cm}^3$
- $K = 0,0166 \text{ cm/s}$

2.1.3 Tercer ensayo

Cálculos

- $A = 182,4146 \text{ cm}^2$
- $H = 0,922 \text{ cm}$
- $V = 168,1862 \text{ cm}^3$
- $K = 0,00166 \text{ cm/s}$

2.1.4 Cuarto ensayo

Cálculos

- $A = 182,4146 \text{ cm}^2$
- $H = 15,125 \text{ cm}$
- $V = 2759,0208 \text{ cm}^3$
- $K = 0,00311 \text{ cm/s}$

2.1.5 Quinto ensayo

Cálculos

- $A = 182,4146 \text{ cm}^2$
- $H = 5,375 \text{ cm}$
- $V = 980,4784 \text{ cm}^3$
- $K = 0,0033 \text{ cm/s}$

Los datos de coeficiente de permeabilidad resultantes de cada ensayo, muestran como, en su gran mayoría, la permeabilidad de los suelos para esta zona de la Orinoquia colombiana es de POBRE a BUENA (Tabla 2); esto corresponde a la definición hecha por el Instituto Agustín Codazzi (IGAC, 1993), en la cual habla de depósitos arenosos, limosos, y arcillosos, con espesores variables, distribuidos indistintamente, según la posición del cauce del río en el tiempo y espacio durante los desbordes, esto es: sedimentos arenosos cerca de los cauces, y los sedimentos más finos distantes de los mismos, puesto que los puntos escogidos para perforación se ubican cerca de cauces de agua importantes, el material depositado se comporta de esta manera.

ENSAYOS DE INFILTRACIÓN

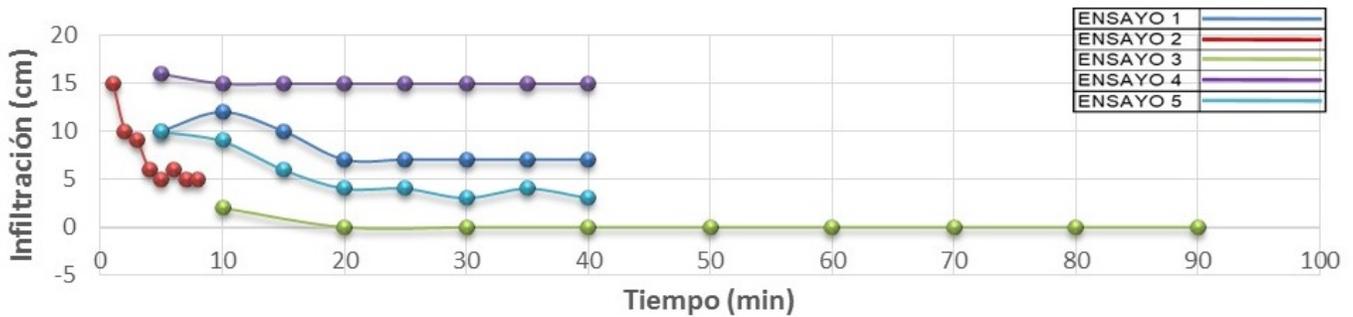


Figura 3. Resultados de los ensayos de infiltración a partir de la Tabla 1.

Tabla 2. Ubicación de los resultados de permeabilidad (K) en tabla de valores del coeficiente de permeabilidad en distintos suelos (Casagrande y Fadum, 1940).

	100	10	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹								
Drenaje	Bueno		↓		↓		Pobre		Prácticamente impermeable											
Tipo de suelo	Grava limpia		Arenas limpias mezclas limpias de arena y grava		Arenas muy finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena, limo y arcilla, morenas glaciares, depósitos de arcilla estratificada		Suelos "impermeables", modificados por la vegetación o la descomposición. ^d		Suelos "impermeables", es decir, arcillas homogéneas situadas por debajo de la zona de descomposición											
Determinación directa de k	Ensayo directo del suelo "in situ" por ensayos de bombeo. Se requiere mucha experiencia, pero bien realizados son bastante exactos.		Permeámetro de carga hidráulica constante. No se requiere mayor experiencia.		Permeámetro de carga hidráulica decreciente. Resultados dudosos. Se requiere mucha experiencia.		Permeámetro de carga hidráulica decreciente. Resultados de regular a bueno. Se requiere mucha experiencia.		<table border="1"> <tr><td>1 y 5</td><td>→</td></tr> <tr><td>2</td><td>→</td></tr> <tr><td>3</td><td>→</td></tr> <tr><td>4</td><td>→</td></tr> </table>				1 y 5	→	2	→	3	→	4	→
1 y 5	→																			
2	→																			
3	→																			
4	→																			
Determinación indirecta de k	Por cálculo, partiendo de la curva granulométrica. Sólo aplicable en el caso de arenas y gravas limpias sin cohesión.		Cálculos basados en los ensayos de consolidación. Resultados buenos. Se necesita mucha experiencia																	

3. Discusión

3.1 Curvas granulométricas de muestras de suelo por ensayos de granulometría en laboratorio

La curva hace referencia a la cantidad de material retenido (en porcentaje), contra el número de tamiz o tamaño de orificio por

el cual pasan las partículas de cada muestra de suelo (Terzaghi y Peck, 1973). En la parte superior de la gráfica 4. se ubican los números de tamiz o malla por los que paso o intento pasar el material de las muestras, en la parte inferior se ubica el diámetro de cada celda de malla, dado en mm. En el costado derecho se ubica la columna de clasificación por porcentaje del material de la muestra retenido (Figura 4) (ASTM, 1998; INVE, 2007).

1. Muestra de Suelo Numero 1

Todo el tamaño de grano de la muestra es inferior á el tamiz #4, la mayor cantidad de material presenta tamaño de grano entre 0.85 y 0,425 mm, es decir una arena media, por tanto, al correlacionar el resultado del coeficiente de permeabilidad debe tener un valor de POBRE a BUENO.

2. Muestra de Suelo Numero 2

Todo el tamaño de grano de la muestra es inferior á el tamiz de 3/8", la mayor cantidad de material presenta tamaño de grano entre 2 y 0.85 mm, es decir una arena media a gruesa, por tanto, al correlacionar el resultado del coeficiente de permeabilidad debe tener un valor de POBRE a BUENO.

3. Muestra de Suelo Numero 3

Todo el tamaño de grano de la muestra es inferior á el tamiz de 3/8", la mayor cantidad de material presenta tamaño de grano entre 2 y 0.075 mm, es decir una arena fina, media y gruesa, por tanto, al correlacionar el resultado del coeficiente de permeabilidad debe tener un valor de BUENO.

4. Muestra de Suelo Numero 4

Todo el tamaño de grano de la muestra es inferior al tamiz de 3/8, la mayor cantidad de material presenta tamaño de grano entre 2 y 0.85mm, es decir una arena media a gruesa, por tanto, al correlacionar el resultado del coeficiente de permeabilidad debe tener un valor de BUENO.

5. Muestra de Suelo Numero 5

Todo el tamaño de grano de la muestra es inferior á el tamiz #4, la mayor cantidad de material presenta tamaño de grano entre 0.85 y 0,425 mm, es decir una arena media, por tanto, al correlacionar el resultado del coeficiente de permeabilidad debe tener un valor de POBRE a BUENO.

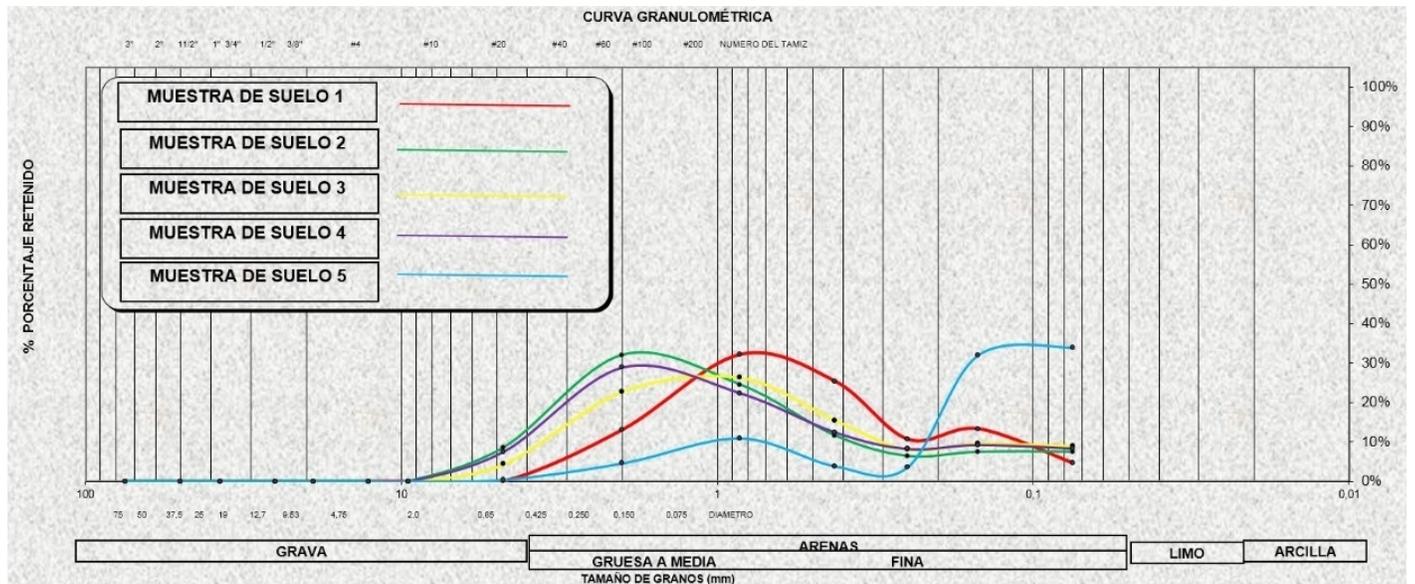


Figura 4. Curvas granulométricas de las 5 muestras de suelo.

4. Conclusión

Los valores de permeabilidad indican que los suelos de los diferentes puntos de las veredas Caño Chiquito y Centro Gaitán, tienen un coeficiente de permeabilidad cercano a 1, esto indica una buena permeabilidad. La buena permeabilidad en estos suelos esta evidenciada por su carácter arenoso lo que da como resultado vegetación y zonas de pasto densos. El resultado de los ensayos muestra material arenoso en la superficie que favorecería la recarga y concuerda con el intenso aprovechamiento del acuífero superficial libre representado por muchos pozos superficiales. Este tipo de permeabilidad representa una ventaja en cuanto a que mantiene la reserva del agua con menor pérdida que la superficial por evapotranspiración o escorrentía. La permeabilidad buena puede afectar el recurso hídrico en cuanto se encuentre con un cuerpo de contaminación como un horizonte de suelo férrico. En algunos sectores se encontraron horizontes de suelos férricos con profundidad variable, esto exige filtros o sistemas de remoción del hierro para todos los pozos de aprovechamiento del recurso hídrico. Los suelos depositados en esta parte de la sabana casanareña han presentado extremas sequías debido a que el agua de recarga se infiltra, esto se podría mitigar conociendo la extensión de los acuíferos libres y semiconfinados mediante estudios geológico-geofísicos que ayuden a la correcta ubicación de pozos profundos. La gran variación entre estaciones y el comportamiento del agua superficial exige un estudio de la red hídrica de la zona de estudio para el aprovechamiento del recurso. Igualmente requiere de estudios adicionales que determinen el origen de la recarga en los acuíferos superficiales. De acuerdo con los resultados, se confirma la segunda hipótesis de que los suelos son preferencialmente arenosos porque se depositaron cerca al curso de los ríos. Seguramente, la presencia de depósitos eólicos en esa parte del Casanare ayudaría a explicar la naturaleza principalmente arenosa de los suelos.

Agradecimientos

Se reconoce el apoyo de la UPTC (DIN) y de COLCIENCIAS a través del contrato 005 de 2016 (modelo hidrogeológico conceptual e isotópico de la sabana estacional de Paz de Ariporo, Casanare, Colombia).

Bibliografía

- Angelone, S., Garibay, M., Cauhape, M. (2006). Permeabilidad de Suelos. Universidad Nacional de Rosario, Argentina.
- ASTM (1998). Norma de análisis granulométrico de suelos. D 422-C3. Washington D.C, USA.
- Casagrande, A., and Fadum, R.E. (1940). Notes on Soil Testing for Engineering Purposes. Harvard Soil Mechanics, Series No. 8, Cambridge, Mass.
- EIA (2005). Estudio de Impacto Ambiental Bloque Guachiria-Caño Chiquito. Solana Petroleum. Centro de información de Corporinoquia.
- IGAC (1999)-Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Casanare Características Geográficas. Bogotá, Colombia.
- IGAC (1993)-Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Suelos Departamento de Casanare. Santafé de Bogotá, Colombia.
- INGEOMINAS-UPTC (2007). Proyecto de investigación Hidrogeología preliminar en Sur-Oeste del departamento de Casanare, Convenio 015 de 2007.
- INVE (2007). Análisis granulométrico de suelos por tamizado. Normas Invias INVE 123-07. Bogotá.
- Sarmiento, G., Monasterio, M., Silva, J. (1971). Reconocimiento ecológico de los Llanos de Venezuela. En Acta Científica Venezolana 22:52-61.
- Terzaghi K., Peck R. (1973). Mecánica de suelos en la Ingeniería práctica. 2 edición. Librería El Ateneo Editorial, Barcelona.

Retribución económica basada en la eficiencia de los cosecheros del sector palmicultor en el municipio de Maní departamento de Casanare

Wilquer Herney Cruz Medina^{1*}, Sonia Ibanova Herrera Hernandez²

Resumen

El presente artículo de investigación analiza la retribución económica de los cosecheros de palma de aceite, basada en la eficiencia y el precio de la labor en el municipio de Maní, departamento de Casanare; teniendo en cuenta la definición de los contratos de destajo, variables asociadas en la retribución económica del cosechero, la productividad del trabajador y la formalidad laboral de los trabajadores agrícolas. En cuanto al trabajo de campo se aplicaron ocho (8) encuestas a los administradores de las empresas prestadoras de servicios del sector palmicultor mediante muestreo probabilístico aleatorio simple y pruebas de seguimiento y control a la eficiencia del cosechero. Los resultados se enfocan en el conocimiento de los contratos de destajo donde se identificaron las variables socioeconómicas de la labor de cosecha, la eficiencia y el emolumento de los cosecheros de palma de aceite como factor principal que mide las condiciones de trabajo de los cosecheros de este sector. El trabajo desarrollado permite a los palmicultores, comunidad Maniceña y Gobierno Municipal, facilitar el entendimiento de la dinámica laboral del sector palmicultor en pro del mejoramiento de las condiciones laborales orientadas a la implementación y cumplimiento de políticas de formalidad laboral.

Palabras claves

Contrato a Destajo — Eficiencia — Precio — Formalidad Laboral — Retribución Económica

¹ Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Fundación Universitaria Internacional del Trópico Americano - Unitrópico. Yopal, Colombia.

² Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios (ECACEN), UNAD Yopal, Colombia

*Autor para correspondencia: wilquercruz@unitropico.edu.co

Introducción

El municipio de Maní Casanare atraviesa por una situación de alteración social referente al nivel de informalidad laboral de los trabajadores agrícolas del sector palmicultor de Maní, debido a la baja retribución económica en la labor de cosecha. Este municipio es uno de los que representa la mayor cantidad de área sembrada en palma correspondiente al 3,8 % del área neta en el país (Girón, 2015) lo que equivale a un promedio de 23.000 hectáreas aproximadamente. Con la aparición del cultivo de palma de aceite se ha impulsado la existencia de empresas productoras y a la creación de empresas prestadoras de servicios agrícolas (poda, cosecha, fertilización, ploteo mecánico, ploteo químico). Sin embargo, con la aparición del cultivo de palma de aceite (Sierra, 2013) en el municipio, la población flotante aumento significativamente. La mano de obra foránea cuenta con la experiencia y adiestramiento en estas labores (Agcci S.A.S, 2015) porque son procedentes de los departamentos productores de palma de aceite (Cesar, Sucre, Atlántico, Magdalena, Santander, Córdoba, Bolívar, Norte de Santander, Choco, Nariño y Meta).

En este sentido, las especulaciones e incertidumbres son repetitivas en torno a la baja retribución económica de las labores

agrícolas, demostradas mediante la rotación de personal, baja vinculación de empleabilidad local e insatisfacción laboral en este sector (Herrera, 2018).

Este trabajo de investigación contiene tópicos que sirven de interés general para conocer la dinámica de los contratos de destajo, partiendo de la identificación de las variables socioeconómicas de la labor de cosecha (precio, cantidad, promedio por años de siembra, peso y año del lote de siembra) hasta el cálculo de la retribución (valor económico acumulado por la producción individual en un periodo de tiempo) y el análisis del nivel de formalidad e informalidad laboral (Lourdes, 2014).

Finalmente, se logró construir un método explicativo, sencillo y de fácil comprensión tanto para trabajadores como empleadores del sector palmicultor relacionado con el análisis de la retribución económica basada en la eficiencia y precio de la labor de cosecha; esta herramienta permite facilitar el seguimiento a la producción individual, obteniendo información confiable para la realización de la nómina de personal.

1. Materiales y Métodos

Población o unidad de análisis: De las dieciséis (16) empresas prestadoras de servicios agrícolas del sector palmicultor registradas (Cámara de Comercio de Casanare, 2017) con el código de actividad económica 0161 y ubicadas en el municipio de Maní departamento de Casanare; se seleccionaron aleatoriamente ocho (8) empresas y se aplicaron encuestas a los administradores de cada organización durante el mes de Enero de 2018 y en los meses de noviembre y diciembre de 2017 se efectuaron visitas de campo para el seguimiento y control a la producción individual de diez (10) trabajadores agrícolas en un (1) proyecto de recolección y corte de cosecha ejecutado por la empresa AGCCI S.A.S. Teniendo en cuenta el análisis de la retribución económica de los cosecheros de palma de aceite, se identifica que existe una situación de alteración social ocasionada por la informalidad laboral del sector.

Métodos: El trabajo de investigación se realizó con base a dos metodologías (Niño, 2011). En la primera se diseñó un instrumento de recolección de información tipo cuestionario conformada por siete (7) preguntas de fácil comprensión y versatilidad; construida de acuerdo a la necesidad de información, aplicada a ocho (8) administradores y/o representantes legales de las empresas prestadoras de servicios agrícolas ubicadas en el área urbana del municipio de Maní. El cuestionario empieza con el objetivo, luego con diferentes tipos de preguntas abordando la temática principal de la investigación. Es importante destacar que se dio un orden a las preguntas partiendo de lo básico (labores agronómicas por contrato de destajo), pasando a lo clasificatorio (variables utilizadas en la retribución económica del cosechero, determinación de la eficiencia, factores que inciden en la variación del pago en la labor, beneficios sociales, nivel de satisfacción) y terminando con la identificación de una problemática laboral (informalidad). La segunda metodología utilizada fue el seguimiento y control de la eficiencia a diez (10) cosecheros en su labor rutinaria mediante una planilla diaria de producción individual durante tres (3) días consecutivos en los lotes (A, B y C) de cosecha; permaneciendo desde las 6:30 horas hasta 13: horas. A partir de esta experiencia en campo, se identificaron las siguientes variables: el código del trabajador, año de siembra del lote cosechado, el valor de la tonelada, cantidad de racimos cortados y recolectados.

Tabulación y Análisis de Datos: Se utilizó el programa IBM SPSS Statistics (West, Welch y Galecki, 2014) para la tabulación, graficación y análisis de la información basada en el trabajo de campo y el seguimiento a la productividad del trabajador agrícola mediante la ficha de producción diaria. Se define la eficiencia y el precio como variable independiente y la baja retribución económica del cosechero como variable dependiente (Hernandez y Collado, 2010).

2. Resultados

De los ocho (8) administradores encuestados vinculados a las empresas prestadoras de servicios agrícolas que manejan más de tres (3) proyectos de cosecha en diferentes plantaciones de palma de aceite. Generalmente para las labores agronómicas los

trabajadores se vinculan por contrato a destajo (por cantidad de racimos cortados) generando informalidad laboral y apatía de la mano de obra local a vincularse a este sector (Cruz, 2018).

Para el cálculo de la retribución económica, se identifican las siguientes variables: lote (año de siembra y precio por tonelada), toneladas cosechadas por el trabajador (de acuerdo a la cantidad de racimos se efectúa la conversión a Kilogramos (Kg)), promedio peso del racimo (Kg totales sobre racimos totales), toneladas según promedio (1000 Kg sobre el promedio) y el valor de los racimos (racimos en toneladas por precio del valor en tonelada). En la Tabla 1 se determinan las variables utilizadas para el seguimiento de la productividad del trabajador y el cálculo de su eficiencia en pesos. También se evidencia la cantidad de racimos cortados por los diez (10) trabajadores y estos expresados en toneladas para conocer el cálculo del valor económico por el trabajo realizado. Se comprueba que el cosechero recibe la retribución de acuerdo a su nivel de productividad.

En la Figura 1, se observa que los trabajadores con mayor eficiencia, fue AG001 y AG008 los cuales coinciden con 2.2 toneladas en el primer día de seguimiento y el trabajador menos eficiente es el AG009 con 212 racimos cortados que equivalen a 1.30 toneladas el trabajador con menor número de racimos cortados. La eficiencia promedia (Figura 1) es de 1.7 toneladas por trabajador teniendo en cuenta un promedio de 6.15 Kg por racimo en la siembra 2009. Sin embargo, 2.0 toneladas cosechadas es el promedio de eficiencia mínima esperada por trabajador según las directrices de las empresas de este sector.

En el segundo día de campo también se tomó la siembra 2009 lote B (Tabla 1), sin embargo, se observa que se presenta una variación de la eficiencia en los trabajadores tanto en la cantidad de racimos cortados como en el promedio del racimo lo que afecta directamente retribución del trabajador.

Normalmente, esta es la dinámica en la labor de la cosecha de palma de aceite. Con respecto al primer día se evidencia que hubo menos racimos en el lote para cortar y un promedio menor. No obstante, el precio por tonelada del lote B es mayor con respecto al lote A. El trabajador con mayor eficiencia fue AG008 de 1.11 toneladas seguido de AG001 con 1.10. La eficiencia promedia es de 0.62 toneladas por trabajador teniendo en cuenta un promedio de 4.63 Kg por racimo en la siembra 2009. Este tipo de eficiencia genera gran preocupación en las empresas y también en los cosecheros de palma de aceite, los cuales consideran que no existen garantías laborales en este sector (Oliveira, 2011). En el segundo día de campo también se tomó la siembra 2009 lote B (Tabla 1), sin embargo, se observa que se presenta una variación de la eficiencia en los trabajadores tanto en la cantidad de racimos cortados como en el promedio del racimo lo que afecta directamente la retribución del trabajador (Figura 2).

En el tercer día de seguimiento a la productividad de los cosecheros se seleccionó el lote C (Tabla 1) correspondiente al año de siembra 2012, el cual arrojó un peso promedio de 2.89. Se muestra que el precio de la cosecha es mucho mayor (por su año de siembra) que para el caso de los lotes A y B; dicho en otras palabras, el trabajador se corta mayor cantidad de racimos dado a un bajo promedio de peso.

Tabla 1. Variables utilizadas para el cálculo en pesos de los racimos cortados en los lote A, B y C.

Lote	Toneladas	Kg	Racimos Totales	Promedio	Ton según Promedio	Tonelada Cortada	Trabajadores AGCCI S.A.S
A	17.77	17770	2888	6.153	163	\$ 28000 (Siembra 2009)	Día 1
Código Trabajador						Racimos Cortados	Rac / Ton Valor Racimos
AG001						361	2.22 62195
AG002						250	1.54 43071
AG003						301	1.85 51858
AG004						245	1.51 42210
AG005						257	1.58 44277
AG006						268	1.65 46172
AG007						323	1.99 55648
AG008						361	2.22 62195
AG009						212	1.30 36524
AG010						310	1.91 53408
B	6.25	6245	1347	4.636	216	\$ 31000 (Siembra 2009)	Día 2
Código Trabajador						Racimos Cortados	Rac / Ton Valor Racimos
AG001						237	1.10 34062
AG002						97	0.45 13941
AG003						117	0.54 16816
AG004						93	0.43 13366
AG005						102	0.47 14660
AG006						132	0.61 18971
AG007						127	0.59 18253
AG008						240	1.11 34494
AG009						88	0.41 12648
AG010						114	0.53 16384
C	6.25	6245	1347	4.636	216	\$ 41000 (Siembra 2012)	Día 3
Código Trabajador						Racimos Cortados	Rac / Ton Valor Racimos
AG001						525	1.52 62216
AG002						352	1.02 41715
AG003						292	0.84 34604
AG004						276	0.80 32708
AG005						287	0.83 34012
AG006						322	0.93 38159
AG007						465	1.34 55106
AG008						530	1.53 62809
AG009						282	0.82 33419
AG010						301	0.87 35671

A continuación, se presenta una estadística y se da un resultado económico en pesos correspondiente al nivel de eficiencia de cada trabajador (Figura 3). El cosechero AG008 logra una retribución de \$62.216 por su eficiencia en el trabajo, el cosechero AG001 genera un valor de \$62.216 y el trabajador agrícola menos eficiente es AG004; el cual cortó 276 racimos que equivalen a 0,80 toneladas para un valor acumulado de 32.708.

A partir de la identificación de variables principales que de-

termina la retribución económica de los trabajadores, también es importante indicar que existen otras variables que según los administradores de empresas prestadoras de servicios agrícolas, inciden negativamente en el valor de la nómina de los cosecheros, estas son: deshonestidad del trabajador en el momento de dar el reporte diario de cantidad de racimos cortados al cuadrillero o coordinador de operaciones (62% concerniente a 5 administradores), la comúnmente conocida, como: clavija (Medina, 2014),

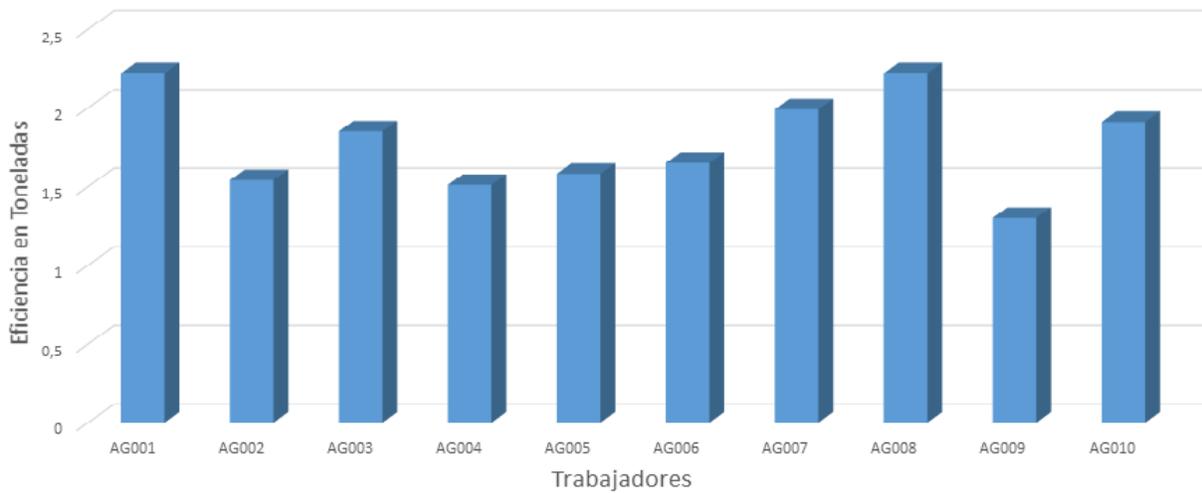


Figura 1. Primer día de seguimiento en la eficiencia de la labor.



Figura 2. Segundo día de seguimiento en la eficiencia de la labor.

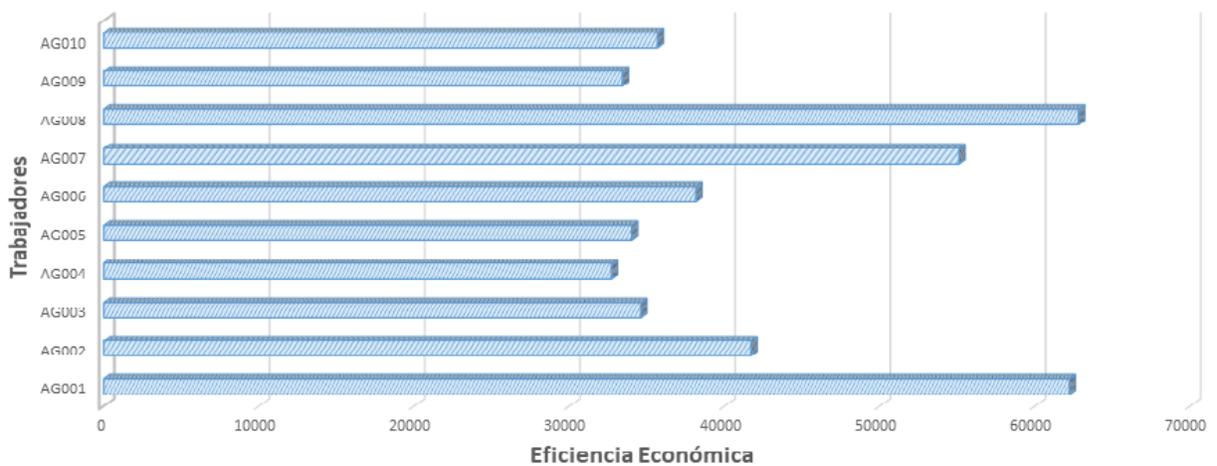


Figura 3. Tercer día de seguimiento en la eficiencia de la labor.

seguida por la falta de supervisión por parte del coordinador (25% equivalente a 2 encuestados), las condiciones naturales o cambios

climáticos (13% igual a 1 administrador) y por ultimo las distancias de los lugares de trabajo no es una variable incidente según

lo manifestado por los administradores de este sector.

3. Discusión

Las labores agronómicas están enmarcadas en los contratos de destajo (retribución basada en la productividad del trabajador) dada esta condición las empresas prestadoras de servicios agrícolas presentan altos niveles de informalidad a causa de los costos elevados de intermediación laboral (Herrera, 2018), este factor conlleva a la baja percepción de la remuneración real (salario emocional), el desconocimiento de la remuneración en especie (Martínez, 2016) relacionado en su gran mayoría con el alojamiento y por ende al bajo nivel de satisfacción laboral (originado por la negligencia en la supervisión de la labor y la ausencia de programas de inducción y capacitación) (Puello, Ortega y Valencia, 2016). Asociado también a un precio bajo de las labores y a trabajadores poco eficientes (Figura 2); esto indica que el cosechero no alcanza a cubrir las condiciones mínimas de trabajo (subsido cajas de compensación familiar, seguridad social, prestaciones sociales, capacitaciones, entre otras).

Otros factores que afectan el resultado de la retribución económica de los trabajadores de palma de aceite, es la deshonestidad del cosechero (comúnmente denominada clavija) al momento de reportar datos erróneos en la cantidad de racimos cortados; afectando el promedio del peso del racimo y por consiguiente la remuneración de todo el personal que conforma la cuadrilla (Medina, 2014). En este sentido, se desfavorece el clima y la cultura organizacional afectando la productividad laboral desde la percepción de los trabajadores (Torrecilla, 2005). Generalmente cuando se presenta este caso, la mayoría de trabajadores se sienten vulnerados por el nulo reconocimiento al esfuerzo (Juarez, 2007).

Con base a la Figura 4, se observa que la siembra 2012 y la siembra 2009, coinciden con el mismo peso promedio del racimo lo que significa que los trabajadores del lote B, reportan un número mayor de racimos a los que realmente cortan. Por otro lado, los cosecheros de palma de aceite no son motivados ni capacitados por los empleadores lo que no permite avanzar en el mejoramiento de la retribución emocional y compromiso de los subordinados en pro de incrementar el nivel de productividad y eficacia de la organización (González, 2010). Los derechos humanos de los trabajadores son vulnerados en muchas partes del territorio ya sea por acción u omisión (La Rotta, 2010) transmitiendo desconfianza y mostrando alta rotación de personal del gremio palmicultor.

Con base en los resultados se demuestra que existe un clima organizacional inadecuado, es decir se refleja un alto nivel de insatisfacción del cosechero frente a su ocupación (Vásquez, 2016); cuya causa principal es el bajo nivel de escolaridad del trabajador agrícola donde en su gran mayoría no saben calcular la remuneración de acuerdo a la productividad ejecutada en la labor (Rocha, 2015). Así mismo, las empresas del sector palmicultor carece del diseño e implementación de programas de inducción y capacitación (Carrillo, 2016). A pesar de la problemática socio-laboral que vive este sector, el cluster de palma de aceite es uno de los motores de desarrollo que impulsa los factores de competitividad de Casanare (Sierra, 2013).

El bajo nivel productivo del trabajador palmicultor y la intermediación laboral (Fedepalma, 2011); originan la informalidad debido a que las empresas agrícolas se basan en la tabla de eficiencias y un análisis financiero (punto de equilibrio e indicadores) para disminuir costos y maximizar utilidades (Cadena y Salazar, 2016); como objetivo de las organizaciones.

Cabe resaltar el aporte del trabajo de investigación en lo relacionado con el procedimiento o modelo explicativo que deben seguir los gerentes y/o administradores de empresas del sector palmicultor en aras de mejorar el control de la producción y la eficiencia de los trabajadores y por otro lado es una herramienta de fácil comprensión para los cosecheros y comunidad en general para realizar cálculos sobre el nivel de productividad de la labor de cosecha.

4. Conclusión

El trabajo de campo muestra que las empresas productoras de palma de aceite realizan contrataciones a las empresas S.A.S para la ejecución de las labores agrícolas por destajo; sin embargo, estas plantaciones de palma deben generar un porcentaje justo de Administración, Imprevistos y Utilidad (A.I.U) para el buen desarrollo de los proyectos de las labores agrícolas. Por estas y otras razones (a nivel tributario, laboral, administrativo) las empresas de Sociedad Anónima Simplificada (S.A.S) asumen unos costos elevados por la intermediación de las labores, razón por la cual se evidencia poca o nula garantía laboral hacia el trabajador agrícola (informalidad). Los trabajadores agrícolas reciben una retribución económica acorde con la eficiencia de la labor, sin embargo, esta remuneración no es suficiente para cubrir los diferentes descuentos que son asumidos por los cosecheros (papelaría, seguridad social, carga prestacional, dotación, EPP).

La identificación de las variables (lote, toneladas cosechadas por el trabajador, promedio peso del racimo, toneladas según promedio y el valor de los racimos) y explicación del procedimiento para hallar el cálculo de la retribución económica es una orientación para conocer la dinámica laboral de las partes (empleado-empleador) y actores involucrados (Academia, Estado y Comunidad en General) y de esta forma aportar a la formalización del sector palmicultor.

De acuerdo al seguimiento realizado es necesario un plan de capacitaciones técnicas en el adiestramiento de la labor. También la clavija, los cambios climáticos y las distancias del lugar de trabajo son factores que inciden en el nivel de retribución económica del trabajador. Basados en este postulado, se recomienda que las empresas productoras realicen contratación directa del personal, garantizando de esta forma las condiciones de trabajo justas y adecuadas.

El sector palmicultor debe hacer buen manejo del salario emocional teniendo en cuenta la motivación y capacitación a los trabajadores, mejoramiento en la supervisión de la labor y la aplicación de la comunicación asertiva entre los diferentes niveles de la organización; contribuyendo de esta manera a un adecuado clima laboral y por ende al nivel de satisfacción de los trabajadores de palma de aceite.

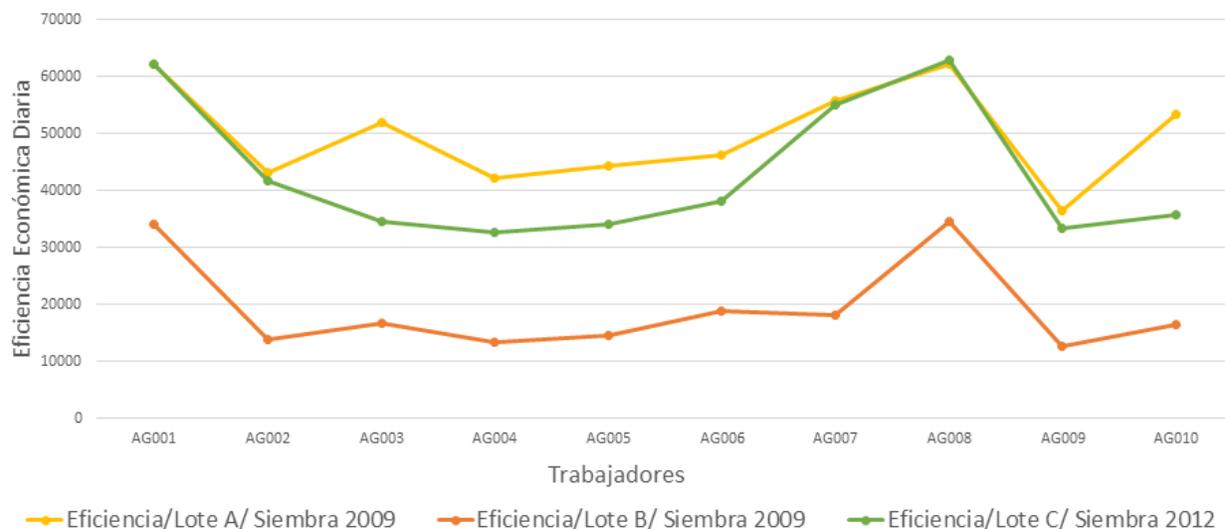


Figura 4. Eficiencia económica diaria de los trabajadores en los lotes supervisados.

Bibliografía

Agcci S.A.S. (2015). Informe de Eficiencia en las Labores Agro-nomicas. Maní.

Cadena Arango, A. F., y Salazar Hoguein, L. C. (03 de 07 de 2016). Modelo De Programación Basado En La Planeación De La Producción. Candelaria, Valle del Cauca, Colombia.

Camara de Comercio de Casanare. (15 de noviembre de 2017). Empresas y sus actividades economicas. Maní, Casanare, Colombia.

Carrillo Guarín, J. C. (10 de 05 de 2016). Las Buenas Practicas en la Contratacion Laboral Sector Privado. Bogota, Cundinamarca, Colombia: Fedepalma.

Cruz Medina, W. H. (15 de 05 de 2018). Condiciones Laborales del Sector Palmicultor. Analisis de las condiciones laborales y efectos sociales de la palma de aceite. Yopal, Casanare, Colombia.

Fedepalma. (2011). El Empleo en el Sector Palmero Colombiano. Bogota.

Giron Amaya, E. (11 de Septiembre de 2015). Principales resultados del Censo Nacional de Palma de Aceite Colombia 2011. Bogota, Cundinamarca, Colombia: Boletín El Palmicultor.

Gonzales, A. (7 de 4 de 2010). Tomar conciencia de mi salario emocional mejora la productividad de las organizaciones. Villavicencio, Meta, Colombia.

Hernandez Sampieri, R., y Fernandez Collado, C. (12 de 11 de 2010). Metodología de la Investigacion. Mexico, Mexico: MCGRAW-HILL.

Herrera, S. I. (15 de Marzo de 2018). Formulacion de un plan de capacitacion y adiestramiento que aumente la inclusion de la empleabilidad local en el sector palmicultor de Maní Casanare. Formulacion de un plan de capacitacion y adiestramiento que aumente la inclusion de la empleabilidad local en el sector palmicultor de Maní. Yopal, Casanare, Colombia.

Juarez Garcia, A. (13 de 10 de 2007). Factores sicosociales, estres y salud en distintas ocupaciones. Ciudad de Mexico, Mexico.

La Rotta Amaya, G. H. (10 de 05 de 2010). Efectos sociales del cultivo de palma de aceite. Villavicencio, Meta, Colombia.

Lourdes Molina, N. (11 de 10 de 2014). Fedepalma rechazo el acoso laboral del gobierno al sector empresarial agropecuario del pais. Valledupar, Cesar, Colombia: Boletín el Palmicultor.

Martinez, G. C. (09 de 12 de 2016). Apuntes sobre el salario en la lesgilacion Colombiana. Medellin, Antioquia, Colombia.

Medina, F. E. (11 de 05 de 2014). Nivel de Productividad de los Trabajadores de Palma de Aceite. (S. I. Hernandez, Entrevistador) Maní.

Niño Rojas, V. M. (27 de 03 de 2011). Metodologia de la Investi-gacion. Bogota: Ediciones de la U. Obtenido de <http://tgrajales.net/investigipos.pdf>

Oliveira, M. (11 de 11 de 2011). El empleo en el sector palmero Colombiano. Bogota, Colombia: Revista Palmas.

Puello Alcocer, E. C., Ortega Montes, J. E., y Valencia Jimenez, N. N. (3 de 9 de 2016). Factores sociales asociados a la salud de los trabajadores informales agricolas. Monteria, Cordoba, Colombia.

Rocha, A. (12 de 05 de 2015). Calculo de la remuneracion de los cosecheros. (S. Herrera, Entrevistador).

Sierra Diaz, J. D. (20 de septiembre de 2013). Propuesta de Me-joramamiento Sectores Claves de Cambio. Bogota, Cundinamarca, Colombia.

Sierra Diaz, J. D. (08 de 11 de 2013). Propuesta de mejoramiento sectores claves de cambio. Bogota, Cundinamarca, Colombia.

Torrecilla, O. (07 de 03 de 2005). Clima organizacional y su relacion con la productividad laboral. Buenos Aires, Argentina.

Vasquez Quintero, A. (2016). Condiciones Laborales Y Proble-maticas en la Produccion de Aceite de Palma y Azucar. Medellin: ENS.

West, B., Welch, K., y Galecki, A. (2014). Modelos Lineales Mixtos. Nueva York: Segunda Edicion.

Diseño e implementación de una plataforma virtual para asesoría y venta de material didáctico enfocada a carreras de ingeniería y tecnología en el departamento de Casanare

Javier Aquilino Salcedo Lagos^{1*}, Susana Estefany de León Aldaco²

Resumen

En el ejercicio de la formación profesional de estudiantes de las áreas de electrónica, redes de comunicación, informática e ingeniería de sistemas de las instituciones tanto de educación superior como de media técnica y profundización del Departamento de Casanare, se evidencia reiteradamente la ausencia de componentes electrónicos para la realización de los proyectos académicos. En este sentido se decidió realizar un estudio de mercado y se llevaron a cabo dos *focus groups* y una encuesta dirigida a la misma población objetivo. Los *focus group* aplicados a docentes y estudiantes, de la ciudad de Yopal, evidencian la carencia de establecimientos comerciales que suministren componentes electrónicos con fines educativos, además los pocos que existen manejan unos sobrecostos en los productos hasta de un 200% y la oferta de componentes es muy limitada. En general, a los entrevistados les gusta la idea de poder hacer el pedido de componentes por un aplicativo, y de poder elegir los productos de acuerdo a las especificaciones técnicas requeridas en los proyectos. La encuesta realizada a estudiantes de las instituciones de educación superior, del SENA y de algunos colegios de Yopal, confirman que la frecuencia de compra de elementos es alta y que además se hace necesario contar con apoyo técnico y asesoría para la implementación de los proyectos. Con base en estos resultados se desarrolló una tienda virtual orientada a asesorar y suministrar componentes electrónicos a estudiantes y docentes en áreas de electricidad, electrónica y sistemas, para facilitar la ejecución de proyectos tecnológicos en Casanare. En este documento se presentan los resultados del estudio, el modelo de negocio online y el proceso de diseño e implementación de la plataforma tecnológica.

Palabras claves

Tienda Virtual — Comercio electrónico — Modelo de negocio online — Edutronics — Componentes electrónicos

¹ Programa de Ingeniería Electrónica, UNISANGIL, sede Yopal.

² Universidad Internacional Iberoamericana (UNINI), Campeche, México.

*Autor para correspondencia: javieraquilino@misena.edu.co

Introducción

En el ámbito internacional se encuentran numerosas investigaciones sobre comercio electrónico, visto desde diferentes perspectivas que conducen a distintas líneas de investigación (Valencia y Olivarez, 2017). Comprar online se está convirtiendo en una práctica habitual y con una mayor penetración sobre el total de la población, se habla de 1.600 millones de usuarios en todo el mundo que han hecho compras en internet, gastando casi 2 billones de dólares recibidos de las ventas en línea de China y las ventas provenientes de Estados Unidos (Comisión de Regulación de Comunicaciones, 2017). La modalidad de comercio E-commerce o comercio electrónico, es relativamente joven ya que, tiene su origen en 1948, posteriormente se estandariza en los 70 con la implementación del EDI (Electronic Data Interchange), pero es en 1992 con la creación de la tecnología web WWW (World Wide

Web) y la introducción en 1996 del cifrado de seguridad SSL 3.0 (Secure Sockets Layer), y el desarrollo de las TICs cuando toma su mayor auge y permite que millones de clientes se vinculen en un comercio on-line. Es ese sentido “El comercio electrónico es una modalidad de comercio que utiliza medios electrónicos para la transacción de bienes y servicios en un mercado nacional y global, donde las fronteras geográficas pierden su significado” (Adolfo, López, Aboites, Eréndira y Herrera, 2017). El comercio electrónico ha crecido notablemente en los últimos años en Colombia, de esta forma se plantea un modelo de negocio por internet, aprovechando la oportunidad que se tiene como docente del área de electrónica y afines, donde claramente se ve la carencia de elementos para la realización de proyectos de automatización, robótica, redes de datos, redes eléctricas, desarrollo de software; asinaturas que son impartidas en las instituciones de Casanare.

Por esta razón se desarrolló Edutronicas, una tienda virtual que presta el servicio comercial de componentes electrónicos con un valor agregado, que es la asesoría en los proyectos y la entrega de productos en el domicilio del cliente.

1. Diseño Metodológico

Para la materialización de este proyecto, se analizaron diferentes metodologías de desarrollo ágil, (Agile Software Development Cycle o SLDC) (Morales y Pardo, 2016)(Molina, Zea, Contento y García, 2017). Es de anotar que el establecimiento de una tienda virtual lleva muchos componentes y el diseño del software es solo una de estas etapas, en este sentido se trabajó el diseño general del proyecto con una metodología de Modelo en “V” (procedimiento uniforme para el desarrollo de productos TIC y el perfeccionamiento de software embebido (Mendoza, España, Castro, Núñez y Vaca, 2016)). El modelo en V es el estándar utilizado para los proyectos de la Administración Federal Alemana y de defensa. Como está disponible públicamente muchas compañías lo usan. Es un método de gestión de proyectos comparable a PRINCE2 y describe tanto métodos para la gestión como para el desarrollo de sistemas. El Método-V fue desarrollado para regular el proceso de desarrollo de software por la Administración Federal Alemana. Describe las actividades y los resultados que se producen durante el desarrollo del software. El Método-V es una representación gráfica del ciclo de vida del desarrollo del sistema. Resume los pasos principales que hay que tomar en conjunción con las correspondientes entregas de los sistemas de validación. La parte izquierda de la V representa la corriente donde se definen las especificaciones del sistema. La parte derecha de la V representa la corriente donde se comprueba el sistema (contra las especificaciones definidas en la parte izquierda). La parte de abajo, donde se encuentran ambas partes, representa la corriente de desarrollo. En cuanto al modelo en V, si bien es una herramienta bastante útil para guiar el desarrollo de proyectos, es posible adicionar algunos elementos que permitan precisar con mayor nivel de detalle las herramientas a utilizar en cada fase del producto a fin de obtener resultados más confiables y de mayor calidad dentro de los límites de tiempo aceptables. Teniendo en cuenta estas consideraciones y sabiendo que el software ha adquirido una gran importancia en todos los procesos de las organizaciones, y según Sommerville (Sommerville, 2011) forma parte de casi todas las operaciones industriales, por lo cual los procesos de desarrollo de software deben ser llevados a cabo de una manera rápida permitiendo responder a los constantes cambios en un mundo globalizado. Un desarrollo rápido de software, implica el uso de metodologías ágiles, entre las cuales se destacan la programación extrema (Beck, 1999), Scrum (Schwaber y Beedle, 2001), Crystal (Highsmith y Cockburn, 2001), entre otras. Las metodologías ágiles de desarrollo de software permiten al equipo desarrollador enfocarse en los aspectos del software en lugar de otros aspectos como el diseño y la documentación, son además más adecuados para proyectos en los cuales los requerimientos del sistema cambian en forma rápida (Sommerville, 2011). Se ha seleccionado la metodología ágil Scrum, como guía para las actividades del desarrollo del software del proyecto, lo anterior porque Scrum se adapta en forma perti-

nente a un desarrollo incremental en el cual la funcionalidad del sistema evoluciona a través de diferentes versiones funcionales del programa.

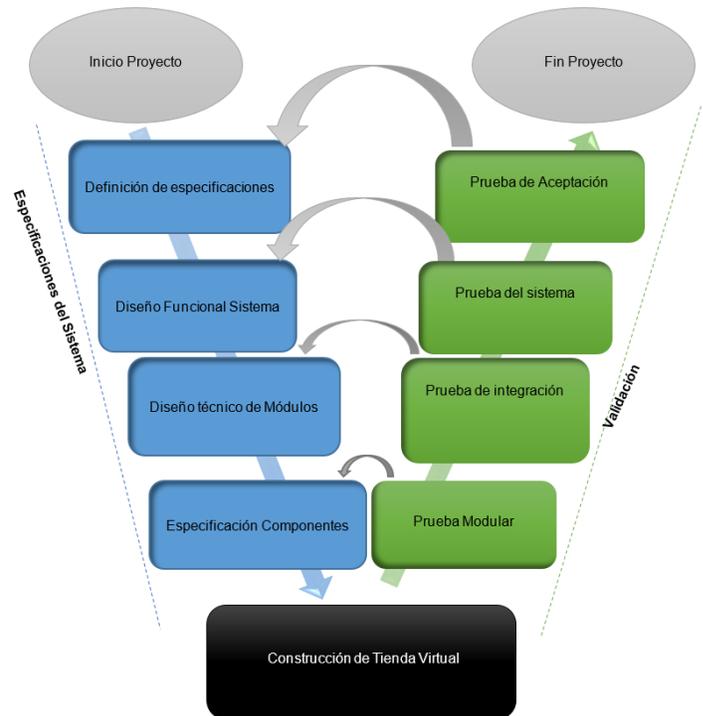


Figura 1. Metodología General de Desarrollo de la Plataforma.

2. Resultados

2.1 Sondeo de mercado en el sector educativo

Esta fase se desarrolló a través de la aplicación de técnicas de recolección de datos utilizando la observación directa; técnica que consiste en observar el fenómeno, hecho o caso, y registrar la información para su posterior análisis (Tugnarelli, Fornaroli, Santana, Jacobo y Díaz, 2017). En este caso se hizo necesario realizar visitas a diferentes instituciones de educación media y superior del departamento de Casanare, más exactamente en la ciudad de Yopal, y en especial aquellas que imparten carreras o profundizaciones técnicas en áreas de electrónica, redes de datos, redes eléctricas, y desarrollo de software, con el fin de analizar los productos electrónicos que más requieren.

2.2 Población y muestra

2.2.1 Población:

La población objeto del presente estudio está conformada por los estudiantes de programas de electrónica y afines del SENA, UNISANGIL, UNITRÓPICO y Colegio ITEY Tomando en cuenta la información suministrada por el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA para el final del año escolar 2018, en la tabla “Media Técnica Inscritos”, se aplica un filtro para programas afines a electrónica, electricidad y sistemas en la ciudad de Yopal determinando las siguientes cifras:

- Total, de estudiantes de grado 10 que inician articulación con el SENA en Casanare = 2613
- Total, de estudiantes de grado 10 que inician articulación con el SENA en Yopal = 1094
- Total, de estudiantes en programas afines a electrónica, electricidad y sistemas = 487
- Total, de estudiantes de UNISANGIL de Ingeniería Sistemas 202
- Total, de estudiantes de UNISANGIL de Ingeniería Electrónica 190
- Total, de Estudiantes de UNITROPICO de Ingeniería de Sistemas 230

Con esta información se puede calcular una población aproximada de estudiantes de programas afines a electrónica que radican en el departamento de Casanare de 3722.

2.3 Muestra

En Casanare estudian carreras afines a Electrónica aproximadamente 3722 estudiantes. Para establecer la muestra de la población de estudio, fue necesario aplicar la siguiente fórmula para determinar el número de estudiantes a visitar y aplicarles la encuesta de manera informal, analizando el tipo productos y servicios requeridos por los estudiantes.

$$n = \frac{NZ^2pq}{d^2(N-1) + Z^2pq} \quad (1)$$

Donde N es tamaño de la población, Z el nivel de confianza, p la probabilidad de éxito, o proporción esperada, q la probabilidad de fracaso d la precisión (error máximo admisible en términos de proporción). Para un:

- $Z = 1,96$
- $p = 0,15$
- $q = 0,95$
- $d = 0,08$

El resultado de la operación arroja un total de 84 estudiantes, los cuales se les realizó la encuesta para recoger la información.

2.4 Recopilación de información

2.4.1 La encuesta

Las encuestas son un método de investigación y recopilación de datos utilizadas para obtener información de personas sobre diversos temas. Las encuestas tienen una variedad de propósitos y se pueden llevar a cabo de muchas maneras dependiendo de la metodología elegida y los objetivos que se deseen alcanzar. Esta encuesta se realizó utilizando medios digitales como el correo electrónico, la URL de Edutronicas y un formulario web. El objetivo de la encuesta es realizar un estudio de mercado y establecer la viabilidad para la creación de una empresa enfocada a la venta

de componentes electrónicos en el municipio de Yopal Casanare. Esta herramienta contó con una serie de preguntas destinadas a conocer la opinión sobre diversas necesidades en la compra de componentes electrónicos, con el fin de identificar fortalezas y debilidades que permitan desarrollar estrategias en búsqueda de la mejora continua.

2.5 Diseño de plataforma virtual

2.5.1 Definición de especificaciones

En esta fase se definieron y documentaron los diferentes requisitos del sistema, identificando tecnologías existentes en el mercado; posteriormente se llevó a cabo una planificación de acuerdo a las necesidades del proyecto, se dividió el equipo de trabajo en dos grupos, uno para el desarrollo del software y el otro para el análisis de la tienda virtual, consecución de componentes, elaboración de inventarios y demás. Para este caso se realizó un análisis de las principales plataformas utilizadas para tiendas virtuales a fin de trabajar con la que más se adaptara al proyecto.

2.5.2 Diseño Funcional del sistema web

- El sistema permite la gestión de usuarios, un usuario con privilegios administrativos puede dar de alta, modificar, eliminar nuevos usuarios
- El sistema permite la gestión de productos para lo cual el usuario debe tener privilegios administrativos, entre la gestión de productos se incluye que éstos se pueden asociar a categorías previamente definidas por el administrador del sistema.
- Gestión de diferentes formas de pago: contra reembolso, PayPal, transferencia bancaria, cheque, pasarela de pago con tarjeta.
- Configuración de los gastos de envío, que pueden ser gratis, de precio único o según peso, medida del paquete o país de envío.
- Configuración de los impuestos, puede estar incluido en el precio o calculado aparte, puede imponer impuestos diferentes por producto.
- Permite crear cupones descuento, con una cantidad fija o un porcentaje, para productos concretos o categorías de productos.
- Permite añadir diferentes atributos y variaciones a las características del producto (color, referencias, funcionalidades, etc.).
- Se puede vender productos físicos o digitales (hardware y software)
- Ofrece informes de inventario que informan del stock disponible de los productos en venta.
- Ofrece otros informes del estado de los pedidos, ventas y clientes.
- Incorpora los campos de SEO necesarios para el posicionamiento en buscadores.

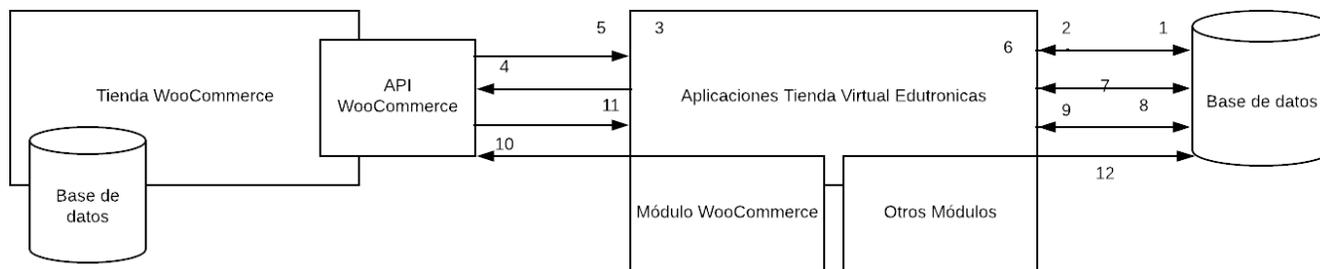


Figura 2. Esquema General de Funcionamiento del Sistema.

2.5.3 Diseño técnico de Módulos de la plataforma

a Componentes del sistema

Dado que los requisitos de actualizaciones en una tienda online son continuos e instantáneos, se exige un control exhaustivo de los cambios. Por ello este proyecto tiene un componente de automatización muy importante. En la Figura 2 se especifican las diferentes partes involucradas en el sistema y las distintas interacciones entre ellas para cada una de las tiendas, siendo un proceso cíclico.

b Herramientas de desarrollo

- Servidor web. Para efectos del alojamiento y publicación de las páginas de la aplicación web se usa el servidor web Apache versión 2.4.35
- Sistema gestor de base de datos. Para la persistencia de los objetos del sistema se usa MySQL versión 10.0.36-MariaDB-cll-lve
- Lenguaje de programación. Para especificar la lógica del negocio se ha usado PHP versión 7.0
- Frameworks de apoyo. Laravel es un framework para el desarrollo de aplicaciones web con PHP (Bean, 2015), permite un proceso de codificación más claro y organiza los componentes de la aplicación separando la vista o interfaz gráfica de usuario (GUI) con la lógica del negocio, convierte los componentes del modelo relacional en objetos del sistema o viceversa. Para la interfaz del usuario se ha usado Bootstrap con el objetivo de crear interfaces funcionales y agradables a la vista del usuario.
- Sistema de versionamiento. La implementación de Scrum como metodología de desarrollo implica que la funcionalidad del sistema se crea en forma incremental, por lo cual se tienen diferentes iteraciones o versiones del software, cada una de ellas es funcional y amplía los requisitos del sistema. Para la administración de las diferentes iteraciones, que en Scrum se denominan Sprints (Sommerville, 2011), se ha usado el sistema de versionamiento Git (“git –local-branching-on-the-cheap,” n.d.) apoyado con el repositorio en línea Bitbucket (“Built for professional teams,” n.d.).

2.5.4 Implementación de la tienda WooCommerce

Las tiendas WooCommerce surgen como complemento de una web WordPress, uno de los sistemas de blogs más populares utilizados en la Web. Por lo tanto, para comenzar a crear la tienda online se instaló WordPress en un servidor web. Una vez instalado, se accede al sitio web de WordPress a través del navegador a través de la dirección que aparece a continuación <https://edutronicas.co/wp-admin> de inmediato aparece el logo de WordPress solicitando el nombre de usuario y la contraseña. El plug-in de WooCommerce se añade y se activa desde el escritorio de administración de WordPress y el asistente online de la tienda guía al usuario en la configuración básica. En la Figura 3 se pueden observar los productos desde la página de administración de la tienda creada para Edutronicas.

a Configuración de la tienda

En la opción WooCommerce “General”, se encuentran los datos básicos de la tienda, tales como “país”, moneda y países a vender. También permite la opción usar los archivos de traducción si se dispone de ellos. Igualmente se definen las opciones de cuentas y pagos de la tienda como que se puedan hacer pagos sin estar dado de alta o habilitar el uso de cupones y también permitirá activar scripts para que la tienda funcione. Para acabar se tienen las opciones de descarga para aquellos productos que sean digitales y no necesiten envío, sino que cuando el usuario los haya comprado se descarguen del sitio, esto teniendo en cuenta que Edutronicas también comercializa con software.

3. Conclusión

Los resultados del estudio de mercado confirman que existe una demanda insatisfecha de componentes electrónicos pertinentes para el desarrollo de productos educativos; el 90.7 % de los clientes potenciales aceptan la idea de comprar elementos electrónicos en una tienda virtual con el valor agregado de la asesoría técnica en el montaje de los proyectos.

En el análisis de la regulación colombiana, se concluye que existe un marco regulatorio establecido para la implementación de negocios online y que Colombia cuenta con una legislación que permite desarrollar estas iniciativas con la protección jurídica necesaria.



Figura 3. Imagen de la tienda creada para el proyecto Edutronicas.

El uso del Smartphone y aplicaciones virtuales están en constante incremento lo que lo hace una plataforma ideal como canal de promoción y venta para de productos electrónicos con fines educativos

En la revisión de la competencia en la región se pudo establecer que no existe este tipo de plataformas virtuales en Yopal, lo cual posibilita mucho más la efectividad de la plataforma, además el valor agregado de la asesoría le da una ventaja competitiva a esta iniciativa.

El plan de marketing propone como estrategia de ventas, al marketing digital, la publicidad en redes sociales, el contacto por correo electrónico y asesoría a los estudiantes de programas afines a electrónica, redes y sistemas.

Para asegurar y medir la experiencia de compra de los clientes y el cumplimiento del plan operativo se han establecido indicadores que permitan tomar las acciones necesarias para lograr el éxito del servicio y la satisfacción de los clientes.

Bibliografía

Adolfo, A., López, C., Aboites, R., Eréndira, H., y Herrera, R. (2017). CREACIÓN DE UNA TIENDA VIRTUAL, PARA COMERCIALIZAR PRODUCTOS ELABORADOS EN EL PROCESO DE FORMACIÓN POR COMPETENCIAS, DE LOS APRENDICES DEL CENTRO AGROTURÍSTICO. CREATION, 2007.

Bean, M. (2015). Laravel 5 essentials (Packt Publ).

Beck, K. (1999). Embracing change with extreme programming. Computer, 32(10), 70–77.

Built for professional teams. (n.d.).

Comisión de Regulación de Comunicaciones. (2017). El Comercio Electrónico en Colombia, Análisis Integral y Perspectiva Re-

gulatoria. (Vive Digital, Ed.). Bogotá.

Highsmith, J., y Cockburn, A. (2001). Agile software development: The business of innovation. Computer, 34(9), 120–127.

Mendoza, J. G. F., España, J. A. A., Castro, J. B. M., Núñez, J. G. D., y Vaca, E. N. (2016). PROPUESTA METODOLÓGICA PARA VALIDAR LA FUNCIONALIDAD DE SOFTWARE EN SISTEMAS EMBEBIDOS. Pistas Educativas, 38(122).

Molina Ríos, J. R., Zea Ordóñez, M. P., Contenido Segarra, M. J., y García Zerda, F. G. (2017). ESTADO DEL ARTE: METODOLOGÍAS DE DESARROLLO EN APLICACIONES WEB. (Spanish). STATE OF ART: DEVELOPMENT METHODOLOGIES IN WEB APPLICATIONS. (English), 6(3), 54.

Morales Arias, J. J., y Pardo Calvache, C. J. (2016). Revisión sistemática de la integración de modelos de desarrollo de software dirigido por modelos y metodologías ágiles. (Spanish). Systematic Review about the Integration of Model-Driven Software Development and Agile Methodologies. (English), 80(1), 87.

Schwaber, K., y Beedle, M. (2001). Agile Software Development with Scrum (1st ed.). Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall PTR.

Sommerville, I. (2011). Ingeniería de Software (9th ed.). México: Pearson Educacion.

Tugnarelli, M. D., Fornaroli, M. F., Santana, S. R., Jacobo, E., y Díaz, J. (2017). Análisis de Metodologías de Recolección de Datos Digitales. Facultad de Informática – Universidad Nacional de La Plata.

Valencia, S. A. C., y Olivarez, F. J. V. (2017). CLASIFICACIÓN DE LOS MODELOS DE NEGOCIO EN EL COMERCIO ELECTRÓNICO. Revista de Investigación En Ciencias de La Administración, 8(14), 330–344.

Unitrópico en la frontera científica de la superconductividad

José A. Camargo Martínez^{1*}, Guillermo I. González Pedreros²

Resumen

La determinación de la temperatura crítica de un material superconductor y el establecimiento de los mecanismos y variables que la afectan, es un problema abierto de gran interés científico. Actualmente Unitrópico, a través del Grupo de investigación en Ciencias Básicas, Aplicación e Innovación – CIBAIN, junto con investigadores de la Universidad Militar y el Cinvestav-México hacen parte del equipo que desarrolla un importante estudio de frontera científica en física del estado sólido sobre superconductividad.

Palabras claves

Superconductividad — Temperatura crítica — Presión — H₃S

¹ Grupo de Investigación en Ciencias Básicas, Aplicación e Innovación - CIBAIN, Unitrópico, Yopal, Colombia

² Departamento de Física, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia

*Autor para correspondencia: jcamargo@unitropico.edu.co

Introducción

La superconductividad se puede entender, en una primera escala, como la pérdida total de la resistividad eléctrica de un material, por debajo de su temperatura de transición al estado superconductor (Baquero y Navarro, 2007). Este es un estado físico cuyas aplicaciones apuntan a una posible nueva revolución tecnológica e industrial. El objetivo final de las investigaciones en esta temática es lograr que la temperatura, en la cual se induce el estado superconductor (conocida como temperatura crítica superconductor, T_c), sea mayor o igual a la temperatura ambiente, para hacer viable su aplicación a gran escala.

Importantes propuestas teóricas sobre posibles mecanismos microscópicos que expliquen la transición del estado normal al superconductor han sido discutidas por la comunidad científica. El mecanismo electrón-fonón tiene la más larga historia y probablemente es el matemáticamente más fundamentado. En la famosa teoría BCS de Bardeen-Cooper-Schrieffer, la atracción efectiva entre electrones se genera por la interacción entre los electrones y las vibraciones de la red (interacción electrón-fonón) (J. Bardeen, L. Cooper, y J. Schrieffer, 1957), esta teoría pudo explicar con muy buena aproximación el fenómeno en materiales con temperaturas críticas por debajo de los 77 K. Materiales superconductores con T_c 's mayores a 77 K son denominados superconductores de alta temperatura crítica (SATEC), para los cuales la teoría BCS no ofrece una exacta explicación. Una teoría más elaborada que incluye detalles microscópicos es la teoría de Migdal-Eliashberg, ME, (Eliashberg, 1960). Con la teoría ME ha sido posible estudiar y describir el comportamiento superconductor de numerosos elementos y aleaciones (J. P. Carbotte, 1990; F. Marsiglio y J. Carbotte, 2008). Que la superconductividad sea

debida a las vibraciones de la red de átomos es la característica fundamental de los llamados superconductores convencionales.

Actualmente la determinación de la temperatura crítica de un material superconductor y el establecimiento de los mecanismos y variables que la afectan, es un problema abierto de gran interés científico. En particular, la temperatura crítica de los materiales superconductores depende de la presión al punto de existir materiales no superconductores a presión ambiente que revelan superconductividad bajo intervalos específicos de presión (González-Pedreros, 2018). Está claro, soportado por numerosa evidencia experimental (Levy y Olsen, 1964; Chen *et al.*, 2010) qué, en superconductores convencionales, la presión afecta al espectro vibracional, induciendo típicamente un corrimiento hacia mayores frecuencias (endurecimiento), aunque el Niobio presenta regiones anómalas en donde se observa corrimiento hacia baja energía (suavizamiento), induciendo cambios (incremento o disminución) en la T_c . De igual forma la interacción electrón-fonón es afectada por la presión (González-Pedreros y Baquero, 2018).

Existen diversos métodos teóricos para el cálculo de la T_c , los cuales requieren del conocimiento de la interacción electrón-fonón, el espectro vibracional, la densidad de estados y las fluctuaciones de espín. Dentro de estos métodos están; McMillian (McMillian, 1968) y Allen-Dynes (Allen y Dynes, 1975), la teoría de Eliashberg y la teoría del funcional de la densidad para superconductores (SCDFT). El cálculo preciso de la función espectral de Eliashberg $\alpha^2 F(\omega)$ y del acoplamiento electrón-fonón son cruciales para el cálculo de la T_c (González, 2018). Estos métodos requieren en algunos casos del ajuste del parámetro conocido como el pseudopotencial coulombiano μ^* , sobre cuyo valor no hay consenso en la literatura. Recientemente González-Pedreros

y Baquero (2018) publicaron el denominado Método de Derivada Funcional (MDF) el cual, usando los formalismos de la Teoría del Funcional de la Densidad, la Teoría de perturbación y la teoría de Migdal-Eliashberg, y tomando como punto de partida un valor de T_c experimental, permite calcular la T_c en función de la presión. Dicho método fue aplicado y probado en el estudio del Niobio, Aluminio y Estaño, logrando buen acuerdo con los reportes experimentales (González-Pedrerros y Baquero, 2018).

1. H₃S superconductor

El Trihidruro de Azufre (H₃S) es un compuesto químico de la familia de los hidruros no metálicos, el cual alcanzó el estado superconductor bajo condiciones de alta presión, logrando la mayor temperatura crítica experimental reportada en la literatura, 203 K a 155 GPa (Drozdov et al, 2015). A dicha presión el compuesto presentó una estructura cristalina cubica con grupo espacial $Im-3m$ (ver Figura 1). Desde dicho histórico reporte, se generó un aumento e interés significativo por profundizar el estudio tanto teórico como experimental de dicho superconductor convencional y similares, buscando reproducir y dar luces sobre la explicación a su comportamiento. Hasta la fecha no hay una ilustración física exacta sobre las características o mecanismos microscópicos específicos que inducen al H₃S a revelar dicho extraordinario comportamiento y su relación con la presión.

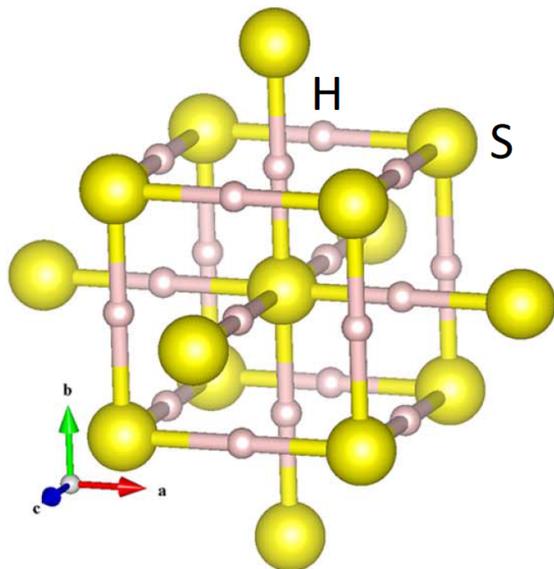


Figura 1. Estructura cúbica H₃S $Im-3m$, tomado de Duan *et al.* (2014).

La significancia de dicho resultado puede entenderse desde una perspectiva histórica (ver Figura 2). Inicialmente, desde el descubrimiento de la superconductividad en el Mercurio (Hg) en 1911, la denominada superconductividad convencional solo se enfocaba en metales y compuestos simples. El hallazgo de los superconductores de alta T_c en 1987 cambio dicho enfoque, centrandose las investigaciones principalmente en sistemas de mayor complejidad; materiales cerámicos (cupratos). Ahora, la existencia de un compuesto simple, como el H₃S, con una temperatura

crítica 50 K por encima del record anterior (150 K), reabre una importante línea de investigación en los superconductores convencionales. La energía de vibraciones iónica (red cristalina) en el hidrógeno es mucho mayor, lo cual, incluso con una moderada interacción electrón-ion, podría generar las condiciones físicas necesarias para alcanzar una T_c (Yao y Tse, 2017).

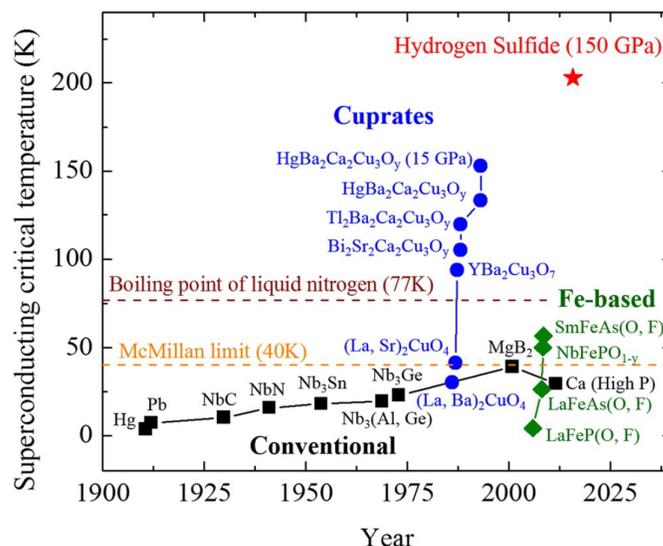


Figura 2. Evolución de la T_c en el tiempo, tomado de Yao y Tse (2017).

Desde 2004 se ha venido explorando la idea de la metalización de materiales ricos en hidrogeno como el (H₂S)₂H₂ o H₃S, los cuales eran potenciales superconductores de alta temperatura crítica (Ashcroft, 2004). Un estudio teórico sobre H₃S, en un rango de presiones de 20 GPa a 300 GPa, reportó una buena metalización con fases $R3m$ y $Im-3m$ por arriba de 111 GPa, donde también se calculó una T_c de 191-204 K en la fase $Im-3m$ a 200 GPa (Duan *et al.*, 2014).

En la Tabla 1 se presenta la relación de algunos trabajos publicados sobre cálculos de la temperatura crítica del H₃S bajo presión. En general se observan diferencias entre 20 K hasta 110 K, con respecto al valor experimental, es decir no hay un consenso en la validez y precisión de un método que permita una buena reproducción de los experimentos.

Tabla 1. Trabajos publicados sobre cálculo de la temperatura crítica del H₃S bajo presión.

Referencia	T _c (K) a 250 GPa
Duan <i>et al.</i> , 2014	184
Errea <i>et al.</i> , 2015	190
Komelj y Krakauer, 2015	271-201 (200 GPa)
Flores-Livas <i>et al.</i> 2016	180 (200 GPa)
Akashi <i>et al.</i> 2016	211
Sano <i>et al.</i> 2016	181
Experimento Drozdov et al, 2015	160

2. Cálculo de temperatura crítica y Unitrónico

La temperatura de transición superconductor, o como ya se dijo temperatura crítica T_c , depende directamente de la interacción efectiva debido al fonón (vibración de la red) de intercambio. La función espectral de Eliashberg $\alpha^2F(\omega)$ y la correspondiente derivada funcional $\delta T_c/\delta\alpha^2F(\omega)$ muestran las frecuencias donde la T_c es sensible a cambios con $\alpha^2F(\omega)$. Esto permite desarrollar un método elegante (Bergmann y Rainer, 1973), denominado por Mitrovic (2004) como herramienta de diagnóstico, para analizar el comportamiento de la T_c .

Específicamente la derivada funcional $\delta T_c/\delta\alpha^2F(\omega)$ provee el cambio en la temperatura crítica, ΔT_c , cuando $\alpha^2F(\omega)$ cambia en una pequeña cantidad $\Delta\alpha^2F(\omega)$ (Bergmann y Rainer, 1973);

$$\Delta T_c = \frac{\delta T_c}{\delta\alpha^2F(\omega)} \Delta\alpha^2F(\omega) d\omega \quad (1)$$

Los cambios en la función de Eliashberg se pueden inducir mediante la aplicación de presión, por variación en aleaciones o por pequeños cambios de concentración. En este estudio la variable externa que genera los cambios en la función de Eliashberg será la presión.

El cálculo de la temperatura crítica superconductor en función de la presión, partiendo de un único valor de T_c experimental reportada, está sustentado en el método de cálculo de temperatura crítica en función de cambios de la función de Eliashberg propuesto por Bergmann y Rainer (Bergmann y Rainer, 1973). A continuación, se resume el método de cálculo propuesto por González-Pedrerros y Baquero (2018).

2.1 Método de Derivada Funcional (MDF) para el cálculo de la T_c en función de la presión

Se inicia con un valor conocido de $T_c = T_i$ experimental correspondiente al valor de presión P_i que está en el intervalo de presiones en donde se está interesado en calcular la T_c en función de la presión. Se calculan las funciones de Eliashberg $\alpha^2F_i(\omega)$ y $\alpha^2F_{i+1}(\omega)$ correspondientes a las presiones P_i y P_{i+1} desde primeros principios usando teoría del funcional de la densidad. Con éstas se obtiene el cambio en la función de Eliashberg $\Delta\alpha^2F_i(\omega) = \alpha^2F_{i+1}(\omega) - \alpha^2F_i(\omega)$.

A continuación, se calcula la derivada funcional a presión P_i , $\delta T_c/\delta\alpha^2F_i(\omega)$. Para solucionar de las ecuaciones linealizadas de Eliashberg, es necesario restringir la suma hasta una frecuencia de corte ω_{cut} la cual es tomada como diez veces la mayor frecuencia en el intervalo de frecuencias en donde se obtuvo la función de Eliashberg $\delta\alpha^2F_i(\omega)$. El pseudopotencial μ^* requerido en ésta parte del cálculo se obtiene al ajustarlo de tal forma que la solución de las ecuaciones linealizadas de Eliashberg estén restringidas al valor $T_c = T_i$.

Se sustituyen $\Delta\alpha^2F_i(\omega)$ y $\delta T_c/\delta\alpha^2F(\omega)$ en la ecuación (1), obteniéndose el cambio en la temperatura crítica ΔT_i . El valor de la temperatura crítica a presión P_{i+1} se obtiene así: $T_{i+1} = T_i + \Delta T_i$. Conocido ahora T_{i+1} correspondiente a la presión P_{i+1} , se repite este procedimiento para obtener T_{i+2} , luego T_{i+3} y así sucesivamente.

Para un detalle teórico más profundo, en la referencia (González-Pedrerros, 2018) se presenta una concisa descripción de la teoría del funcional de la densidad (DFT), de la teoría de Eliashberg, y de la interacción electrón fonón, al igual que la solución de las ecuaciones linealizadas de Eliashberg y su derivada funcional.

Esta es una línea de trabajo desarrollada por los investigadores Dr. Rafael Baquero Parra (Cinvestav - México) y el Dr. Iván González (U. Militar - Colombia). Su último progreso fue la propuesta y publicación de un nuevo método para el cálculo de propiedades superconductoras bajo efectos de la presión (González-Pedrerros y Baquero, 2018), con la cual se han llevado a cabo estudios sobre Niobio (Nb), Aluminio (Al), Hidruro de Paladio PdH(D).

Actualmente Unitrónico, a través del Dr. José Camargo del Grupo de investigación CIBAIN, en colaboración con el Dr. González-Pedrerros y el Dr. Baquero, participa activamente en el estudio teórico de los efectos de la presión sobre la T_c del H_3S , haciendo uso del equipo de súper cómputo del Cinvestav - México y del equipo de cómputo de Unitrónico. Parte de este estudio teórico que se adelanta en Unitrónico, explora la naturaleza superconductor de una estructura de interés de frontera científica, posicionando a Unitrónico, a través de la colaboración interinstitucional e internacional, en el panorama científico mundial.

Bibliografía

- Akashi R., Kawamura M., Tsuneyuki S., Nomura Y. y Arita R. (2015). First-principles study of the pressure and crystal-structure dependences of the superconducting transition temperature in compressed sulfur hydrides. *Phys. Rev. B* 91, 224513.
- Allen P. B. y Dynes R. C. (1975). Transition temperature of strong-coupled superconductors. *Phys. Rev. B* 12, 905.
- Ashcroft, N. W. (2004). Hydrogen dominant metallic alloys: high temperature superconductors? *Phys. Rev. Lett.* 92, 187002.
- Bardeen J., Cooper L., y Schrieffer J. (1957). Theory of Superconductivity. *Phys. Rev.* 108, 1175.
- Baquero, R. y Navarro, O. (2007). Ideas Fundamentales de la Superconductividad. México, Morelia: UNAM.
- Bergmann G. y Rainer D. (1973). The sensitivity of the transition temperature to changes in $\alpha^2F(\omega)$. *Z. Physik* 263, 59.
- Carbotte J. P. (1990). Properties of boson-exchange superconductors. *Rev. Mod. Phys.* 62, 1027.
- Chen X.J., Struzkin V.V., Yu Y., Goncharov A.F., Lin C.T., Kwang Mao H. y Hem-ley R.J. (2010). Enhancement of superconductivity by pressure-driven competition in electronic order. *Nature* 449, 95.
- Drozdov A. P., Eremets M. I., I. A. Troyan I. A., Ksenofontov V. y Shylin S. I. (2015). Conventional superconductivity at 203 Kelvin at high pressures in the sulfur hydride system. *Nature* 525, 73.
- Duan D., Liu Y., Tian F. Li D., Huang X., Zhao Z., Yu H., Liu B., Tian W. y Cui T. (2014). Pressure-induced metallization of dense $(H_2S)_2H_2$ with high- T_c superconductivity. *Scientific Reports* 4, 6968.
- Eliashberg G. M. (1960). Interactions between Electrons and Latti-

- ce Vibrations in a Superconductor. *Sov. Phys. JETP* 11, 696.
- Flores-Livas J. A., Sanna A. y Gross E. K. U. (2016). High temperature superconductivity in sulfur and selenium hydrides at high pressure. *Euro. Phys. J. B* 89, 63.
- González-Pedrerros G.I. (2018). Aplicación de un nuevo método para calcular la temperatura crítica superconductor bajo presión (Tesis doctoral). Cinvestav, Ciudad de México.
- González-Pedrerros G.I., Baquero R. (2018). Superconducting critical temperature under pressure. *Physica C: Superconductivity and its applications* 548, 132.
- Komelj M. y Krakauer H. (2015). Electron-phonon coupling and exchange-correlation effects in superconducting H₃S under high pressure. *Physical Review B* 92, 205125.
- Levy M. y Olsen J.L. (1964). Can pressure destroy superconductivity in aluminum? *Solid St. Commun.* 2, 137.
- Marsiglio F. y Carbotte J. (2008). *Electron - Phonon Superconductivity*, edited by Bennemann K. and Ketterson J., Vol. 1 Springer, Berlin.
- McMillian W. L. (1968). Transition Temperature of Strong-Coupled Superconductors. *Phys. Rev.* 167, 331.
- Mitrovic B. (2004). Functional derivatives of T_c for a two-band superconductor: application to MgB₂. *Eur. Phys. J. B.* 38, 451.
- Sano W., Koretsune T., Tadano T., Akashi R. y Arita R. (2016). Effect of Van Hove singularities on high-T_c superconductivity in H₃S. *Physical Review B* 93, 094525.
- Yao, Y. and Tse, J. S. (2018), Frontispiece: Superconducting Hydrogen Sulfide. *Chem. Eur. J.* 24, 1769.

REVISTA
ORINOQUIA
— CIENCIA Y SOCIEDAD —



Vol 3
2019

Unitropico
Investiga

Avances en Investigación: Unitrópico 2018

José A. Camargo Martínez¹, Jorge E. Chaparro M.²

Resumen

Los procesos de investigación en Unitrópico presentan un avance significativo desde 2014 a la fecha, lo que se puede validar con el número de investigadores, grupos de investigación categorizados y su respectiva producción científica. Dicho progreso le ha dado a Unitrópico la posibilidad de ser reconocida como una institución académica generadora de nuevo conocimiento con estándares internacionales, lo cual es resultado de la capacidad científica de sus investigadores y sus relaciones académicas externas. Internamente se ha logrado un apoyo importante con las convocatorias internas de investigación, las cuales con modestas inversiones económicas han logrado impulsar el desarrollo de actividades de investigación serias, consolidadas con la publicación de artículos en revistas indexadas internacionales. Presentamos en este documento las publicaciones científicas unitropistas del 2018 y un resumido informe sobre las convocatorias internas de investigación y sus resultados más importantes.

¹ Coordinador Técnico de la Investigación, Dirección de Investigación, Unitrópico

² Coordinador de Producción y Divulgación de la Investigación, Dirección de Investigación, Unitrópico

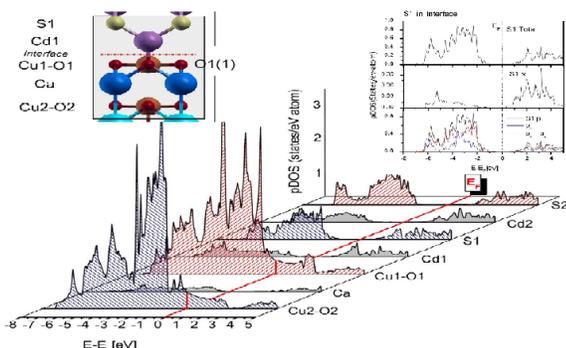
Publicaciones Científicas Unitrópico 2018

El volumen y calidad de la producción científica son variables fundamentales para el seguimiento de los avances y consolidación de los procesos investigativos en cualquier institución de educación superior. Uno de los objetivos de la Dirección de Investigación de Unitrópico ha sido el de fomentar y apoyar la escritura y publicación de documentos científicos de sus investigadores. Se presenta a continuación información de los artículos de investigación (4) y capítulos de libros (1) publicados en el 2018 por los investigadores de la Fundación Universitaria Unitrópico.

Artículos de investigación

Grupo de Investigación en Ciencias Básicas, Aplicación e Innovación - CIBAIN

1.) **Título:** A theoretical analysis of the CdS/Bi₂Sr₂Ca₂Cu₃O₁₀ interface.



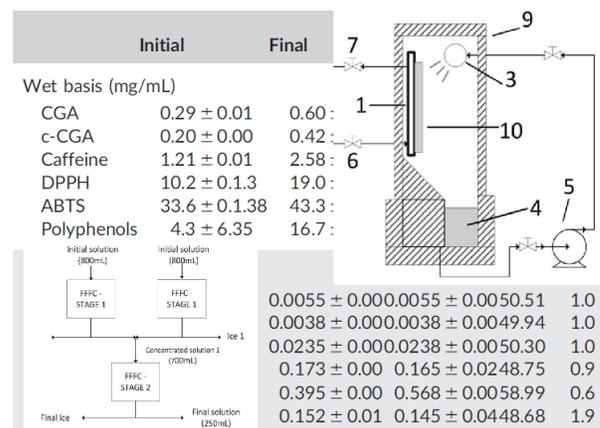
Imágenes tomadas de Camargo-Martínez *et al.* (2018).

Revista: Physica C: Superconductivity and its applications 553, 56–60 (2018).

Autor: José A. Camargo M.

Nivel revista: Q2/A2.

2.) **Título:** Effect of falling-film freeze concentration on bioactive compounds in aqueous coffee extract.



Imágenes tomadas de Correa *et al.* (2018).

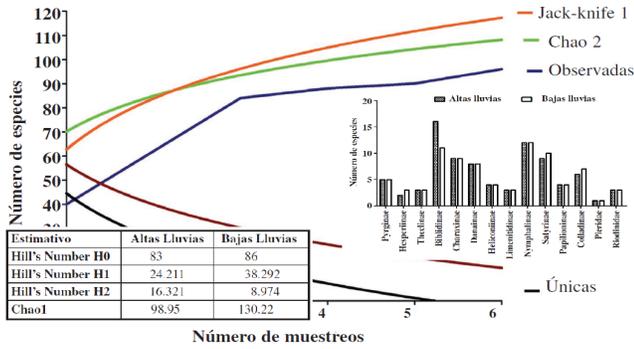
Revista: J. Food Process Eng., 41, e12606 (2018).

Autor: Lady J. Corre H.

Nivel revista: Q2/A2.

Grupo de Investigaciones Biológicas de la Orinoquia - GINBIO.

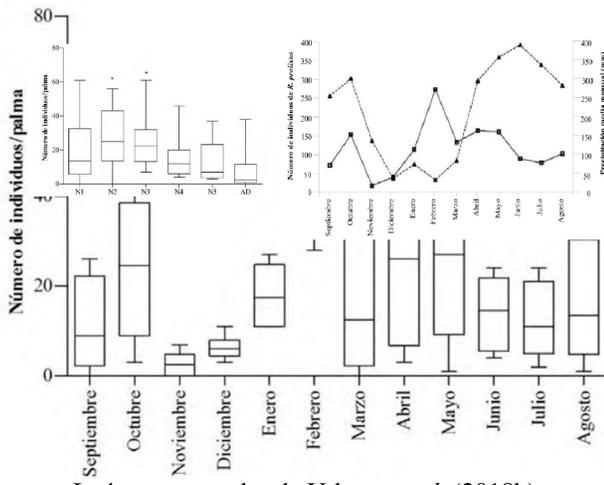
3.) **Título:** Variación temporal del ensamblaje de mariposas asociadas a la Cuenca de la Calabozza, Yopal, Casanare, Colombia (Lepidoptera: Papilionoidea).



Imágenes tomadas de Urbano *et al.* (2018a).

Revista: SHILAP Revista. lepid. 46(184), 533-550 (2018).
Autor: Plutarco M. Urbano T.
Nivel revista: Q4/C.

4.) **Título:** Variación poblacional de *Rhodnius prolixus* (Reduviidae: Triatominae) en *Attalea butyracea* (Arecaceae) en la Orinoquia colombiana.



Imágenes tomadas de Urbano *et al.* (2018b).

Revista: Revista Colombiana de Entomología 44 (2), 211-216 (2018).
Autor: Plutarco M. Urbano T.
Nivel revista: Q4/C.

Capítulo de libro

1.) Roa, L. y Téllez, K. (2018). Elementos para el desarrollo de estrategias didácticas en lectura crítica con estudiantes de

primer semestre de pregrado de la Fundación Universitaria Internacional del Trópico Americano – Descifrar lo indescifrable. En La práctica reflexiva: estrategias didácticas para el desarrollo de competencias (p.p. 95-109). Bogotá, Colombia: Universidad de la Salle. Facultad de Ciencias de la Educación.

Convocatorias internas de investigación

Objetivos

- Fortalecer las capacidades de los grupos de investigación de Unitrópico mediante el financiamiento a proyectos de investigación.
- Generación de propuestas semilla para la formulación de proyectos de investigación con viabilidad de participación en convocatorias externas.

Convocatoria interna de investigación N°1 de 2014

Inversión total: \$32'000.000.
 Número de proyectos financiados: Cuatro (4).

Proyecto N°1: Evaluación de la propagación en condiciones *in vitro* y de vivero de las especies guácimo (*guazuma ulmifolia lam.*) en el municipio de Yopal Casanare.

Grupo de Investigación: G5IAF

Investigador principal: Ing. Luis F. Moreno

Producto generado: Trabajo de grado Evaluación de la calidad de semilla en condiciones de vivero de la especie guácimo (*guazuma ulmifolia lam.*) en el municipio de Yopal Casanare.

Proyecto N°2: Estudio de los efectos del dopaje con Pb sobre las propiedades electrónicas del $Bi_2Sr_2Ca_2Cu_3O_{10}$.

Grupo de Investigación: CIBAIN

Investigador principal: José A. Camargo M.

Productos generados: Dos artículos en revistas indexadas internacionales Q2.

1.) Effects of Pb doping on structural and electronic properties of $Bi_2Sr_2Ca_2Cu_3O_{10}$. *Physica C: Superconductivity and its Applications* 521–522, 22-28 (2016).

2.) Structural and electronic properties of Pb-doped $Bi_2Sr_2Ca_2Cu_3O_{10}$: Comparison of LDA and GGA calculations. *Physica C: Superconductivity and its Applications* 535, 34-39 (2017).

Proyecto N°3: Ecoepidemiología de hemoparásitos de vertebrados.

Grupo de Investigación: GINBIO

Investigador principal: Oscar A. Rodríguez F.

Producto generado: Proyecto semilla del Proyecto Huella Galápa (financiación externa).

Proyecto N°4: Diseño metodológico para la caracterización de la pedagogía del saber ancestral de los cantos de trabajo de llano.

Grupo de Investigación: DIVERSOS-BIOHABITAT

Investigador principal: Hernán Riversa S.

Producto generado: Un artículo publicado en revista indexada internacional Q2.

Sobre los procesos de enseñanza-aprendizaje en el legado de los cantos de trabajo del llano, patrimonio cultural inmaterial de la Orinoquía. *Revista: Cultura, Lenguaje y Representación*, 21, 133–156 (2019).

Convocatoria interna de investigación N°2 de 2016

Inversión total: \$48'000.000.

Número de proyectos financiados: Cuatro (4).

Proyecto N°1: *Aprovechamiento térmico - catalítico de los residuos de cascarilla de arroz (oryza sativa) generados en el departamento de Casanare, para la preparación de nanomateriales sílicos.*

Grupo de Investigación: CIBAIN

Investigador principal: Dairo Díaz

Producto generado: Manuscrito en preparación para someter.

Proyecto N°2: *Laboratorio virtual mediante uso de TIC: Principios analíticos de movimiento armónico simple, caída libre y efectos gravitatorios sobre los cuerpos.*

Grupo de Investigación: TICTRÓPICO

Investigador principal: Jorge E. Chaparro M.

Productos generados: Un artículo sometido en revista indexada nacional B (Revista Scientia Et Technica). En proceso de REGISTRO DE SOFTWARE ante la Dirección Nacional de Derechos de Autor.

Proyecto N°3: *Lectura crítica de textos argumentativos con estudiantes de primer semestre de pregrado de la Fundación Universitaria Internacional Del Trópico Americano Unitrópico.*

Grupo de Investigación: EDUTRÓPICO

Investigador principal: Libardo Roa

Producto generado: Un capítulo de libro publicado en editorial académica nacional.

Roa, L. y Téllez, K. (2018). Elementos para el desarrollo de estrategias didácticas en lectura crítica con estudiantes de primer semestre de pregrado de la Fundación Universitaria Internacional del Trópico Americano – Descifrar lo indescifrable. En *La práctica reflexiva: estrategias didácticas para el desarrollo de competencias* (p.p. 95-109). Bogotá, Colombia: Universidad de la Salle. Facultad de Ciencias de la Educación.

Proyecto N°4: *Variación temporal de la comunidad de mariposas diurnas asociada a la cuenca de La Calabozza en el departamento de Casanare.*

Grupo de Investigación: GINBIO

Investigador principal: Plutarco M. Urbano T.

Productos generados: Dos artículos de investigación, uno en revistas indexadas internacionales Q4 y otro en Revista Orinoquía,

Ciencia y Sociedad (revista interna).

1.) Variación temporal del ensamblaje de mariposas asociadas a la Cuenca de la Calabozza, Yopal, Casanare, Colombia (Lepidoptera: Papilionoidea). *SHILAP Revista. lepid.*, 46(184), 533-550 (2018).

2.) Variación temporal de *Heliconius erato* (Nymphalidae: Heliconiinae) en la cuenca La Calabozza Yopal Casanare. *Revista Orinoquía, Ciencia y Sociedad* 3, 5-8 (2019).

Convocatoria interna de investigación N°3 de 2019

Inversión total: \$150'000.000.

Número de proyectos a financiar: Cuatro (4). Esta convocatoria está a la espera de la aprobación final de Rectoría y Consejo Superior.

Los proyectos a financiar serán:

- Estudio teórico de los efectos de la presión sobre algunas propiedades superconductoras del trihidruro de azufre usando el método de la Derivada Funcional. Investigador principal: José A. Camargo M. CIBAIN.
- Diversidad de invertebrados asociados a briófitos corticolas de la quebrada la calabozza, piedemonte llanero, Yopal, Casanare. Investigador principal: Alfredo Niño. GINBIO.
- Desarrollo de un software para simulación soportado por información agrometeorológica y de imágenes multiespectrales, tomadas a través de sistemas aéreos autónomos no tripulados. Investigador principal: Jorge E. Chaparro M. TICTRÓPICO.
- Zonificación de las áreas susceptibles a riesgo de inundación y socavación en el sector comprendido entre el corregimiento del morro y la vereda Sirivana, del municipio de Yopal, departamento de Casanare. Investigador principal: William Rojas. GEIICO.

Bibliografía

Camargo-Martínez J.A., González-Pedrerros G.I. y Baquero R. (2018). A theoretical analysis of the CdS/Bi₂Sr₂Ca₂Cu₃O₁₀ interface. *Physica C: Superconductivity and its applications* 553, 56–60.

Correa L. J., Ruiz R. Y. y Moreno F. L. (2018). Effect of falling-film freeze concentration on bioactivecompounds in aqueous coffee extract. *J. Food Process Eng.* 41, e12606.

Urbano P., Mahecha-J. O., Suárez E., Izquierdo V. y Díaz-S V. (2018a). Variación temporal del ensamblaje de mariposas asociadas a la Cuenca de la Calabozza, Yopal, Casanare, Colombia (Lepidoptera: Papilionoidea). *SHILAP Revta. lepid.* 46(184), 533-550.

Urbano P., Hincapié E., Angulo V. M., Esteban L. y Núñez-Avellaneda L. A.(2018b). Variación poblacional de *Rhodnius prolixus* (Reduviidae: Triatominae) en *Attalea butyracea* (Arecaceae) en la Orinoquía colombiana. *Revista Colombiana de Entomología* 44 (2), 211-216.



REVISTA

ORINOQUIA

— CIENCIA Y SOCIEDAD —



CONTÁCTANOS:

Coordinación de Producción y divulgación de Investigación
<http://revistaorinoquia.unitropico.edu.co/>
revistaorinoquia@unitropico.edu.co
Cra 19 N° 38 -40
Tel: (8) 632 07 16 - 320 231 49 22
Yopal, Casanare