

Preservación postcosecha de *Carica papaya L.* por recubrimiento con bioplástico desarrollado a partir de almidón, arcilla y ajo

Postharvest preservation of *Carica papaya L.* by coating with bioplastic developed from starch, clay and garlic.

Melissa Batista^{1*}, Maldonado Natasha¹, Yailin Moreno¹, Leticia Solís¹, Rosa Quintero², Jhonny Correa²,

¹ Licenciatura en Ingeniería en Alimentos², Grupo de Ciencia y Tecnología Innovadora de Alimentos (CYTIA) – Facultad de Ciencia y Tecnología – Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen La vida útil postcosecha de algunas frutas climatéricas como la papaya es relativamente corta y en los periodos de abundancia comercial de dicha fruta las cantidades que se pierden son de magnitudes lamentables. Esto ha motivado diversas investigaciones enfocadas en el desarrollo de estrategias que permitan extender el periodo de consumo de esta fruta. En este estudio se desarrolló bioplásticos a partir de almidón de papa modificados con arcilla y ajo. La capacidad de los bioplásticos elaborados para retardar la maduración natural de la papaya fue evaluada, resultando que las papayas recubiertas con los bioplásticos prototipos se maduraron más lentamente que las papayas sin recubrimiento, y la incorporación de ajo en el bioplástico mantuvo en mejor estado las papayas durante 16 días.

Palabras clave Almidón de papa, glicerina, bioplástico, arcilla, ajo, temperatura.

Abstract The postharvest lifespan of some climacteric fruits such as papaya is relatively short and in the periods of commercial abundance of this fruit the quantities that are lost are of regrettable magnitudes. This has motivated diverse investigations focused on the development of strategies that allow extending the period of consumption of this fruit. In this study, bioplastics were developed from potato starch modified with clay and garlic. The capacity of the bioplastics elaborated to retard the natural maturation of the papaya was evaluated, resulting that the papayas covered with the bioplastics prototypes matured more slowly than the uncoated papayas, and the incorporation of garlic in the bioplastic maintained the papayas in a better state for 16 days.

Keywords Potato starch, glycerin, bioplastic, clay, garlic, temperature.

* Corresponding authors: melissamakely26@gmail.com

1. Introducción

Estudios internacionales han estimado que del 30 al 50% de los alimentos producidos en el planeta se pierden sin ser consumidos. Las razones por las pérdidas varían según el nivel de desarrollo tecnológico de los países, los tipos de alimentos y otros factores [1]. En Panamá se ha estimado que la pérdida de frutas y hortalizas en el mercado de abastos es de 30 toneladas diarias, mientras que la pérdida mensual ronda las 900 toneladas [2]. Entre las frutas susceptibles a las pérdidas se encuentra la papaya, la cual debido a su rápida maduración natural conduce a un corto periodo para la comercialización en el que además es susceptible a varios agentes parasíticos entre las que destaca el daño ocasionado por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* responsable de la enfermedad de la papaya conocida como antracnosis [3, 4].

El aumento de la vida útil y mantener de la calidad de frutas frescas ha sido objeto de estudios por muchos años. La aplicación de recubrimientos comestibles a frutas ha mostrado reducir el paso del oxígeno requerido para la respiración y así el proceso de maduración ocurre más lentamente. Adicionalmente, la capa del recubrimiento disminuye la pérdida de agua al actuar como una barrera moderada en la que se pueden incorporar agentes antimicrobianos o antioxidantes [5].

La incorporación de arcilla a películas biodegradables basadas en quitosano ha demostrado disminuir la permeabilidad de gases como el agua y el oxígeno [6]. La utilización de arcilla en elaboración de película a base de almidón de yuca influye en el grado de permeabilidad de los gases [7].

Mientras que el ajo ha sido ampliamente investigado por su actividad bactericida con buenos resultados [8, 9], su actividad fungicida ha sido pobre. Esto quizás se debe a que las investigaciones conducidas se han enfocado mayormente en organismos patógenos hacia los humanos, de los que solo ciertas especies han mostrado susceptibilidad.

En este estudio se evaluó el potencial de bioplásticos elaborados a partir de almidón de papa, arcilla y ajo sobre la preservación de papayas al ser aplicados en forma de recubrimiento sobre las mismas por 16 días.

2. Materiales y métodos

2.1 Materia prima

Se obtuvo el ajo y los frutos de papaya completamente desarrollados del Supermercado Rey, ubicado en el Centro Comercial El Dorado, donde se habían mantenido almacenados por dos días. La arcilla modificada, montmorillonita conocida comercialmente como (Cloisite®Na+) fue obtenida de Southern Clay Products Inc. (Texas, USA), el almidón de papa fue suministrado por cortesía del Grupo de Ciencia y Tecnología de los Alimentos de la Universidad Tecnológica de Panamá.

2.2 Elaboración de bioplásticos y recubrimientos de frutas

Las formulaciones de los bioplásticos, objeto de estudio, se indican en la tabla 1. Para su preparación, el agua fue calentada hasta obtener una temperatura entre 70 y 90°C, luego se agregó el almidón poco a poco hasta su total solubilización y posteriormente se adicionaron los demás componentes. Las mezclas se dejaron enfriar hasta que alcanzaran la temperatura ambiente y se procedió a sumergir las papayas (previamente pesadas en una balanza de precisión electrónica PCE-WS 30) en cada mezcla respectivamente. Las papayas recubiertas se dejaron secar por 48 horas y los resultados fueron observados durante 16 días.

Tabla 1. Composición de los bioplásticos elaborados

Bioplástico	Almidón (g)	Glicerina (mL)	Agua (mL)	Arcilla (g)	Ajo (g)
Control	0	0	100	0	0
Simple	5	5	95	0	0
Arcilla	5	5	95	0.2632	0
Arcilla y Ajo	5	5	95	0.2632	0.2632

2.3 Determinación de cambios físicos en las papayas recubiertas con bioplásticos

Las papayas recubiertas se mantuvieron a una temperatura de 20.7 °C ± 0.3 °C y una humedad de 67.0% ± 4.7 %. Para la determinación de la pérdida de peso, cada una de las frutas

recubiertas fue pesada en una balanza de precisión electrónica PCE-WS 30. Las mismas fueron pesadas al inicio y al final del periodo de almacenamiento. Durante el periodo de almacenamiento se dio seguimiento a variaciones típicas de la cáscara indicativas de la calidad de los frutos como: aparición de coloración amarilla-naranja, hundimiento en el área de la cáscara, aparición de manchas chocolates y crecimiento microbiano. Estas observaciones se documentaron mediante fotografías.

3. Resultados y discusión

El recubrimiento de las papayas con bioplásticos demostró disminuir su maduración, lo que se ilustra en la figura 1. Resultados similares se han logrado con diferentes bioplásticos [5], [10]. Al tercer día las papayas sin recubrimiento (control) mostraron diferencias con respecto a las recubiertas; las primeras habían desarrollado una coloración amarilla, indicativa de un avance normal en el grado de maduración, mientras que las papayas recubiertas se mantenían más verdes.

El proceso de maduración de las papayas sin recubrimiento alcanzó su estado máximo para consumo a los nueve días, a partir de los cuales se apreció un marcado crecimiento microbiano, haciendo estas papayas no recomendables para consumo a partir del día diez de almacenamiento. En contraste, en las papayas recubiertas con bioplásticos no se apreciaba desarrollo de coloración amarilla ni crecimiento microbiano.

No obstante, las cáscaras de las papayas recubiertas con bioplástico simple y con arcilla cambiaron de tener una apariencia lisa y uniforme a una rugosa y con hundimientos en algunas áreas; esta observación se hizo más notoria a partir del día 12. El comportamiento descrito en la observación anterior no fue observado en las papayas recubiertas con la formulación del bioplástico que incluye ajo. Esto sugiere que la rugosidad y el hundimiento en la superficie de las papayas están asociados a la degradación causada por microorganismos, la cual es reducida por la actividad antimicrobiana del ajo [8, 9].

En el día 16 las frutas fueron cortadas e inspeccionadas en la parte interior (figura 2). Las papayas recubiertas con bioplástico simple (figura 2a) y con arcilla (figura 2b) presentaban acumulación de agua y mal olor, evidencias características de descomposición de la materia orgánica. A diferencia de las papayas recubiertas con bioplástico que incluye ajo se conservaron sin degradación en su interior (figura 2c), lo que concuerda con lo observado en el exterior de las frutas correspondientes a los 16 días (figura 1).

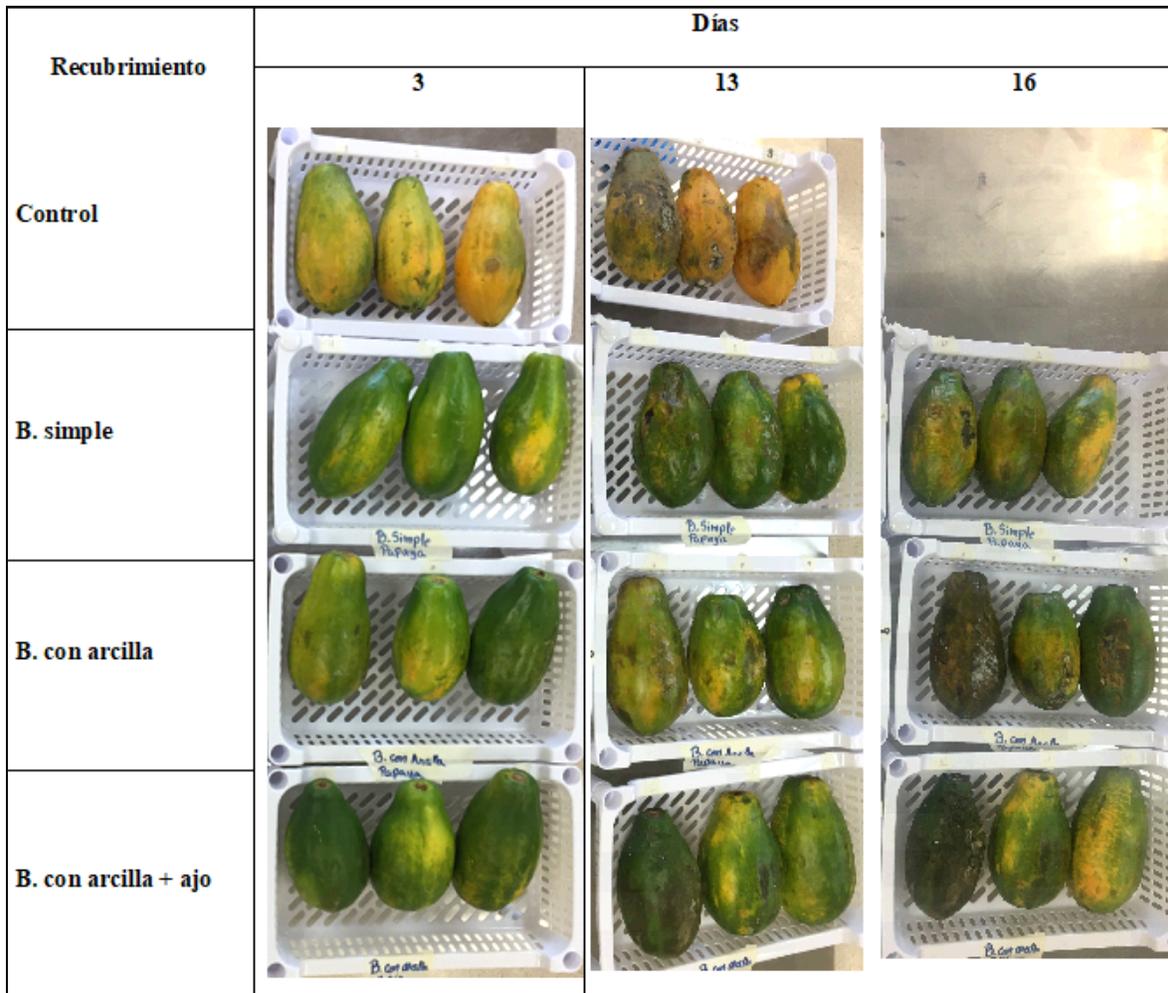


Figura 1. Seguimiento del efecto del recubrimiento con bioplástico sobre la maduración de papayas.

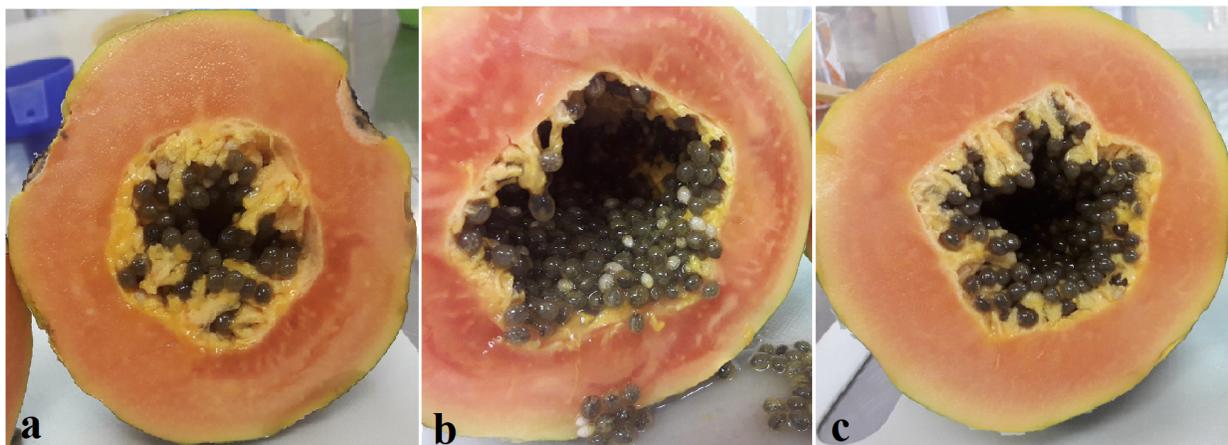


Figura 2. Apariencia del interior de ejemplares de las papayas recubiertas con bioplástico simple (a), con arcilla (b) y con arcilla y ajo (c).

La reducción de peso observada en las papayas recubiertas con bioplástico muestra que el bioplástico elaborado evitó la transferencia de masa desde el interior de la fruta hacia el exterior (figura 3). Esto sugiere que el retardo en la maduración se debe a la inhibición de la respiración debido a que el bioplástico actuó como barrera para penetración del oxígeno. Esto está de acuerdo con las observaciones reportadas en la literatura [5, 10] y es indicativo de que la descomposición de la materia orgánica en el interior de las papayas evidenciada en los ejemplares recubiertos por las formulaciones de bioplástico sin ajo, descrito arriba, se debe a fermentación anaeróbica.

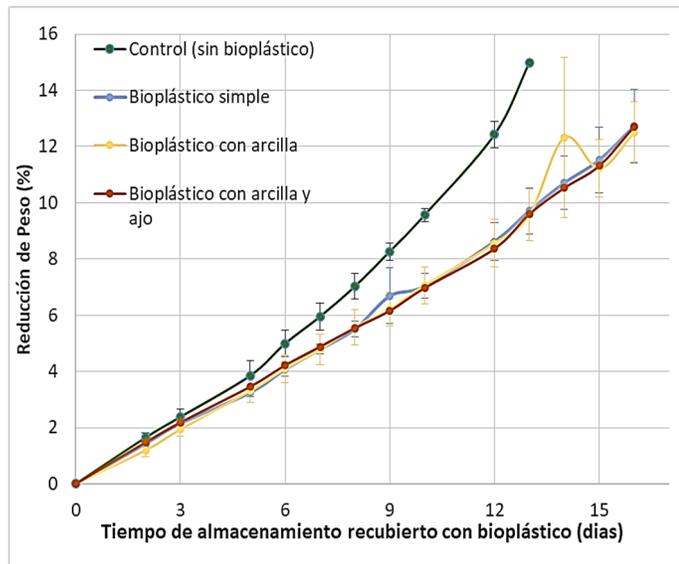


Figura 3. Pérdida de peso registrada para las papayas. Las barras de error muestran la desviación estándar del promedio de mediciones a tres frutos distintos.

Considerando que no hay diferencia apreciable entre la reducción de peso de las papayas recubiertas con bioplásticos simples o con arcilla (figura 3), concluimos que la incorporación de arcilla, en la concentración utilizada en la formulación de bioplástico, no proporcionan un beneficio en cuanto a la permeabilidad de gases. El uso de arcilla en bioplásticos no ha sido ampliamente estudiado para recubrimiento de frutas [7].

4. Conclusión

La utilización de bioplástico a base de almidón de papa como recubrimiento de papaya disminuye el tiempo para alcanzar la maduración y una reducción en la pérdida de peso. La incorporación de arcilla a la formulación de bioplástico no aportó beneficios a la preservación de papayas, por el contrario, favoreció la degradación en su interior. Esto no se observó cuando la formulación incluyó adicionalmente ajo, por

lo que el ajo es un conveniente agente antimicrobiano para la preservación de papaya.

AGRADECIMIENTO

Los autores le agradecen al Lic. Alejandrino Sevillano y al departamento de química de la Universidad Tecnológica de Panamá, por su apoyo en la recolección de datos, en el desarrollo de proyectos de investigación e innovación.

REFERENCIAS

- [1] Porat, R., Lichter, A., Terry, L., Harker, R., & Buzby, J. (2018). Postharvest losses of fruit and vegetables during retail and in consumers' homes: Quantifications, causes, and means of prevention. *Postharvest Biology and Technology*(139), 135-149.
- [2] Tejera, A. (2017, Ago 20). Frutas, vegetales y hortalizas terminan tirados en la basura. La Prensa. Retrieved septiembre 13, 2018, from [https://impresa.prensa.com/panorama/Frutas vegetales-hortalizas-terminan-tirados_0_4829517056.htm](https://impresa.prensa.com/panorama/Frutas_vegetales-hortalizas-terminan-tirados_0_4829517056.htm).
- [3] Paull, R., Nishijima, W., & Reyes, M. a. (1997). Postharvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya* L.). *Postharvest Biology and Technology*(11), 165-179.
- [4] Maqbool, M., Ali, A., Alderson, P. G., Muda Mahamed, Y. S., & Zahid, N. (2011). Postharvest application of gum arabic and essential oils for controlling anthracnose and quality of banana and papaya during cold storage. *Postharvest Biology and Technology*(62), 71-76.
- [5] Chander Mahajan, B. V., Tandon, R., & Kapoor, S. a. (2018). Natural Coatings for shelf-life enhancement and quality maintenance of fresh fruits and vegetables. *Journal of Postharvest Technology*, 1(06), 12-26.
- [6] Garde, G. (2014). Efecto de la adición, tipo y concentración de nanoarcilla sobre las propiedades mecánicas y de barrera de películas biodegradables basadas en quitosano. *Uztaila: Universidad Pública de Navarra*. Retrieved from http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/12224/Gaizka%20_Garde%20%20TyC%20-IAA.pdf?sequence=1
- [7] Leal Oliveira, V. R., Noberto Xavier, T. D., Oliveira Araújo, N., Lima Almeida, J. G., Mendes Aroucha, E. M., Gomes Santos, F. K., & de Lima Leite, R. H. (2017). Evaluation of Biopolymeric Films of Cassava Starch with Incorporation of Clay Modified By Ionic Exchange and its Application as a Coating in a Fruit. *Materials Research*, 2(20), 758-766.
- [8] Pranoto, Y., & Salokhe, V. a. (2005). Physical and antibacterial properties of alginate-based edible film incorporated with garlic oil. *Food Research International*(38), 267-272.
- [9] Gaitán, I., Paz, A., Zacchino, S., Tamayo, G., Giménez, A., & Pinzón, R. C. (2011). Subcutaneous antifungal screening of Latin American Plant extracts against *Sporothrix schenckii* and *Fonsecaea pedrosoi*. *Pharmaceutical Biology*, 9(49), 907-919.

- [10] Ali, A., Muda Muhammad, T., & Sijam, K. y. (2011). Effect of chitosan coating on the physicochemical characteristics of Eksotika II papaya (*Carica papaya* L.) fruit during cold storage. *Food Chemistry*(124), 620-626. Retrieved from Effect of chitosan coatings on the physicochemical characteristics of.

Cobertura y estado de los arrecifes de coral e ictiofauna asociada en Playa Cacique e Isla Mamey, Portobelo, Colón

Coverage and status of coral reefs and ichthyofauna associated in Cacique beach and Mamey island, Portobelo, Colón

Ramón Guerra ^{1*}, Aramis Aparicio¹, Benjamín Espinosa¹, José Julio Casas ¹
¹ Facultad de Ciencias del Mar_Universidad Marítima Internacional de Panamá

Resumen Los arrecifes de coral son comunidades de protección de la zona costera y alimentación de muchas especies. Es importante evaluar el estado de estos, para así poder proteger y mantener la salud de los ecosistemas tan importantes. Este trabajo se realizó en Playa Cacique e Isla Mamey en Colón (Caribe Panameño), en dos localidades con actividades humanas diferentes. Se realizaron dos salidas al campo con cuatro días de campo con 12 horas en total. En cada estación se establecieron transectos al azar de 10 m de largo perpendiculares a la costa. Los resultados arrojaron buenos porcentajes de coral vivo para ambas áreas de estudio, hubo una diversidad de 14 especies de corales, siendo la familia *Faviidae* la más diversa. En comparación realizada se notó un 41% de coral vivo en la estación de Mamey, pero Cacique posee más vegetación. Además, Cacique posee 13 de las 14 especies de corales. Los arrecifes, en su mayoría estaban representados por corales fuego en los transectos tres y cuatro de Cacique y uno y dos de Mamey, representadas por aguas someras. Además, el transecto cuatro de Mamey y uno de Cacique presentaron mayor diversidad de especies de corales. En cuanto a la abundancia y diversidad de ictiofauna asociada, no presentó una diferencia significativa entre las dos áreas de estudio, presentando una diversidad de 21 especies y 11 familias, siendo *Halichoeres pictus* la especie más común, y *Labridae* la familia más diversa. Realizamos el índice de Simpson para la diversidad de peces en las dos áreas de estudio, dando como resultado: Playa Cacique (0.745) e Isla Mamey (0.812), y la varianza fue de 1.01, teniendo Mamey la mayor diversidad de especies de peces. Como conclusiones, las especies de Coral de fuego se presentan y colonizan las aguas someras de Playa Cacique e Isla Mamey, y esta última zona presentó una alta diversidad de especies de coral, pero los corales de Cacique se mantienen en mejor estado, al tener un ecosistema de manglares que mitiga el sedimento hacia los corales. La especie *Halichoeres pictus* se presentó en la mayoría de los transectos, debido a su adaptación a aguas con fuertes oleajes. Se debe hacer un esfuerzo para mitigar las actividades antropogénicas de estas dos localidades y aumentar el estudio de los corales y peces asociados en el área.

Palabras clave Arrecifes de coral, peces de arrecife, monitoreo de arrecifes.

Abstract Coral reefs are communities of protection of the coastal zone and feeding of many species. It is important to evaluate the state of coral reefs, in order to protect and maintain the health of these important ecosystems. This work was carried out in Playa Cacique and Isla Mamey in Colón (Caribbean coast of Panama), in two locations with different human activities. Two field trips were made with four field days with a total of 12 hours. At each station, 10-meter-long random transects were established perpendicular to the coast. The results yielded good percentages of live coral for both study areas, there was a diversity of 14 coral species and *Faviidae* being the most diverse family, and a comparison made 41% of live coral was noticed in the Mamey station, but Cacique has more vegetation, and Cacique has 13 of the 14 coral species. The reefs were mostly represented by fire corals in transects three and four in Cacique and transects one and two in Mamey, represented by shallow water. In addition, transect four in Mamey and one in Cacique presented a greater diversity of coral species. Regarding the abundance and diversity of associated ichthyofauna, there was no significant difference between the two study areas, presenting a diversity of 21 species and 11 families, *Halichoeres pictus* being the most common species, and *Labridae* the most diverse family. We performed the Simpson Index for fish diversity in the two study areas, resulting in: Cacique Beach (0.745) and Mamey Island (0.812), and the variance was 1.01, with Mamey having the greatest diversity of fish species. As conclusions, the Fire Coral species are presented and colonize the shallow waters of Cacique Beach and Mamey Island, and this last area presented a high diversity of coral species. However, Cacique corals are maintained in a better state, having a Mangrove ecosystem that mitigates sediment towards corals. The *Halichoeres pictus* species was present in most of the transects, due to its adaptation to waters with strong waves. An effort must be made to mitigate the anthropogenic activities of these two localities and to increase research on corals and associated fish in the area.

Keywords Coral reefs, reef fish, reef monitoring.

* Corresponding authors: ramonestebanguerra@gmail.com

1. Introducción

Los arrecifes coralinos son comunidades complejas construidas por el crecimiento constante de corales, algas coralinas incrustantes, y otros organismos calcáreos, habitados por cerca del 25% de todas las especies marinas [1]. Estos ecosistemas son hábitats importantes en la zona costera tropical, donde forman barreras paralelas que protegen la costa [2]. Estas comunidades originan estructuras sólidas resistentes al oleaje y tormentas [3-6]. Además, son áreas de pesquerías de subsistencia en el Mar Caribe y Océano Pacífico, con un alto valor económico, cultural y recreacional [7-10].

Los corales pueden ser de dos tipos, *ahermatípicos* (blandos) y *hermatípicos* (duros), estos últimos también llamados *escleractínidos* son los mayores formadores de arrecifes, además, poseen algas simbióticas llamadas *zooxantelas* que al desaparecer ocasionan el blanqueamiento del coral [11]. La expulsión de las *zooxantelas* ocurre cuando el coral se encuentra bajo algún tipo de presión ambiental [12], por ejemplo, presencia de agua dulce en un arrecife [13], temperatura alta [14], o cuando están expuestos a ataques de patógenos que blanquean los corales [15-20], disminuyendo así la diversidad y abundancia a nivel global [21]. Los arrecifes más cercanos a la costa son los más vulnerables [22] ante perturbaciones por: tránsito marítimo, contaminación, sobrepesca y turismo [23]. También el incremento de las tasas de sedimento y nutrientes provenientes de la agricultura [24-25] han sido las causas principales de esta degradación mundial [2].

Según diferentes autores [26, 27], la riqueza de organismos del arrecife de coral es comparable con la del bosque tropical lluvioso; por lo que se consideran entre los ecosistemas más productivos y diversos de la tierra [9]. Los peces de los arrecifes de coral son las comunidades más diversas de vertebrados en la tierra [28] y su distribución espacio-temporal está influenciada por una combinación de complejos biológicos y factores físicos. Estos factores incluyen el suministro de larvas [29], la competencia [30-31], la exposición a las olas [32], la profundidad [33] y la complejidad del hábitat [34].

Los peces de arrecife, como depredadores o herbívoros, juegan un papel importante en la dinámica de las comunidades arrecifales, a través de sus interacciones con los corales, algas, otros herbívoros y otros depredadores [35]. La ruptura en el equilibrio de las poblaciones de herbívoros de arrecife puede disminuir la cobertura de coral y aumentar la abundancia de algas [36], [37]. Debido a esta importancia, los peces son a menudo un foco de monitoreo y programas de gestión para evaluar la condición de las comunidades de arrecifes [38]. Históricamente los peces de arrecife de coral han sido difíciles

de estudiar, en parte, porque las especies a menudo tienen diferentes requerimientos de hábitat [39], patrones de vida [40] y regímenes alimenticios [41].

Los primeros estudios de comunidades coralinas en ambas costas de Panamá se realizaron a comienzos de la década de los setenta [42-44]. Se ha concluido que las interacciones entre las dos vertientes del país provocan unos efectos adversos para las comunidades *arrecifales* cercanas a la cuenca del Canal de Panamá, impulsado más investigaciones para monitorear el estado, ya que la información de la época era muy escasa [45]. Estudios más recientes han revelado nuevas especies de coral para ambas costas de Panamá, algunas de estas representadas en una sola población de pocos individuos [46-49] y [9]. En el Caribe panameño se encuentran 64 especies de corales *escleractínidos* e *hidrocorales* [50].

Los arrecifes de coral proveen bienes y servicios ecosistémicos para el turismo, la pesca y la protección del litoral. Cerca del 60 % de las zonas de arrecife coralino se sitúan en países en desarrollo, en los que cerca de seis millones de personas dependen enormemente de los servicios que prestan estos ecosistemas. Se ha estimado el valor económico global de los arrecifes de coral en hasta 375 mil millones de dólares por año [51].

Panamá cuenta con diferentes normativas para la conservación y uso de estos ecosistemas como es la ley N° 14 del 28 de octubre de 1977, que aprobó la convención sobre el comercio internacional y especies amenazadas de fauna y flora silvestre (CITES). Dentro de este convenio, en el apéndice II se encuentran el orden de los *escleractínidos* y la familia *milleporidae*. Esta también se apoya en la resolución J.D. 033 de 28 de septiembre de 1993 (G.O. 22430 de 10/12/93), que prohíbe la extracción y exportación de todas las especies de corales a nivel nacional con fines comerciales, ya sea vivas o muertas, con excepción de las obtenidas con fines científicos previo permiso de la autoridad [52]. Otra ley de importancia es la ley N° 32 del 9 de febrero de 1996, que estipula en el artículo N°1 que los arrecifes de corales y los corales se vuelven inadjudicables, a excepción de los corales muertos. El uso de estos ecosistemas se regula mediante la Ley 2 de 7 de enero de 2006, que regula las concesiones para la inversión turística y la enajenación de territorio insular para fines de su aprovechamiento turístico y dicta otras disposiciones. Esta ley establece dentro de su ámbito disposiciones protectoras de estos ecosistemas; en su artículo 32, queda prohibida la construcción sobre las formaciones de coral, así como cualquier actividad que produzca su muerte, blanqueo o la destrucción de los ecosistemas de los que son parte. La gestión de los recursos marino-costeros será regulada a través de disposiciones que para este fin realice la Autoridad Marítima

de Panamá en coordinación con la Autoridad Nacional del Ambiente.

También los peces que habitan estos ecosistemas están amparados por el decreto Ejecutivo 29 de 24 de junio de 1994 (G.O. 22576 de 11/07/94), que prohíbe la captura y exportación de peces asociados con áreas coralinas en la Zona Económica Exclusiva de Pesca de Panamá, en el Océano Pacífico y en el Océano Atlántico [52].

El objetivo general de esta investigación fue determinar el estado de los arrecifes de coral y su ictiofauna asociada, en Playa Cacique e Isla Mamey, ya que estos son el principal ingreso económico de estas áreas.

2. Metodología

2.1 Área de estudio

El estudio fue realizado en Cacique (9° 37' 0.12" N, 79° 37' 0.12" W) un corregimiento con una superficie del territorio de 11.4 km² [53]; que limita al Norte y al Oeste con el Mar Caribe, al Sur con el corregimiento de Portobelo (cabecera) y al Este con el corregimiento de Garrote e Isla Mamey (9°37'00.0"N 79°36'00.0"W) que forma parte del corregimiento de Garrote, ambas pertenecientes al distrito de Portobelo.



Figura 1. Mapa del área de estudio con los transectos realizados marcados en azul.

Ambas zonas se encuentran dentro de la jurisdicción del Parque Nacional Portobelo creado mediante el Decreto 91 del 22 de diciembre de 1976. La zona marina del parque abarca 8 mil 37 hectáreas (22.37%) de sus 35,929 hectáreas de extensión; posee hermosos arrecifes coralinos, los cuales se desarrollan en forma de parches a lo largo de 250 kilómetros de las costas e islas [54].

Cacique, posee una población de 273 personas con una densidad de 23.9 habitantes por km² [55]. La principal actividad de la zona es la agricultura de subsistencia, principalmente granos, tubérculos y frutos. Adicionalmente, realizan actividades extractivas, de interés pesquero, madera

para leña y construcción, plantas y cueros para la producción de artesanías e instrumentos musicales, así como también realizan pesca artesanal [56]. Por su parte, Mamey es una Isla deshabitada, donde se desarrollan actividades recreativas [57].

En estas zonas el clima es tropical, las temperaturas tienen promedio de 32°C de día y 23°C de noche [58]. Las precipitaciones son mucho más abundantes en temporada seca que en lluviosa, con una media anual de pluviosidad de 3553mm [59]. Según las zonas de vida de Holdridge [60], esta área presenta un bioma de tipo bosque húmedo. En relación con las características geológicas, Portobelo y sus alrededores se caracterizan por rocas de origen volcánico muy cizalladas y fracturadas, las cuales se clasifican como tobas y lavas andesíticas y basálticas. Presenta fuerte acción tectónica, y por la actividad sísmica reciente, se cree que tal vez está en un área tectónica regional y posiblemente es una zona de subducción.

La topografía es irregular con predominancia de lomas y cerros con pendientes mayores de 45° [57].

2.2 Materiales y métodos

Se realizaron dos salidas al campo, utilizando la metodología de AGRRA adaptada a las condiciones que se presentaban en el área de estudio. Definimos las dos estaciones: Playa Cacique (TC) e Isla Mamey (TM). Cada estación fue dividida al azar en cuatro transectos de siete metros de largo por uno de ancho, perpendiculares a la costa, los cuales se midieron con una cinta métrica. Se tomaron las coordenadas de cada transecto con un GPS Garmin, luego se introdujeron en la aplicación Garmin para luego trasladarlas a Google Earth para georeferenciar los transectos.

2.2.1 Cobertura de los arrecifes

Ya establecidos los transectos, se utilizó una cuadrícula de 1m² para calcular la cobertura, en porcentajes, de los arrecifes. Esto se hizo gracias a que las cuadrículas están divididas por dentro con unos hilos de nylon. La cobertura se calculó usando los cuadros dentro de la cuadrícula, viendo que la cantidad de cuadros llenos por esta; se clasificó la cobertura en: CV (coral vivo), CM (coral muerto), A (algas), AI (alga incrustante), HM (hierba marina) y D (roca viva). Se registraron en una tabla los porcentajes de cobertura de cada cuadrícula por transecto (siete cuadrículas por transecto), para luego promediarlas y así calcular la cobertura por transecto. Para calcular la cobertura de cada estación, se promediaron los transectos. Como hicimos dos salidas, se promediaron los resultados de cada una para tener una media en la cobertura.

2.2.2 Estado de los arrecifes

Se observó el estado en que se encontraban, clasificándolos en: S (sano) cuando el coral no presentaba ninguna afectación, E (enfermo) cuando presentaba un sobrecrecimiento de algas y/o una enfermedad como puede ser las bandas (negra, blanca,

etc.), B (blanqueamiento) cuando presentaba un blanqueamiento parcial o total y R (roto) cuando presentaba un daño en su morfología. Para determinar el estado de cada transecto se promedió el porcentaje.

2.2.3 Abundancia y diversidad de corales

Se identificaron las diferentes especies de coral presentes en los transectos usando la técnica de foto-identificación, con una cámara Canon Powershot D30, y con la ayuda de sitio web Coralpedia [61]. Se determinó el transecto más diverso (el que más especies presentaba por estación), como también la familia más abundante (la que se encontraba en mayor cantidad).

2.2.4 Abundancia y diversidad de peces

Paralelo al monitoreo de los Corales, realizamos el monitoreo de la ictiofauna asociada al arrecife. Para la identificación de las especies se tomaron fotografías *in situ*, que fueron revisadas en los laboratorios de UMIP, con el App Peces: Gran Caribe [62]. Para calcular la diversidad de especies se utilizó el índice de Simpson que indica el nivel de biodiversidad en cada estación, luego se calculó la varianza para comparar las estaciones. Es importante mencionar que en ninguna de las giras se extrajeron organismos de ninguna especie.

3. Resultados

Cada estación constó de cuatro transectos escogidos al azar.

El primer monitoreo se realizó con condiciones poco óptimas, ya que la marea estaba más baja de lo usual, dejando al descubierto muchos corales. También se presentó una turbiedad inusual en el área. Para el segundo monitoreo se presentó un oleaje fuerte lo que impidió poder realizar el transecto 2 en Isla Mamey. Se muestró un total de 56m² de superficie entre los ocho transectos, en promedio se trabajaron tres horas por salida, con un total de 12 horas efectivas de muestreo para todo el proyecto.

3.1 Cobertura de los arrecifes

Los porcentajes de cobertura de los arrecifes en Playa Cacique estuvo distribuida en su mayoría en: coral vivo (29%), roca viva (28%) y algas (27%). El transecto con mayor porcentaje de cobertura de coral vivo en Cacique fue el segundo, en Mamey el cuarto. Playa Cacique e Isla Mamey poseen praderas marinas, las cuales contribuyen a mitigar la sedimentación en los arrecifes coralinos. Solo se encuentran manglares en Playa Cacique. Los transectos TC1, TC2 y TM4 fueron los únicos con profundidades mayores a cinco pies, los demás solo llegaban a un máximo de dos pies. A diferencia de Playa Cacique, en Isla Mamey no se encontraron hierbas marinas en los transectos realizados.

Tabla 1. Cobertura de arrecife de coral en los transectos de Playa Cacique e Isla Mamey

Transecto	CV	CM	A	AI	HM	D
TC1	18	0	34	5	17	26
TC2	46	0	20	11	0	23
TC3	27	2	13	16	1	41
TC4	25	0	43	9	1	23
TM1	44	0	14	11	0	31
TM2	34	0	29	9	0	28
TM3	37	0	6	14	0	43
TM4	48	0	10	10	0	32

Las siglas representan: TC (transecto de Cacique), TM (transecto de Mamey), CV (coral vivo), CM (coral muerto), A (algas), AI (alga incrustante), HM (hierba marina) y D (roca viva).

En esta comparación de las dos estaciones Playa Cacique e Isla Mamey (ver figura 2); se puede notar que en Mamey predominó en la cobertura de coral vivo con un promedio de 41%, pero cacique posee una mayor cobertura de vegetación (algas y hierbas marinas) que Isla Mamey, a su vez, podemos observar que las algas incrustantes de ambas estaciones están en un porcentaje similar.

■ CV ■ CM ■ A ■ AI ■ HM ■ D

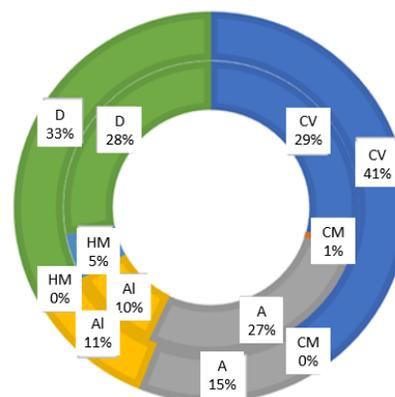


Figura 2. Gráfica comparativa de la cobertura de los arrecifes presente en las estaciones. El círculo interior representa a Playa Cacique y el externo a Isla Mamey.

3.2 Estado de los arrecifes

A pesar de que Cacique presenta un mayor porcentaje de cobertura de coral vivo, estos presentan un alto grado de afectación. Los resultados indican que los últimos transectos, obtuvieron un mejor porcentaje en su estado. Isla Mamey presentó una cantidad reconocida de blanqueamiento de coral, en cambio, en los corales rotos hubo un mínimo porcentaje en TM3, con 14%. En Isla Mamey, los corales presentaban mayor sobre crecimiento de algas.

Tabla 2. Estado de los arrecifes de coral en los transectos de Playa Cacique e Isla Mamey

Transecto	S	E	B	R
TC1	25	50	0	25
TC2	29	43	14	14
TC3	72	14	0	14
TC4	72	28	0	0
TM1	72	28	0	0
TM2	29	57	14	0
TM3	0	72	14	14
TM4	43	57	0	0

Las siglas representan: TC (transecto de Cacique), TM (transecto de Mamey), S (sano), E (enfermo), B (blanqueamiento) y R (roto).

Los resultados indican que Mamey posee un peor estado de conservación comparado con Cacique, donde el porcentaje de coral enfermo supera el 50%. En Cacique el 50% de los corales están sanos. Sin embargo, aproximadamente el 13% están rotos. Se observó un bajo porcentaje de blanqueamiento en las estaciones, solo se reporta un 10% de corales blanqueados para ambos sitios ver figura 3.

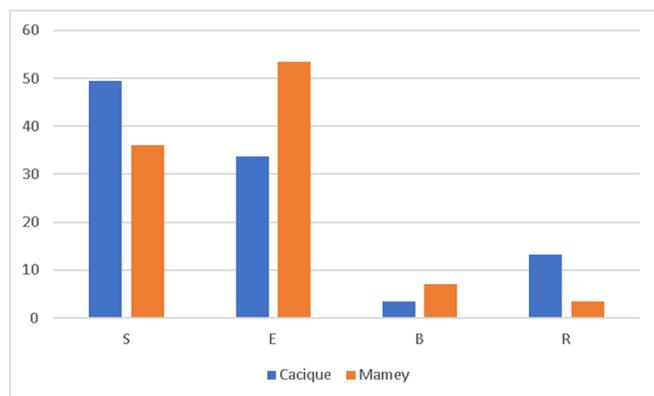


Figura 3. Gráfica comparativa del estado de las estaciones.

3.3 Abundancia y diversidad de corales

Se encontraron un total de 12 corales *escleractínidos* y dos *hidrocorales*, siendo estos últimos los más abundantes. El transecto que presentó mayor diversidad de especies fue el TC1 con siete de las 14 especies encontradas, seguido del TM4 con seis especies. Solo se encontró un transecto mono-específico, el TM1. El coral cuerno de alce (*Acropora palmata*) solo se encontró en Isla Mamey. Cacique posee 13 de las 14 especies de corales, en cambio, Mamey solo cuenta con nueve.

Tabla 3. Diversidad y abundancia de arrecifes de coral en Playa Cacique e Isla Mamey

Clase	Orden	Familia	Especie
Anthozoa	Scleractinia	Acroporidae	<i>Acropora palmata</i>
		Agariciidae	<i>Agaricia agaricites</i>
			<i>Agaricia tenuifolia</i>
		Faviidae	<i>Colpophyllia natans</i>
			<i>Diploria clivosa</i>
			<i>Diploria strigosa</i>
			<i>Favia fragum</i>
			<i>Orbicella faveolata</i>
		Meandrinidae	<i>Dichocoenia stokesii</i>
		Poritidae	<i>Porites porites</i>
		Siderastreidae	<i>Siderastrea radians</i>
			<i>Siderastrea siderea</i>
Hydrozoa	Anthoathecata	Milleporidae	<i>Millepora complanta</i>
		<i>Millepora striata</i>	

3.4 Abundancia y diversidad de peces

En las estaciones de Playa Cacique e Isla Mamey se encontraron un total de 21 especies de peces pertenecientes a cuatro órdenes (Anguiliformes, Perciformes, Scorpaeniformes, y Tetraodontiforme) y 11 familias. Los resultados revelan que el orden más abundante y diverso fue el perciforme. A su vez, la familia más diversa fue *Labridae* con seis especies, seguida de la Familia *Acanthuridae* y *Scaridae* con tres especies cada una. La especie *Halichoeres pictus* fue la más común presente en tres de los cuatro transectos en Cacique y tres de los cuatro transectos en Mamey; además, también es reconocida por ser la más abundante con una cantidad de 30 individuos en promedio, la segunda especie más común fue *Stegastes diencaeus* que se encontró en tres de los cuatro transectos en Cacique y uno en los cuatro transectos en Mamey (ver tabla 4).

Tabla 4. Abundancia y diversidad de peces en Playa Cacique e Isla Mamey

Orden	Familia	Especie
Anguiliforme	Muraenidae	<i>Echidna catenata</i>
Perciforme	Acanthuridae	<i>Acantharus helioides</i>
		<i>Acantharus chirurgus</i>
		<i>Acantharus coeruleus</i>
	Chaenopsidae	<i>Acanthemblemaria rivasi</i>
	Haemulidae	<i>Haemulon carbonarium</i>
	Labridae	<i>Halichoeres bivittatus</i>
		<i>Halichoeres maculipinna</i>
		<i>Halichoeres pictus</i>
<i>Halichoeres radiatus</i>		

		<i>Thalassoma purpureum</i>
		<i>Thalassoma bifasciatum</i>
	Pomacentridae	<i>Stegastes leucostictus</i>
		<i>Stegastes diencaeus</i>
	Serranidae	<i>Epinephelus itajara</i>
	Scaridae	<i>Scarus iseri</i>
		<i>Sparisoma rubripinne</i>
<i>Sparisoma chrysopterum</i>		
Scorpaeniforme	Scorpaenidae	<i>Scorpaena plumieri</i>
Tetraodontiformes	Diodontidae	<i>Diodon hystrix</i>
	Tetraodontidae	<i>Canthigaster rostrata</i>

Cacique presentó un total de 130 individuos y 13 especies, mientras que para Mamey se reportan 140 individuos y 15 especies. El índice de diversidad Simpson para las estaciones dieron los siguientes resultados: Playa Cacique (0.745) e Isla Mamey (0.812). La varianza fue de 1.01. Teniendo así, una mayor diversidad de peces en Isla Mamey en los días de muestreo.

Mamey presenta una mayor abundancia y diversidad de especies de peces que Cacique, donde ocho especies solo se observaron en esta zona, incluyendo la morena. Por otro lado, en Cacique se reportan cinco especies observadas solo para la zona durante los muestreos, entre los que se menciona dos especies de pez loro (ver figura 4).

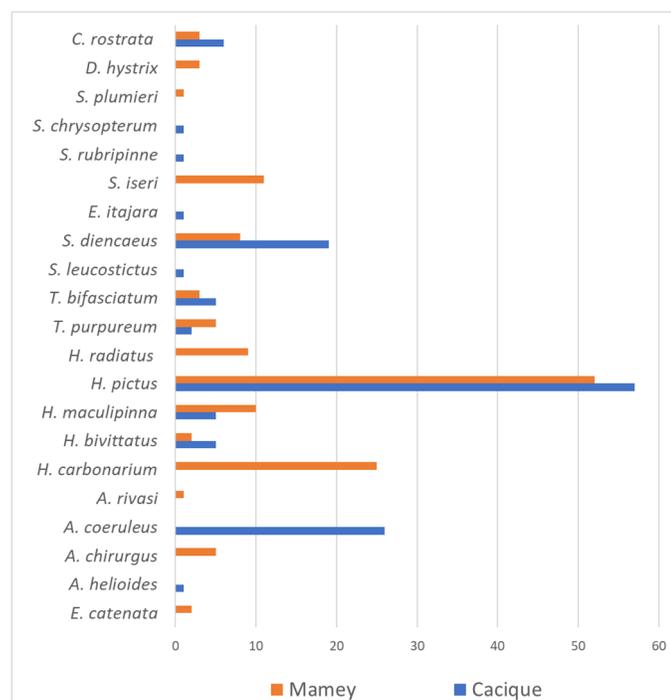


Figura 4. Abundancia y diversidad de peces presentes en las estaciones de muestreo.

4. Discusión

El porcentaje de cobertura de coral vivo de Cacique fue de 29% en comparación con el 41% en Mamey, es decir un 12% de cobertura de coral, se sugiere que debido a que Mamey al ser una Isla las presiones antropogénicas están menos presentes que en tierra firme. Esto coincide con estudios que indican que los arrecifes más cercanos a la costa son los más vulnerables [22] ante perturbaciones por: tránsito marítimo, contaminación, sobrepesca y turismo [23]. La cobertura de coral en Mamey es similar al porcentaje promedio obtenido por la referencia [50] en Bocas del Toro (Caribe panameño). La cobertura de algas presentó un mayor porcentaje de cambio, ya que estas poseen un crecimiento muy acelerado a diferencia de los corales o las algas incrustantes [63], pero a su vez, por no estar tan fijadas al sustrato su desprendimiento es más sencillo. En Playa Cacique se encontraron mayores porcentajes de algas que Mamey. Se sugiere que puede deberse a un mayor flujo de nutrientes proveniente de las actividades agrícolas de tierra firme [56], muy características de la zona de estudio. Es importante seguir con el monitoreo en el área para observar ciertas tendencias en los porcentajes para poder determinar si existe la posibilidad de una eutrofización en Playa Cacique.

El estado de deterioro de los corales en Playa Cacique puede deberse a que los primeros dos transectos quedaron frente a la playa, en donde se vierten los desechos de la comunidad [13]. Los últimos transectos en Cacique estuvieron frente a un pequeño litoral rocoso alejados de la comunidad, además estuvieron colonizados en su mayoría por coral fuego (*Millepora*) especies de gran importancia para los peces juveniles [63]. En Mamey el estado de los arrecifes puede estar afectado por la eliminación de las hierbas marinas en algunas áreas de la isla, lo que aumenta la turbidez en los arrecifes, hecho que aumenta la mortalidad de estos [64]

Cacique presentó 13 de las 14 especies encontradas en los muestreos. Mamey, en cambio, presentó solo siete, esto se puede deber a que en Mamey tres de los cuatro transectos (TM1, TM2 y TM3) estuvieron colonizados en su mayoría por los corales fuego, lo que disminuye la cantidad de especies presentes en los mismos. Además, la profundidad de cada transecto afecta la diversidad de corales presentes [9]. La familia más diversa fue la *Faviidae*, con un total de cinco especies, pero estos a su vez, solo están presentes en los transectos en donde la profundidad sobrepasaba el metro y medio. Es importante mencionar que la única especie que no estuvo presente en Cacique fue el *A. palmata*, especie de gran interés. La diversidad de corales encontrada (14 especies) es poca si la comparamos con la cantidad total de especies encontradas en el Caribe panameño, siendo solo el 22% del total de 64 especies descritas por la referencia [50].

Los resultados de *ictiofauna* dieron un total de 21 especies de peces. Esta es una cantidad mínima de peces asociados a los arrecifes del Caribe de Panamá [65-67]. Las Familias más diversas fueron: *Labridae*, *Serranidae* y *Acanthuridae*. En trabajos anteriores la familia *Serranidae* y *Haemulidae* eran

dominantes en el Caribe [65-67], pero en las dos áreas de monitoreo eran escasas en cuanto a su abundancia. Las zonas estuvieron dominadas por *H. pictus*, presente en seis transectos. Además de ser la especie más abundante, esta especie se encontraba en aguas poco profundas de la costa.

También la especie *S. diencaeus* y *T. bifasciatum* fueron especies presentes en cuatro de ocho transectos, y se encontraban en zonas someras, sin importar el oleaje [68]. El oleaje y el clima no permitió definir la ictiofauna presente en las zonas de monitoreo. Por esta razón, los resultados no se asemejan a otros trabajos realizados en la costa caribeña de Panamá.

No existe una diferencia significativa en la abundancia y diversidad de especies de corales y peces entre las dos estaciones, esto posiblemente debido a que son lugares muy cercanos uno del otro que comparten características muy similares. Además, el número de salidas fue bajo como para poder hacer una caracterización de las áreas, por lo que es necesario seguir con los monitoreos.

5. Conclusiones

- Isla Mamey posee una mayor cobertura de coral vivo a comparación con Playa Cacique. Sin embargo, Playa Cacique posee un mejor estado en sus arrecifes, quizás por tener un ecosistema de manglar el cual mitiga la sedimentación en los arrecifes. Es posible que Isla Mamey tenga un peor estado, por tener un flujo de turistas mayor que Playa Cacique. Playa Cacique, por ser una comunidad con una población constante, genera muchos desechos que llegan al mar (desagües). Estos llegan a convertirse en nutrientes extras, lo que genera un aumento en las algas del sitio. En cambio, Mamey no posee descargas de agua provenientes de actividades antrópicas.
- Los corales del género *Millepora* son los más abundantes en las dos estaciones, esto debido a que son de crecimiento rápido y están adaptados para crecer en aguas someras. Observamos que entre más profundo era un arrecife, más diversidad de corales encontramos. La familia más diversa fue la *Faviidae* (corales cerebro) aunque solo se encontraron en los transectos más profundos. Solo se encontraron corales de la familia *Agariciidae* (coral lechuga) en los transectos de Playa Cacique.
- La ictiofauna asociada en los monitoreos fue escasa, debido a los fuertes oleajes. La especie más abundante fue el *H. pictus*, debido a que es la especie que está mejor adaptada para habitar aguas someras con fuertes oleajes. Se notó que la ictiofauna disminuía en los transectos en donde el coral fuego predominaba. Esto pudiera deberse a la naturaleza urticante del mismo. Isla Mamey presentó una mejor diversidad de peces que Playa Cacique, posiblemente por ser una isla que tiene interacciones con arrecifes de aguas profundas.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Universidad Marítima Internacional de Panamá (UMIP) por permitirnos realizar esta investigación, brindándonos los equipos y el transporte. Al profesor Casas y a la profesora Beatriz Medina por aconsejarnos en las giras y en la elaboración del trabajo. Al señor Adriano por brindarnos el servicio de transporte marítimo hacia Isla Mamey. También al Dr. Juan Posada por ayudarnos a identificación algunas especies de peces. A nuestra familia por permitirnos estudiar esta carrera y apoyarnos en todo momento.

REFERENCIAS

- [1] K. Töpfer. "Conventions and Coral Reefs." UNEP Coral Reef Unit/WWF Coral Reefs Advocacy Initiative. Gland, Switzerland: UNEP Press. 2003.
- [2] C. Wilkinson y D. Souter. "Status of Caribbean Coral Reefs after Bleaching and Hurricanes in 2005". Townsville, Australia: Global Coral Reef Monitoring Network y Rainforest Research Center. 2008.
- [3] Cortés, Jorge et. al. "Pérdida de zooxantelas y muerte de corales y otros organismos arrecifales en el Caribe y Pacífico de Costa Rica". Revista de Biología Tropical. vol.32 (2), pp. 227-231, 1984.
- [4] F. Moberg y C. Folke. "Ecological goods and services of coral reef ecosystems." Ecol. Econ. 29 (2), pp. 215-233, 1999.
- [5] P. Principe, P. Bradley, S. Yee, W. Fisher, E. Johnson, P. Allen, D. Campbell. "Quantifying coral reef ecosystem services." U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Research Triangle Park, NC. EPA/600/R-11/206. 2012.
- [6] C. I. Elliff y I. R. Silva. "Coral reefs as the first line of defense: Shoreline protection in face of climate change." Marine Environmental Research. vol. 127, pp. 148-154, 2017.
- [7] UNEP/IUCN. "Coral reefs of the world." Vol. 1: Atlantic and Eastern Pacific IUCN, Gland Switzerland and Cambridge, U.K./UNEP, Nairobi, Kenya. 373 p. 1988.
- [8] J.P.G. Spurgeon. "The economic valuation of coral reefs." Mar. Pollut. Bull. vol. 11, pp. 529-536, 1992.
- [9] H. M. Guzmán, I. Holst "Inventario biológico y estado actual de los arrecifes coralinos a ambos lados del Canal de Panamá." Rev. Biol. Trop. vol. 42(3), pp. 493-514, 1994.
- [10] P. Freon y O. A. Misund. "Dynamics of Pelagic Fish Distribution and Behaviour: Effects on Fisheries and Stock Assessment." Oxford, Inglaterra: Fishing News Books. 1999.
- [11] P. Castro y M. Huber. Biología Marina, 2007, pp. 298-299.
- [12] T. F. Goreau, T. McClanahan, R. Hayes y A. Strong. "Conservation of coral reefs after the 1998 Global Bleaching." Event. Conserv. Biol., Vol. 14(1), pp. 5-15, 2000.
- [13] T. F. Goreau "Mass expulsion of zooxanthellae from Jamaican reef communities after Hurricane Flora." Science. Vol. 145, pp. 383-386, 1964.
- [14] W. C. Jaap. "Observations on Zooxanthellae expulsion at Middle Sambo Reef, Florida Keys." Bull. Mar. SeL. vol. 29, pp. 414-422, 1979.
- [15] P. Garrett y H. Ducklow. "Coral diseases in Bermuda." Nature vol. 253, pp. 349-350, 1975.
- [16] A. Antonius "Coral reef pathology: A review". Proc. 4th. Int. Coral Reef Sym. vol. 2, pp. 3-6, 1981.

- [17] A. Antonius "The "band" diseases in coral reefs." Proc. 4th. Int. Coral Reef Symp. vol. 2, pp. 7-14, 1981.
- [18] T. F. Cooper, J. P. Gilmour, K. E. Fabricius. "Bioindicators of changes in water quality on coral reefs: review and recommendations for monitoring programmes." Coral Reefs, vol. 28(3), pp. 589-606, 2009.
- [19] A. Dikou. "Ecological Processes and Contemporary Coral Reef Management." Diversity, vol. 2(5), pp. 717-737, 2010.
- [20] K. E. Fabricius, G. De'ath, S. Noonan, S. Uthicke. "Ecological effects of ocean acidification and habitat complexity on reef-associated macroinvertebrate communities." Proc. R Soc. B, 281, 2013.
- [21] Y. Cabrales, S. P. González "Evaluación de indicadores ecológicos en las comunidades de corales hermatípicos de la costa sur-central, provincia de Cienfuegos, Cuba." Revista Investigaciones Marinas, vol. 1 (35), pp. 37-57, 2015.
- [22] L. Burke, K. Reytar, M. Spalding & A. Perry "Reefs at Risk." Washington, D. C., EE. UU.: World Resources Institute. 2011.
- [23] G. Horta-Puga "Impactos ambientales." En J. W. Jr. Tunnell, E. A. Chávez & K. Withers (Eds.), Arrecifes Coralinos del Sur del Golfo de México (pp. 183-205). México: Instituto Politécnico Nacional. 2010.
- [24] H. Caballero, P. M. Alcolado, A. Semidey "Condición de los arrecifes de coral frente a costas con asentamientos humanos y aportes terrígenos: el caso del litoral habanero, Cuba." Rev. Mar. Cost, vol. 1. pp. 49-72, 2009.
- [25] M. González-González, V. De la Cruz-Francisco, I. Morales-Quijano, R. E. Orduña-Medrano "Diversidad y cobertura de la comunidad bentónica del arrecife Enmedio, Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan, México." Rev. Mar. Cost, vol. 8 (2), pp. 47-65, 2016.
- [26] B. G. Hatcher. "Coral reef primary productivity: a beggar's banquet." Trends Ecol. Evol. vol. 3, pp. 106-111, 1988.
- [27] B. G. Hatcher. "Coral reefs primary productivity: a hierarchy of partem and process." Trends Ecol. Evol. vol. 5, pp. 149-155, 1990.
- [28] G. P. Jones. "Post recruitment process in the ecology of coral reef populations: a multifactorial perspective", pp. 294-328, 1991.
- [29] J. P. Doherty. "Spatial and temporal patterns in recruitment", pp.2261-293, 1991.
- [30] P. L. Munday, G. P. Jones. & M. J. Caley. "Interspecific competition and coexistence in a guild of coraldwelling fishes". Ecology, vol 82, pp. 2177-2189, 2001.
- [31] S. J. Holbrook & R. J. Schmitt. "Competition for shelter spaces causes density dependent predation mortality in damselfishes". Ecology. vol.83, pp. 2855-2868, 2002.
- [32] C. J. Fulton., D. R. Bellwood & P. C. Wainwright. "Wave energy and swimming performance shape coral reef fish assemblages". Proceedings of the Royal Society. vol. 272, pp. 827-832, 2005.
- [33] M. Srinivasan. "Depth distributions of coral reef fishes: the influence of microhabitat structure, settlement, and post-settlement processes". Oecologia. vol. 137, pp. 76-84, 2003.
- [34] A. M. Friedlander, S. A. Sandin, DeMartini E. E., & E. Sala. "Spatial patterns of the structure of reef fish assemblages at a pristine atoll in the central Pacific". Marine Ecology Progress Series. vol.410, pp. 219-231, 2010.
- [35] I. Alemu, B. Jahson. "Fish assemblages on fringing reefs in the southern Caribbean: biodiversity, biomass and feeding types". Revista de Biología Tropical. pp. 169-181, 2014.
- [36] T. P. Hughes. "Catastrophes, phase shifts and large-scale degradation of a Caribbean coral reef". Science, vol. 265, pp. 1547-1551, 1994.
- [37] C. M. Roberts. "Effects of fishing on the ecosystem structure of coral reefs". Conservation Biology. vol.9, pp. 988-995, 1995
- [38] A. L. Green, D. R. Bellwood & H. Choat. "Monitoring functional groups of herbivorous reef fishes as indicators of coral reef resilience". A practical guide for coral reef managers in the Asia Pacific Region. Gland, Switzerland: IUCN, 2009.
- [39] P. F. Sale. The science we need to develop for more effective management, 2002.
- [40] R. S. Appeldoorn. C. W. Recksiek, R. L. Hill, F. E. Pagan. & G. D. Dennis. "Marine protected areas and reef fish movements: the role of habitat in controlling ontogenetic migration". Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium. vol. 2, pp. 1917-1922, 1997.
- [41] K. N. Holland, J. D. Peterson, C. G. Lowe. & B. M. Wetherbee. "Movements, distribution and growth rates of the white goatfish *Mulloides flavolineatus* in a fisheries conservation zone". The Bulletin of Marine Science. vol. 52, pp. 982-992, 1993.
- [42] P.W. Glynn. "Observations on the ecology of the Caribbean and Pacific coasts of Panamá. Bull". Biol. Soco Wash. vol. 2, pp. 13-30, 1972.
- [43] P.W. Glynn, R.H. Stewart & J.E. McCosker. "Pacific coral reefs of Panamá: structure, distribution and predatorso Geol". Rundsch. vol. 61, pp. 483-519, 1972.
- [44] J.W. Porter. "Ecology and diversity of coral reefs on opposite sides of the isthmus of Panama. Bull". Biol. SOCo Wash. vol. 2, pp. 89-116, 1972.
- [45] P.W. Glynn, "Coral communities and their modifications relative to past and prospective Central American seaway". Adv. Mar. Biol. vol.19, pp. 91-132, 1982.
- [46] V.N. Zlatarski. "Porites colonensis, new species of stony coral (Anthozoa: Scleractinia) off the Caribbean coast of Panama. Proc". Biol. SOCo Wash. vol.103, pp.257-264, 1990.
- [47] W.H. de Weerd. & P.W. Glynn. A new and presumably now extinct species of *Millepora* (Hydrozoa) in the Eastero Pacifico Zoologische Mededelingen vol. 65, pp. 267-276, 1991.
- [48] N Knowlton, E. Weil, L.A. Weigh & H.M. Guzmán. "Sibling specie ih *Montastrea annularis* , coral bleaching and the coral climate record". Science vol.255, pp. 330-333, 1992.
- [49] L. Holst. & H.M. Guzmán. "Lista de corales hermatípicos (Anthozoa: Scleractinia; Hydrozoa: Milleporina) a ambos lados del istmo de Panamá". Rev. Biol. Trop. vol.41, pp. 535-540, 1993.
- [50] H. M. Guzmán y C. A. Guevara. "Arrecifes coralinos de Bocas del Toro, Panamá: 111. Distribución, estructura, diversidad y estado de conservación de los arrecifes de las islas Pastores, Cristóbal, Popa y Cayo Agua." Rev. Biol. Trop., vol. 47(4), pp. 659-676, 1999
- [51] Fondo Mundial para la Naturaleza The Importance of Coral to People. 2011.
- [52] MarViva Compendio de Normas Pesqueras de la República de Panamá. 2011.
- [53] Superficie, población y densidad de población en la República según provincia, comarca, distrito y corregimiento. Censos de 1990 a 2010. Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) disponible en: <https://www.contraloria.gob.pa/inec/SINAMP/pdf/colon.pdf> Consultado el 27 de febrero de 2018.

- [54] Anónimo (2000) Portobelo riqueza natural y testimonio de glorias pasadas. Panamá América, 14 de junio del 2000, sección variedades.
- [55] Diagnóstico de salud local del distrito de Portobelo, centro de salud señora Blasina Bernal Portobelo. Ministerio de salud región de Colon 2014. disponible en : http://www.minsa.gob.pa/sites/default/files/publicaciongeneral/asis_local_portobelo_colon.pdf Consultado el 17 de marzo de 2018.
- [56] Gaceta oficial (2017) Resolución No. DAPVS-0002-2017 de 28 de marzo de 2017. "Por el cual se aprueba el Plan de Uso Público del Parque Nacional Portobelo.
- [57] J. M. Adames. Joya natural de Colón. Día a Día, 26 de septiembre del 2015, sección Tierra Adentro. 2015.
- [58] Accuweather Cacique, Panamá disponible en: <https://www.accuweather.com/es/pa/cacique/257775/february-weather/257775?monyr=2/1/2018> Consultado el 17 de marzo de 2018.
- [59] Climate-data.org, Portobelo, Panamá disponible en : <https://es.climate-data.org/location/565445/> Consultado el 17 de marzo de 2018.
- [60] L. R. Holdridge. "Zone Ecology". Tropical Science Center. San José, Costa Rica. 1967.
- [60] M.J. Shulman, & D.R. Robertson. Changes in the coral reefs of San Blas, Caribbean Panama: 1983-1990. *Coral Reefs* 15: pp.231-236,1996.
- [61] Coralpedia (2018) Disponible en: <http://coralpedia.bio.warwick.ac.uk/>. Consultado el 13 de mayo del 2018.
- [62] D.R. Robertson, E. A. Peña, J. M. Posada y R. Claro "Peces Costeros del Gran Caribe: sistema de información en línea. Version 1.0 Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Balboa, República de Panamá.
- [63] I. Leal, P. Pereira. & M. Araújo, "Coral reef fish association and behaviour on the fire coral *Millepora* spp. in north-east Brazil". *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, vol. 93(6), pp. 1703-1711, 2013.
- [64] C. S. Rogers. "The effect of shading on coral reef structure and function." *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 41(3), pp. 269-288, 1979.
- [64] R. T. J. L. Munro, "Aspects of the biology and ecology of Caribbean reef fishes: Serranidae (hinds and groupers)", *Fish Biology*, vol. 12, pp. 115-146, 1978.
- [65] J. C. O. a. E. H. G. William B. Gladfelter, "Similarity and Diversity Among Coral Reef Fish Communities: A Comparison between Tropical Western Atlantic (Virgin Islands) and Tropical Central Pacific (Marshall Islands) Patch Reefs," *Ecological Society of America*, vol. 61, n° 5, pp. 1156-1168, 1980.
- [66] M. J. P.-C. Peter C. Phillips, "A comparative survey of reef fishes in Caribbean and Pacific Costa Rica," *Biología tropical*, vol. 32, 1984.
- [67] J. a. S. B. Bohnsack, "A Stationary Visual Census Technique for Quantitatively Assessing Community Structure of Coral Reef Fishes," 1986.
- [68] L. S. M. y. J. Garzón-Ferreira, "Estructura de comunidades de peces arrecifales en cuatro atolones del Archipiélago de San Andrés y Providencia (Caribe sur occidental)," *Revista de biología tropical*, vol. 4, pp. 883-896, 2000.

Legos a base de caliche

Caliche-based legos

Greichy. Alain^{1}, Dalkis Cru^{2*}, Gladicelys. Espinosa^{2*}, Genesis. Rodríguez^{2*}, Jorge. Almengor^{2*},
¹Licenciatura en Ingeniería Naval, ²Licenciatura en Ingeniería de Energía y Ambiente, Facultad de Ingeniería Mecánica,
Universidad Tecnológica de Panamá*

Resumen El proyecto propone crear bloques con pines a base de diferentes tipos de caliche (baldosa, cielo raso y pared) los cuales, a través de un sistema de compactación, se puedan apilar unos sobre otros hasta formar estructuras en forma de paredes que se encajen como legos. La finalidad de este proyecto es aprovechar los residuos de obras civiles para crear bloques que funcionen como un sistema constructivo alternativo para viviendas temporales y permanentes de fácil montaje, a su vez reduciendo la granulación y la cantidad de material nuevo en la mezcla al utilizar diferentes porcentajes de caliche.

Palabras clave Bloques, caliche, lego, residuos de construcción.

Abstract The project proposes to create blocks with pins based on different types of caliche (tile, ceiling and wall) which through a system of compaction, can be stacked on top of each other to form structures in the form of walls that fit as laity. The purpose of this project is to take advantage of civil works waste to create blocks that work as an alternative constructive system for temporary and permanent housing that are easy assembly, in turn reducing the granulation and the amount of new material in the mix when using different percentages of caliche.

Keywords Blocks, caliche, lego, construction waste.

*Corresponding author: gladicelyseep@gmail.com

1. Introducción

Una gran cantidad de escombros producto de la demolición de estructuras son producidos anualmente en los países desarrollados, en que los depósitos de escombros derivados de la actividad de la construcción han llegado a ser un serio problema social y ambiental para las ciudades, debido a la necesidad de disponer terrenos para su vertimiento, como también el alto costo que implica su manejo. La necesidad de reciclar los escombros que produce la industria de la construcción está tomando, hoy en día, gran importancia [1]. Estudios realizados en Hong Kong muestran que un 55% de la composición de los escombros generados en la construcción son hormigón sin armar y hormigón armado [2], situación que genera una gran cantidad de materia prima para ser reutilizada en nuevas estructuras.

El cambio climático y la contaminación ambiental han hecho que los países inicien políticas cuyo enfoque es la disminución de estos volúmenes de residuos mediante su reutilización o buscándoles otra alternativa [3].

Es por ello, que en esta investigación se busca la mejora de las propiedades mecánicas de los bloques tradicionales con el uso de materiales reciclados, abaratando costos y que además proporcione un rendimiento aceptable y dé una forma diferente

de llevar a cabo el reciclaje de residuos de materiales de obras civiles como lo son caliche de paredes, cielo raso y baldosas.

El producto que se propone desarrollar consiste en bloques de caliche encajables, los cuales tendrán pines en la parte superior y hendiduras en la parte inferior, con el propósito de acoplarse con los demás bloques que se encuentren debajo y encima del mismo. Con este bloque se propone brindar un tipo de construcción más simétrico reduciendo tiempo y materiales empleados. Los bloques, al encajar entre sí generan un nivel de adherencia, por lo que se necesita menor tiempo empleado en su acoplamiento.

2. Antecedentes

El uso de escombros reciclados es cada vez más habitual en el campo de la construcción, en ámbitos muy variados como agregados para diferentes tipos de concreto, de bloques no estructurales, construcción de terraplenes, rellenos y capas firmes de carreteras.

Los destinos de estos materiales reciclados dependen de la naturaleza o composición mayoritaria de los residuos. Así, para terraplenes se suelen utilizar materiales procedentes de residuos cerámicos como el asfalto o residuos de concreto de edificaciones demolidas o el concreto de pavimentos rígidos,

pues estos son diseñados con una resistencia bastante alta por estar sometidos a las tracciones causadas por el peso de los vehículos que lo transitan.

Estos conceptos interesaron a diferentes países que se ven en la apresurada necesidad de reciclar debido a los pocos recursos naturales que poseen, de tal manera que hay numerosas obras civiles elaboradas con un porcentaje de materia prima reciclada de residuos de hormigón [4].

Uno de los proyectos más significativos sobre reutilización de escombros de demolición para la fabricación de hormigón ha tenido lugar en Dinamarca. La construcción del “Great Belt Link” una gran red de enlace entre Dinamarca y Suecia, suponía la modificación de la red de carreteras existentes y la demolición de varias estructuras, entre las que se encontraba la de un puente de hormigón armado. En esta demolición se llevaron a cabo distintas investigaciones sobre técnicas de demolición y utilización del hormigón triturado como árido para un nuevo hormigón. Finalmente, los escombros fueron procesados y empleados en la fabricación del hormigón que se utilizó para la construcción de “La casa reciclada”, en Odense para cimentaciones de pantallas acústicas [5].

En Panamá se estima una generación aproximada de 1,030,400 m³ de Residuos de construcción y demolición (RCD). Esta generación equivale a más de B/. 180 millones que pierde el sector por mal manejo, de la siguiente manera: B/. 165 millones por merma (92%), B/. 4.6 millones por transportación (2%), B/. 10.4 millones por disposición (6%) [6].

3. Marco teórico

3.1 Arquitectura sustentable

A medida que aumenta el poder del hombre sobre la naturaleza y aparecen nuevas necesidades como consecuencia de la vida en sociedad, el medio ambiente que lo rodea se deteriora cada vez más. El progreso tecnológico, por una parte y el acelerado crecimiento demográfico, por la otra, producen la alteración del medio, llegando en algunos casos, a atentar contra el equilibrio biológico de la Tierra. Por lo tanto, surge la arquitectura sustentable (también denominada arquitectura sostenible, arquitectura verde, eco-arquitectura y arquitectura ambientalmente consciente) como una nueva forma de construcción para evitar que el deterioro del medio ambiente avance.

La construcción sustentable promueve diversos beneficios que se extienden más allá de su participación en el mejoramiento de las condiciones ambientales y mitigación del impacto ambiental, dado que representan el establecimiento de un nuevo orden de los principios básicos de diseño en todas y cada una de sus escalas.

La ecoarquitectura no resolverá por completo los problemas ambientales del mundo. No obstante, contribuirá

significativamente a la creación de un hábitat humano más sostenible, otorgándoles un papel importante a todos los ingenieros, arquitectos y diseñadores. La ecoarquitectura logra así un cambio a través de la utilización de materiales locales (lo cual evitará la producción de CO₂ generada por el transporte, además de favorecer el desarrollo de la industria local), considerando todos los componentes (ya sea el agua, la tierra, etcétera), reutilizando y/o reciclando materiales en la misma obra o para otras construcciones, seleccionando materiales durables, logrando eficiencia energética con la elección y combinación de materiales (es decir, emplear equipos que consuman menor cantidad de energía que ofrezcan el mismo servicio), diseñando con austeridad y simplicidad (en otras palabras, hacer más con menos), proyectando con energías renovables, evitando en los procesos constructivos la generación masiva de residuos (ya sean sólidos, líquidos o gaseosos), rediseñando los sistemas constructivos pensando en la mayor eficiencia de los materiales y las tecnologías u optando por la utilización de materiales ecológicos. Estos últimos ayudan a cuidar el medio ambiente y brindan un entorno saludable y sostenible que responde adecuadamente a las necesidades de los seres humanos, ya que no contienen productos peligrosos o contaminantes, y además favorecen el ahorro de energía. [7].

4. Materiales y métodos

Los materiales utilizados para la elaboración de los bloques fueron: cemento, agua, arena caliche de bloques, baldosa y cielo raso.

La evaluación del uso de los residuos de construcción como adiciones en la elaboración de bloques de construcción, se realizó en tres momentos: el primero recolección y caracterización de los residuos, el segundo selección de los porcentajes de las adiciones y construcción, y por último la determinación de las características mecánicas de los bloques, para así establecer la viabilidad de su uso.

4.1 Recolección y caracterización de los residuos

4.1.1 Obtención de la materia prima

Los materiales fueron recolectados de una casa que sería remodelada. La mayor parte de estos residuos se trasladan a vertederos que, si bien en principio no contaminan, sí producen un gran impacto visual y paisajístico.

Posteriormente, todos estos residuos fueron limpiados manualmente para liberarlos de suciedades y continuar con su trituración.

4.1.2 Trituración y tamizado

Una vez llevada a cabo la limpieza, se procedió a la trituración de los residuos con la ayuda de un mazo hasta lograr tamaños máximos de partículas de 30 mm (figura 1). Seguidamente, los residuos fueron tamizados hasta obtener una granulometría similar a la de la arena.



Figura 1. Trituración del caliche de pared.

Tabla 1. Porcentajes de adición residual evaluados en la elaboración de bloques de construcciones de legos

Adiciones residuales	Porcentajes	Agua	Cemento	Arena	Caliche
Caliche de paredes	75	310 ml	1573 g	313 g	209 g
	50	300 ml	468 g	281 g	187 g
	25	280 ml	522 g	944 g	629 g
Caliche de baldosas	75	320 ml	90 g	135 g	680 g
	50	310 ml	190 g	285 g	476 g
	25	320 ml	320 g	480 g	267 g
Caliche de cielo raso	75	400 ml	330 g	496 g	825 g
	50	330 ml	260 g	390 g	650 g
	25	380 ml	468 g	702 g	390 g

4.2 Selección de los porcentajes de las adiciones de los residuos y construcción

Se elaboraron un total de 27 bloques de construcción, 9 de ellos utilizados para las pruebas de resistencia, con diferentes porcentajes de residuos (tabla I), seleccionando para este proyecto porcentajes de 25, 50 y 75% de materiales residuales de obras civiles.

Se utilizó un porcentaje de 60% de arena y 40 % de cemento en la elaboración de los diferentes tipos de bloques.

4.2.1 Preparación de la mezcla

Una vez que tenemos determinados los porcentajes de cada residuo, se realiza el mezclado con una plancha de batir. Primero se mezcló en seco; colocando la arena, el caliche de pared y el cemento, hasta lograr la homogenización de la mezcla (figura 2). Luego se agregó el agua poco a poco hasta

obtener la textura deseada durante cinco minutos, así sucesivamente con los otros dos tipos de caliche.



Figura 2. Mezcla de caliche de pared con cemento y arena.

4.2.2 Moldeado de los bloques

Obtenida la mezcla se procedió a colocarla dentro de un molde metálico por capas conforme se iba compactando para obtener una mayor resistencia.

En la elaboración de los bloques se utilizó una mini máquina de fabricación de bloques casera, de fácil manejo (figura 3), con un proceso de prensado que compacta una mezcla de arena; material residual, agua y cemento. El molde metálico consta de una parte macho y hembra en la parte superior e inferior que le dan al molde la forma de legos para permitir el ensamblado de los bloques.



Figura 3. Mini máquina de fabricación de bloques casera.

4.2.3 Curado de los bloques

Los bloques fueron curados durante cinco días para hacer los análisis correspondientes de resistencia a compresión; durante estos días se remojaron los bloques tres veces diarias para aumentar su resistencia.

Además, se consiguió un bloque de concreto (tipo comercial), siendo este el bloque patrón; es decir, el bloque con el que se comparó la resistencia de los bloques hecho a base de caliche. En este caso los bloques diseñados son de doble hueco; con dimensiones de 6 cm de ancho, 4 cm de alto y 9.7 cm de largo (figura 4). El ancho de la parte de ensamblado es de 2.5 cm y 1 cm de alto.

Según la Cámara Panameña para la Construcción, y otras empresas fabricantes de bloques, el tiempo de curado de los bloques de concreto es de 28 días, a ese tiempo los bloques deben tener una resistencia del 99% [8].



Figura 4. Bloque de caliche de pared a 25%.

4.3 Determinación de las características mecánicas de los bloques

Terminado el proceso de curado de los bloques elaborados se realizan los análisis de resistencia a compresión para determinar la calidad de los mismos.

Las pruebas se realizaron en el Laboratorio de suelos de la Universidad Tecnológica de Panamá, en una máquina de ensayo calibrada según la norma ASTM C39 (figura 5).



Figura 2. Máquina de ensayo.

En Panamá la norma que rige el diseño y prueba de bloques es la Norma Técnica Panameña DGNTICOPANIT 161-2001, la cual establece las condiciones y requisitos generales que deben cumplir los bloques de concreto para uso no estructural. La resistencia mínima a la compresión por unidad individual debe ser 3.45 MPa. [8].

5. Resultados y discusión

A continuación, se presentan en la tabla II, los resultados de los diferentes ensayos realizados con los tres porcentajes de adición por cada adición residual (caliche de pared; caliche de baldosas y caliche de cielo raso) empleada como adición del aglomerante.

Tabla 2. Porcentajes de adición residual evaluados en la elaboración de bloques de construcción en forma de legos

Adiciones residuales	Porcentaje	Resistencia
Calidad de pared	75	1.12 MPa
	50	6.55 MPa
	25	7.64 MPa
Caliche de baldosa	75	1.55 MPa
	50	0.58 MPa
	25	12.35 MPa
Caliche de cielo raso	75	1.52 MPa
	50	3.67 MPa
	25	3.99 MPa

5.1 Análisis de la resistencia por compresión a la adición de caliche de pared

Al observar la resistencia a compresión de los bloques en forma de legos con caliche de pared, se evidencia que la resistencia es inversamente proporcional al porcentaje, teniendo en cuenta que al aumentar la cantidad de adición disminuye la resistencia. La resistencia de los bloques con el 25 % de adición es superior, ya que consta de un mayor amarre de la mezcla; los del 50 % presentan resistencia intermedia, y los del 75 % son los de menor resistencia debido a que el sistema se vuelve menos consistente. La mayor resistencia se registra en los bloques con 25 % de material reciclado porque constan de más porcentaje de material de amarre como lo son el cemento y la arena.

5.2 Análisis de la resistencia por compresión a la adición de caliche de baldosas

Los bloques elaborados con caliche de baldosas, con porcentajes de 25% presentan la mayor resistencia, los de 75% constan de una resistencia menor y por último siendo los de 50 % los menos resistentes con 0.58 MPa.

5.3 Análisis de la resistencia por compresión a la adición de caliche de baldosas

Al igual que los bloques a base de caliche de pared, estos también constan de mayor amarre y rigidez al poseer más porcentaje de cemento y arena que de material reciclado.

En relación con el porcentaje manejado para los bloques, siguen siendo más representativos los bloques con el 25 % de las adiciones residuales para las tres adiciones de caliche de pared; caliche de baldosa y caliche de cielo raso, con valores de 7.64 MPa, 12.35 MPa y 3.99 MPa, respectivamente. Esto posiblemente es debido a que son las relaciones más bajas de cemento/material residual, lo cual tiene mayor cantidad de cemento por unidad de volumen del bloque estructurado, que

aumenta la capacidad cementante en relación con las demás proporciones.

Comparando la resistencia del bloque de concreto para uso no estructural con el bloque de caliche de baldosa al 25% se pudo observar que la resistencia del bloque de caliche es superior teniendo el bloque comercial una resistencia promedio de 3.45 MPa y el de caliche de baldosa 12.35 MPa. Además, se debe tener en cuenta que los bloques a base de caliche no cumplieron los días de secado adecuado debido a falta de tiempo.

6. Conclusiones

En los resultados mostrados en la tabla II, se evidencia la influencia del agregado reciclado en la mezcla, disminuyéndole la resistencia a la compresión que desarrollan los bloques.

Técnicamente no es viable remplazar en su totalidad el agregado natural por reciclado para la fabricación de los bloques, pero sí un buen porcentaje de este, recalando que, por el bajo nivel de compactación utilizado en esta investigación para la fabricación de los bloques, debido a la carencia de la maquinaria adecuada y el poco tiempo de curado se pudo haber obtenido mejores resultados.

Las pruebas mecánicas determinaron que los bloques en forma de legos a base de caliche de baldosas resultan ser los más resistentes con una resistencia de 12.35 MPa, presentan mayor amarre y son más eficientes, seguidos de los bloques de pared con una resistencia de 7.64 MPa. Los bloques a base de caliche de cielo raso son los menos eficientes con una resistencia de 3.99 MPa, posiblemente porque este tipo de material al mojarse se expande y pierde su resistencia.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de investigación se realizó bajo la tutela del Ing. Jorge Almengor y la guía por parte del Ing. Chi Shun Hong, a quienes les expresamos nuestro más sincero agradecimiento. Además, de agradecer la paciencia, tiempo y dedicación que tuvieron para que esto se realizara de manera exitosa.

REFERENCIAS

- [1] Poon, C.S., Kou, S.C. y Lam, L., Use of recycled aggregates in molded concrete bricks and blocks, *Construction and Building Materials* 16 (5), pp. 281-289, (2002).
- [2] Poon, C.S., Yu, A.T.W. y Ng, L.H., On-site sorting of construction and demolition waste in Hong Kong, *Resources, Conservation and Recycling* 32 (2), pp. 157-172, (2001).
- [3] F. Debieb, and S. Kenai, "The use of coarse and fine crushed bricks as aggregate in concrete". *Construction and Building Materials*, vol. 22, pp. 886-893, 2008.
- [4] Virgilio and G. Cornejo, "Aprovechamiento De Escombros Como Agregado Para La Fabricación De Adoquines Estándar," pp. 1-67, 2007.
- [5] "Residuos de construcción y demolición | CEDEX." [Online]. Available:<http://www.cedexmateriales.es/catalogo-de-residuos/35/residuos-de-construccion-y-demolicion/>.
- [6] I. Araceli, C. L. Alfredo, and D. Bois, "CONSEJO NACIONAL DE LA EMPRESA PRIVADA CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA DE PANAMÁ -Abril 2014." Retrieved from <http://www.cnpml.org.pa/images/mesa-de-dialogo/estudios/sensibilizacionrcd.pdf>.
- [7] Martino (s.f.) Qué es y cómo aplicar la arquitectura sustentable. Recuperado de http://www.estudiomartino.com/subsitios/publicaciones/que_es_y_como_aplicar_la_arquitectura_sustentable.php.
- [8] Industrias., M. d. (2001). NORMA TÉCNICA PANAMEÑA DGNTI-COPANIT 161-2001.

Reutilización de plástico como refuerzo para la construcción de aceras

Reuse of plastic as a reinforcement for the construction of sidewalks

María Aguilar^{1}, Ana Fernandez^{1*}, Héctor García^{1*}, BenMelamed^{1*}, Casilda Saavedra^{2*}*
1Licenciatura en Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de Panamá
2Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen Con el fin de reducir el impacto que tiene al depositar los desechos sólidos en el ambiente y conociendo la problemática que hay en Panamá en temas de basura, se plantea la utilización del plástico como elemento reforzador del concreto en la construcción de elementos de acera. Para tal efecto se construyeron especímenes y se sometieron a pruebas para determinar si es viable la implementación de este método. Para la mezcla se utilizó 9 Kg/m³ de plástico, en la que este porcentaje fue escogido con referencia a los ensayos realizados en la investigación “Estudio de propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de polipropileno reciclado”, trabajo realizado por el Ingeniero Carlos González.

Palabras clave Acera, contaminación, plástico, ensayo, plástico, reciclaje, refuerzo.

Abstract In order to reduce the impact of disposing solid waste in the environment and knowing the problems that exist in Panama on garbage issues, the use of plastic as a reinforcing element of concrete in the construction of sidewalks elements is proposed. For this purpose, specimens were built and subjected to tests to determine if the implementation of this method is viable compared to traditional methods. For the mixture, 9.0 Kg / m³ of plastic was used, in which this percentage was chosen with reference to the tests carried out in the research “Study of mechanical properties of the concrete reinforced with recycled polypropylene fibers”, work done by Engineer Carlos González

Keywords Sidewalk, pollution, plastic, test, recycling, reinforcement.

* Corresponding author: casilda.saavedra@utp.ac.pa

1. Introducción

En el mundo existe una preocupación por la contaminación del aire, agua y suelo; ocasionado en gran medida, por los volúmenes de residuos que se generan a diario sin recibir un tratamiento adecuado. Panamá no escapa de esta problemática, ya que no se cuenta con los espacios físicos adecuados para poder disponerlos, lo cual lleva a que sean depositados en botaderos comunes provocando la contaminación ambiental. En esta investigación además de reducir el impacto de los plásticos en el entorno, se buscará una alternativa sostenible y económica de construir aceras reforzadas con plástico mejorando sus propiedades mecánicas y permitiendo una mayor seguridad peatonal por la falta de espacios y estructuras en buen estado.

Los métodos tradicionales de construir aceras utilizan como fuente primaria el hormigón en grandes cantidades. Para este estudio se determinó el porcentaje óptimo y tipo de plástico, que permita igual o mejor resistencia en el concreto, utilizando

reforzamiento con fibras de plástico, teniendo presente una reducción del espesor de la estructura [1].

1.1 El reciclaje en Panamá

El Gobierno Nacional de Panamá, en conjunto con organizaciones y grupos de ambientalistas está haciendo los mayores esfuerzos para hacer frente a la problemática de la basura que se genera a diario en la ciudad de Panamá.

Las cifras establecidas por un estudio realizado en el Rellano Sanitario de Patacón indican que por día ingresan aproximadamente 2,200 toneladas de residuos sólidos, procedentes de la ciudad capital y asombrosamente solo 220 toneladas son utilizadas para industria del reciclado.

De acuerdo con los datos de la Autoridad de Aseo Urbano y Domiciliario (AAUD), el 95 % de los desechos que llegan al relleno sanitario son aptos para ser reutilizados. Es por este motivo que a lo largo del país se están desarrollando técnicas

para que la población pueda implementar el ámbito de reducir, reutilizar, reciclado desde sus hogares [2].

1.2 Industria de la fabricación y reciclado del Plástico en Panamá

En los últimos cinco años se han instalado en Panamá empresas que se dedican a la fabricación de productos de plástico, en los que se mencionan a: Celloprint, S.A (Empaques flexibles y bolsas), Plastigas, S.A (Envase de plástico), Plastigo, S.A (Cubiertos y horquillas pasticas), Poluenvases, S.A (Envases plásticos en PVC, PET,PP) También han surgido empresas dedicadas al reciclado del plástico entre ellas están: Recimetal Panama, S.A, Hansel Distribution, Reciclaje D.J.

Los tipos de plásticos reciclados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Tipos de plástico

Plástico	Descripción
Plástico #1	PET (Botellas de plástico de gaseosa).
Plástico #2	HDPE (Botellas de jugo, shampoo).
Plástico #3	V (Botellas de aceite de cocina, empaques para carne).
Plástico #4	LDPE (Bolsas de lavado en seco, bolsas plásticas de los supermercados).

Es importante destacar que Panamá, desde 1997 ha estado exportando plástico a países como Costa Rica, República Popular China y los Estados Unidos. La figura 1 muestra una estadística de la gran cantidad de plástico exportado [3].

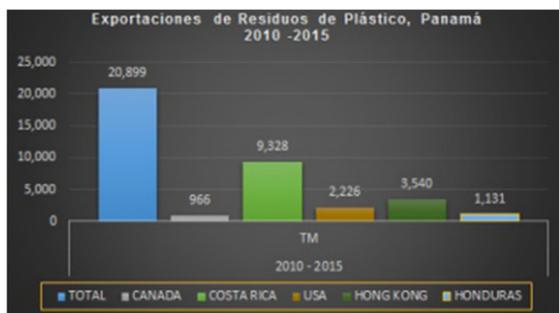


Figura 1: Exportación de residuos de plástico. Elaboración propia, datos del INEC, Panamá, 2016.

Esta información es importante para enfocar la investigación en el uso del plástico como componente reforzador de la mezcla de concreto utilizada para hacer aceras.

2 Materiales y métodos

Para el desarrollo de esta investigación se tomó en cuenta ciertos procesos y materiales que se describen a continuación.

2.1 Materiales

Entre los componentes a utilizar para la fabricación de la mezcla a ensayarse están:

- Plástico
- Cemento
- Arena
- Piedra

2.2 Selección del tipo de plástico

Debido a que se busca mejorar la resistencia de los elementos de aceras, se escoge el plástico #5. Los recipientes hechos de polipropileno (PP) presentan características importantes como:

- Presenta gran capacidad para resistir las fuerzas aplicadas sin romperse.
- Tienen un punto de fusión elevado, por lo tanto, resiste altas temperaturas.
- Facilidad para moldear y cortar debido a su flexibilidad.
- Evita la filtración de sustancia químicas.
- De cristalinidad reducida. [5]

2.3 Recolectación del plástico

Para esta etapa se recolectó envases termoplásticos de polipropileno marcados como número cinco (#5) (Figura 2), utilizados para la venta y distribución de comida.



Figura 2. Modelo de envases recolectados. Fuente: Los autores.

2.4 Limpieza de los envases

En esta fase se eliminan los restos de grasas y otros residuos mediante el lavado con jabón y cloro, seguido del proceso de enjuague con abundante agua y secado al aire libre.

2.5 Proceso de corte del plástico

Para cortar los envases de plástico recolectados se utilizó una trituradora de papel con capacidad de corte de tarjetas de crédito.

Debido a que los envases no son totalmente planos se obtuvieron dos tipos de fibras, lisas y corrugadas, y de tamaños diferentes. Para escoger las fibras se tomó en cuenta el tamaño de aquellas fibras que resultaban relativamente de igual tamaño. Estas resultaron ser de un ancho de 4 milímetros y entre 45 a 655 milímetros.

En la segunda parte utilizamos fibras de ancho de tres milímetros y largo entre 35 a 40 milímetros.

3 Construcción de especímenes

Para el estudio de la efectividad del uso de plástico tipo #5 en el refuerzo del concreto a utilizar en la construcción de aceras, se tomó en cuenta la elaboración de viguetas, cilindros y adoquines tipo dos (que son utilizados como superficie en andenes peatonales y ciclo vías) de control con diseño de concreto de 35 MPa y relación agua – cemento de 0.47. Para la fabricación de especímenes con fibras se utilizó el diseño de concreto antes mencionado incluyendo una dosificación de 9 kg/m³ de fibras de plástico. En la tabla 2 se muestran los tamaños y materiales de elaboración de los especímenes ensayados.

Tabla 2. Especificación de los tamaños y materiales utilizados para la construcción de especímenes

Especímen	Descripción	Medidas en pulgadas		
		Diámetro	Longitud	
1 Cilindro	Hormigón	6	12	
1 Cilindro	Hormigón + fibras de plástico			
Especímen	Descripción	Medidas en pulgadas		
		Base	Altura	Longitud
1 Vigueta	Hormigón	6	6	21
1 Vigueta	Hormigón + fibras de plástico			

Dichos especímenes se elaboraron utilizando los parámetros establecidos en la normativa ASTM C 31- 03 [6].

Para el mezclado se utilizó una mezcladora eléctrica, introduciendo cada uno de los componentes de la mezcla que fueron pesados previamente como se muestra en la figura 3.



Figura 3. Proceso de mezclado de los materiales. Fuente: Los autores.

3.1 Desencofrado y curado

El procedimiento de desencofrado se realizó después de 24 horas de confeccionados y se identificó cada uno de los especímenes.

Después de desencofrar los especímenes, se colocaron en una solución de agua saturada en hidróxido de calcio (cal) con una concentración de 2 gramos por litro.

3.2 Ensayos de flexión y compresión

Para realizar las pruebas se retiraron los especímenes de la tina de curado 7 días después de la elaboración (momento en el que el cemento hidráulico alcanza el 90% de resistencia) y se procedió a ensayarlos según la norma ASTM C 39-14a, para los cilindros (figura 4) y ASTM C 78-10, para las viguetas (figura 5). Para los adoquines de hormigón reforzados con plástico, como referencia se utilizó las especificaciones Técnicas del Ministerio de Obras Públicas de Panamá y las normas nicaragüenses que hablan sobre este tipo de ensayo [7] [8].



Figura 4. Ensayo de cilindro con fibras de plástico. [Fuente: Los autores.



Figura 5. Ensayo de viga con fibras de plástico. Fuente: Los autores.

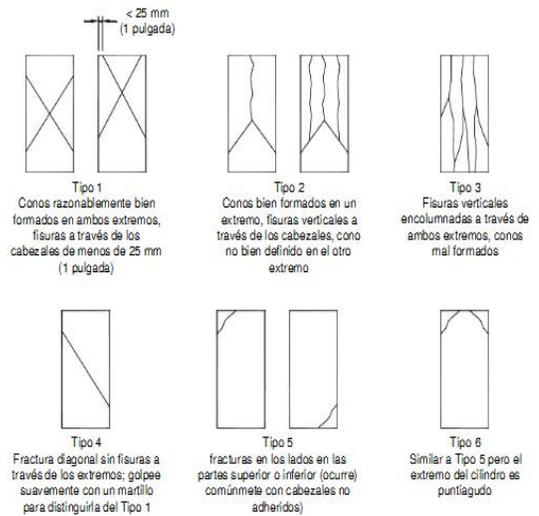


Figura 7. Tipos de falla (ASTM C39/C 39M-05).

4 Resultados

4.1 Resultados de ensayo a compresión

Luego de ensayar los cilindros en la máquina se obtuvieron los resultados mostrados en las figuras 6, 8 y 10 y las tablas 3-5. Para identificar los especímenes, se utilizó la nomenclatura CCF para concreto con fibra y CSF para concreto sin fibra. Las figura 7 muestra los tipos de falla de acuerdo con la norma ASTM C39.

Espécimen	Figura	Observación
C.S.F		Tipo de falla 3
C.C.F. (9kg/m ³)		Tipo de falla 3

Figura 6. Tipos de falla en especímenes. Fuente: Los autores.

Tabla 3: Resultados de medidas y esfuerzo de fallas por compresión

Resultado del ensayo de compresión de cilindros de concreto				
Identificación	Diámetro promedio (mm)	Área (mm ²)	Carga (KN)	Esfuerzo (MPa)
C.S.F.	154,50	18747,65	550,4	29,4
C.C.F. (9kg/m ³)	154,75	18808,37	558,6	29,7

4.2 Resultados del ensayo a flexión

Imágenes por espécimen después del ensayo:

Espécimen	Figura
C.S.F	



Figura 8. Resultado del ensayo a flexión. Fuente: Los autores.

Tabla 4: Resultados de mediciones y esfuerzo de falla de cada espécimen

Tipo	Edad (días)	Clar- o	Ancho	Altura	Carga Máxima		Mód- ulo de Rupt- ura
					(lb)	N	
C.S.F.	7	457,2	154	154	5270	23441	2,95
C.C.F. ($\frac{9kg}{m^3}$)	7	457,2	154	153	5540	24641	3,15

Fuente: Ensayos realizados en el Centro Experimental de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de Panamá en Tocumen.

4.3 Prueba de absorción en adoquines



Figura 9. Prueba de absorción en adoquines con plástico. Fuente: Los autores.

De acuerdo con el manual de especificaciones técnicas del Ministerio de Obras Públicas de Panamá, los adoquines no deben tener una absorción mayor de 7% como valor medio ni de 8% como valor individual. Para nuestros resultados, como valor medio nos resultó un 4.52% valor que se encuentra dentro del rango establecido por la normal especificadas anteriormente.

Tabla 5: Resultados de la prueba de absorción en adoquines tipo 2

Ensayo de absorción adoquines					
Espécimen	Peso inicial secado superficialmente (kg)	Peso final secado al horno (kg)	Dimensiones		
			ancho (m)	alto (m)	largo (m)
E1	2.820	2.694	0.102	0.055	0.200
E2	2.930	2.808	0.102	0.061	0.200
E3	2.790	2.334	0.101	0.060	0.199

Espécimen	Porcentaje de absorción (%)
E1	4.67
E2	4.34
E3	4.56

4.4 Resultados de compresión de adoquines



Figura 10. Ensayo de compresión de adoquines con fibras de plástico. Fuente: Los autores.

De acuerdo con las normas nicaragüenses, en cuanto a la resistencia mínima a la compresión de adoquines tipo 2 debe ser de 20.60 MPa para 7 días. En nuestro caso el promedio en resistencia a compresión nos resultó 43.88%, un valor alto en comparación con el mínimo especificado, y esto nos confirma que nuestro diseño se encuentra en un rango bastante aceptable de resistencia de acuerdo con la norma indicada anteriormente.

Tabla 5: Resultados de mediciones y esfuerzo de falla de adoquines tipo 2

Ensayo de compresión de Adoquines						
Espécimen	Ancho (mm)	Alto (mm)	Largo (mm)	Masa (kg)	Carga (kN)	Esfuerzo (Mpa)
E1 C.C.F	102.3	59.5	200.28	2.82	911.8	44.63
E2 C.C.F	101	60.87	199.48	2.88	916	45.55
E3 C.C.F	100.72	60.69	199.74	2.85	832.3	41.47

Fuente: Ensayos realizados en el Centro Experimental de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de Panamá en Tocumen.

5 Análisis de los resultados

5.1 Comparación de resistencia a la compresión a los siete días

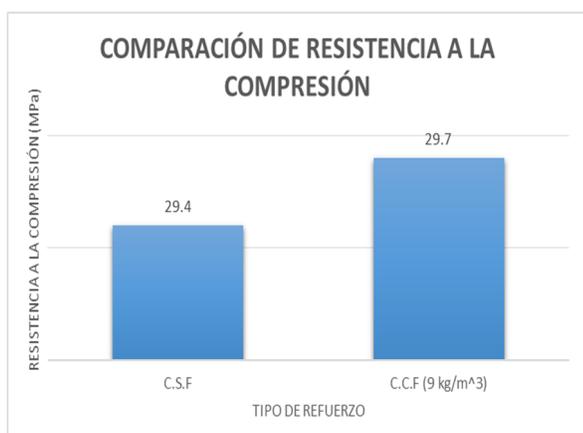


Figura 9. Comparación de resistencia de compresión de cilindros para la muestra con fibra y sin fibra.

Se puede observar en la figura 9 que el concreto con fibra reforzada posee una resistencia menor en comparación al concreto sin fibra, lo que nos indica que su aporte a la compresión no es de gran relevancia.

5.2 Comparación de resistencia a la flexión a los 7 días

Se pudo observar en la figura 10 que el concreto con fibra reforzada posee una resistencia mayor a la flexión en comparación al concreto sin fibra, lo que indica que el refuerzo de fibra de plástico aporta una cantidad importante de resistencia a la flexión.

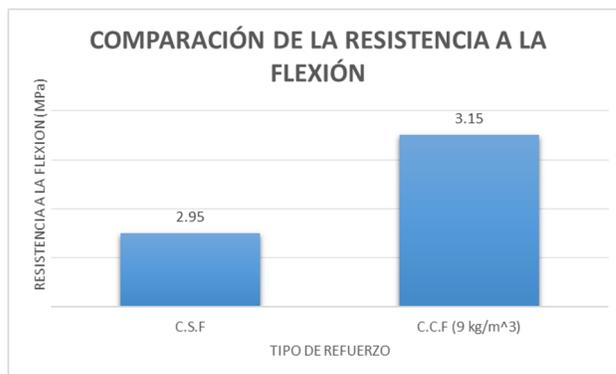


Figura 10. Comparación de resistencia de flexión de viguetas para la muestra con fibra y sin fibra.

6 Conclusiones

Luego de realizar los ensayos se concluye que es factible reutilizar plástico #5 para aportar resistencia a la mezcla de concreto para acera, ya que este ofrece mayor resistencia tanto en flexión como compresión, permitiendo al diseñador disminuir el espesor de la losa de acera y por consiguiente el presupuesto económico para la misma. Aparte de aportar resistencia a la mezcla es una medida positiva para disminuir la cantidad de plástico, que comúnmente ocasiona un gran problema de contaminación.

Este proyecto contribuye a la construcción sostenible, ya que permite aplicaciones del reciclaje de plástico a la ingeniería civil con beneficios ambientales de reducción de residuos sólidos.

RECONOCIMIENTOS

Le damos las gracias al Ingeniero Carlos González y la Ingeniera Gisselle Vargas, quienes fueron las personas que nos apoyaron con las pruebas de laboratorio en el Centro Experimental de Ingeniería de la Universidad Tecnológica en Tocumen.

REFERENCIAS

- [1] C. González, Estudio de Propiedades Mecánicas del Concreto reforzado con fibras de polipropileno reciclado, Panamá, 2017.
- [2] F. R. Rivas, «Panamá exporta sus residuos de plástico a Costa Rica,» En 2015 Panamá exportó desechos solidos reciclables por valor de \$ 62,3 millones , 15 Marzo 2016.
- [3] F. R. Ríos, «El Mercado de Reciclaje de Plastico en Panama,» Analisis sobre la realidad economica y socioambiental de Panama y Centroamerica, 7 10 2011.
- [4] Cámara Argentina de la Industria Plástica, «Cámara Argentina de la Industria Plástica,» [En línea]. Available: <http://caip.org.ar/tipos-de-plasticos/>
- [5] A. Almengor, N. Gutiérrez, J. Moreno y K. Cabllero, «Reciclaje de materiales para la elaboración de bloques bioamigables,» Revista de Iniciación Científica, vol. 3, pp. 82-87, 2017.

- [6] ASTM International, «Standart Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field,» 2003.
- [7] ASTM International, «Estandard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens,» 2014.
- [8] ASTM International, «Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam eith Trird-Point Loading),» 2010.

Toxicidad en *Xiphophorus maculatus* por cipermetrina

Toxicidad en *Xiphophorus maculatus* por cypermethrin

Higinia Acosta¹, Cilinia Aparicio¹, Yorisel Best¹, Kenia Gómez¹, Carlos Vergara-Chen^{2*}

¹ Licenciatura en Ingeniería Ambiental, ² Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen El *Arrivo®6EC* es un insecticida utilizado para el control de plagas, como hormigas y garrapatas. Su ingrediente activo es la cipermetrina, en este caso como agente contaminante que emulsifica en el agua. Este ingrediente presenta un riesgo ambiental de alta toxicidad en peces y organismos acuáticos. El objetivo de este experimento fue evaluar la toxicidad de peces platy *Xiphophorus maculatus* al ser expuestos a la cipermetrina. Dado que el *Arrivo®6EC* es utilizado comúnmente en Panamá, se realizó este estudio para comprobar las afectaciones causadas en los peces platys. Las pruebas se realizaron de manera duplicada para dos concentraciones de cipermetrina, las cuales fueron 1 mg/L y 2.5 mg/L. Los peces presentaban un tamaño y peso promedio de 28.5 cm y 0.33g respectivamente, y una edad de dos a tres semanas aproximadamente. En las observaciones realizadas en las diferentes horas, los síntomas en los peces variaban desde: poca habilidad para nadar, movimiento errático, movimiento solo con estimulación, disnea, natación erguida y en espiral, hasta la muerte. Después de morir, los aspectos más notados fueron: degeneración de tejidos superficiales y colas, lesiones hiperémicas, signos hemorrágicos y pigmentación en la superficie corporal. Se comprobó que incluso en concentraciones de 1 mg/L resultan en una alta tasa de mortalidad de este contaminante letal para la especie *Xiphophorus maculatus*. Se recomienda iniciar con valores de concentraciones por debajo de 1 mg/L, para obtener mejores resultados, y tomándose en cuenta la edad, el tamaño y el peso, pues de esto depende los efectos toxicológicos.

Palabras Clave Cipermetrina, Pez Platy, *Xiphophorus maculatus*, mortalidad, exposición aguda, toxicidad, *Poeciliidae*.

Abstract The *Arrivo®6EC* is an insecticide used to control pests, such as ants and ticks. Its active ingredient is cypermethrin, in this case as a polluting agent that emulsifies in water. This agent presents an environmental risk of high toxicity in fish and aquatic organisms. The objective of this is to evaluate the toxicity on platy fish *Xiphophorus maculatus* when exposed to cypermethrin. Given that *Arrivo®6EC* is commonly used in Panama, the study was carried out to analyze the affectations caused in freshwater fish. The tests were duplicated for the cypermethrin levels, which were 1 mg / L and 2.5 mg / L. The fish have an average size and weight of 28.5 cm and 0.33 g respectively, and an age of approximately two to three weeks. In the observations made in the different hours, the symptoms in the fish varied from: little ability to swim, erratic movement, movement only with stimulation, dyspnea, upright and spiral swimming, and death. After dying, the most outstanding aspects were: degeneration of superficial tissues and tails, hyperemic lesions, hemorrhagic signs and pigmentation on the body surface. It was found that even at concentrations of 1 mg / L there is high mortality rate of this lethal contaminant for the species *X. maculatus*. It is recommended to start with content values below 1 mg / L, to obtain better results, and considering the age, size and weight, since this depends on the toxicological effects.

Keywords Cypermethrin, Platy fish, *Xiphophorus maculatus*, mortality, acute exposure, toxicity, *Poeciliidae*.

*Corresponding author: carlos.vergara3@utpa.ac.pa

1. Introducción

El efecto de los plaguicidas en los diferentes medios ambientales es un problema desde hace mucho tiempo, ya que la función de los plaguicidas está destinada a regular o interrumpir el crecimiento de los seres vivos considerados plagas [1]. Lamentablemente el uso indiscriminado de estos insecticidas para reducir las poblaciones de insectos plagas y vectores de enfermedades que afectan la salud agropecuaria y humana, puede tener consecuencias al llegar a medios receptores como ríos, aguas subterráneas, mares e incluso

pueden llegar al aire, ya sea por lluvias, escorrentías, desechos, volatilización, entre otros tipos de transporte.

Un tipo de plaguicida son los insecticidas, muy utilizados en la industria agrícola y ganadera para controlar plagas de insectos en las cosechas, plantas de jardines, entre otros. Unos de los más utilizados en Panamá son los insecticidas piretroides, ya que se considera relativamente biodegradables [2]. Entre los insecticidas más usados en Panamá está el *Arrivo®6EC* que es un insecticida piretroide con el ingrediente activo llamado Cipermetrina [9].

El platy meridional (*Xiphophorus maculatus*, *Cyprinodontiformes*, *Poeciliidae*) es un pez teleosteo neotropical de agua dulce que se puede encontrar desde el norte de México, hasta Centro y Sudamérica [2]. Los peces platy son omnívoros, con una dieta que generalmente consiste en insectos terrestres y acuáticos, crustáceos acuáticos y materia vegetal [3]. Son peces vivíparos que usan fertilización interna y la aleta anal del macho es un órgano intromitente modificado (gonopodio) [4] [5]. Estos peces son muy populares para su uso en acuarios y están sujetos a importantes pesquerías ornamentales o acuicultura [6]. El objetivo de este trabajo es evaluar la toxicidad aguda de dos concentraciones diferentes del insecticida piretroide cipermetrina en ejemplares de *X. maculatus*, en condiciones de laboratorio, con el fin de conocer el ámbito y grado de toxicidad del compuesto en estudio como primer paso para su uso como bioindicador de toxicidad aguda y crónica, así como también en experimentos de bioacumulación, información que servirá de referencia para estudios ecotoxicológicos posteriores.

1.1 Antecedentes

En forma general, Arrivo®6EC es un insecticida para el control plagas. La dosis de uso del producto está en el rango de los 50-100 g/ha (dependiendo del tipo de plaga y la intensidad del ataque).

Arrivo®6EC es un producto que no es fitotóxico a las dosis de uso recomendadas y es compatible con la mayoría de los productos usados en las aplicaciones foliares. Sin embargo, no se recomienda la mezcla con productos de naturaleza alcalina. Las áreas tratadas con el producto pueden ser inspeccionadas inmediatamente después de la aplicación [7].

En Panamá entre los años 2002 y 2007 la Cipermetrina tenía un volumen de importación de 58,714 L. Entre los cultivos en los cuales está permitido su utilización, según las plagas que tienen dichos cultivos son: arroz a chuzo, maíz a chuzo, pastos, ganadería bovina, frijoles, bayas, berenjena, pepino y uvas. Los límites máximos permitidos de residuos en los alimentos de dichos cultivos varían de 0.05 hasta 0.50 en kg de alimento [8,9]. Es considerado como un insecticida de clase II, lo cual se considera ligeramente peligroso [7].

Se han hecho muy pocos estudios acerca del efecto de la cipermetrina en los organismos acuáticos, entre lo revisado se ha encontrado estudios en la tilapia roja [10], en la *Poecilia reticulata* y la *Cnesterodon decemmaculatus* [11].

2. Marco teórico

La cipermetrina (C₂₂H₁₉Cl₂NO₃) es un insecticida piretroide de alto espectro. Se sintetizó en 1974 y fue comercializada en 1977 como piretroide sintético altamente activo. El uso de este insecticida no se recomienda contra plagas debajo de la superficie del suelo.

La cipermetrina está clasificada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), como "moderadamente dañina".

Esta interactúa con los canales de sodio en las células nerviosas mediante los cuales el sodio entra a la célula para transmitir una señal nerviosa. Estos canales pueden permanecer abiertos por segundos a diferencia del período normal de pocas milésimas de segundo, después de la transmisión de la señal. La cipermetrina también interfiere con otros receptores en el sistema nervioso. El efecto resultante es una larga secuencia de impulsos repetitivos en los órganos sensitivos.

Los síntomas del envenenamiento incluyen sensaciones faciales anormales, mareo, dolor de cabeza, náusea, anorexia y fatiga, vómito y secreción estomacal incrementada. La cipermetrina es también un irritante para la piel y los ojos. Por lo regular, los síntomas deberán aparecer después de algunos días, pero los pacientes severamente expuestos pueden sufrir además estirones musculares y ataques convulsivos. En tales casos, los síntomas pueden persistir por varias semanas.

Los piretroides como la cipermetrina se usan ampliamente debido a su baja toxicidad en pájaros y mamíferos. Sin embargo, son altamente tóxicos para organismos acuáticos como los peces. La dosis letal para los peces pequeños y otros organismos acuáticos generalmente se encuentra por debajo de 1.0 mg/L [12].

3. Métodos y Materiales

Para realización del estudio se obtuvieron cinco peceras con cinco peces platy cada una, el insecticida piretroide cipermetrina disuelto en xileno (60 g de ingrediente activo por litro de producto comercial) con el nombre comercial Arrivo®6EC (Fertilizantes de Centroamérica, S.A.) y anticloro, los cuales se pueden encontrar al alcance de todos en tiendas agrícolas o bien en veterinarias. Los mismos son utilizados a lo largo de toda la República de Panamá, según su uso.

El experimento consistió en el estudio de la mortalidad de los peces, específicamente *X. maculatus*, al ser expuestos a un compuesto químico utilizado regularmente en Panamá. En este caso el compuesto utilizado fue la cipermetrina, la cual es el ingrediente activo del Arrivo®6EC, insecticida utilizado, mayormente, para combatir a las hormigas y garrapatas.

Antes de iniciar la exposición al agente contaminante, se dejaron reposar unos días con la finalidad de que los peces se adaptaran a las nuevas condiciones.

La aclimatación (figura 1) fue por fases, durante cuatro días pasaron con la misma agua con la que se compraron, para que el cambio no fuera tan brusco, al día quinto se le cambió el agua y se le sacaron las plantas acuáticas (*Hydrilla verticillata*) y las piedras de pecera y se lavaron las peceras, se dejaron en agua de clorada durante cuatro días y al día ocho, se les volvió a cambiar el agua debido a la turbiedad. Durante estos días, se alimentó a los peces periódicamente y con 720 ml de agua por pecera.



Figura 1. Aclimatación.

Dado que el agua utilizada fue del grifo, se aplicó una dilución de anticloro líquido para eliminar el cloro que contiene la misma. Esto se realizó con el objetivo de evitar posibles causas de muertes de algún pez por alto contenido de cloro en el agua o asfixia. La dilución fue 0.15 ml de anticloro por cada 720 ml de agua, esto para la aclimatación (figura 1).

Se inició el experimento volviendo a declorar el agua de las peceras, pero esta vez con un volumen de agua de 800 ml por pecera; la decloración de este volumen de agua fue de 0.17 m de anticloro por pecera.

De las cinco (5) peceras, se utilizó una para control biótico, a esta no se le aplicó cipermetrina. Se realizaron pruebas para dos concentraciones de cipermetrina, las cuales fueron dos peceras con diluciones distintas (figura 2) 1.0 mg/L y otras dos con una concentración más alta, de 2.5 mg/L.



Figura 2. Dilución de las concentraciones de cipermetrina.

El comportamiento de los peces se observó una hora después de ser expuestos a la cipermetrina, y luego cuatro horas después. De esta manera se fueron anotando todos los cambios observados en dicho período de tiempo.

Se midió el pH del agua en la pecera de control que estaba declorada (figura 3), del agua del grifo y del recipiente que contenían los aireadores que fueron expuestos a la cipermetrina. Los resultados fueron 7.25, 7.07 y 7.30 respectivamente. La cipermetrina desaparece rápidamente en el agua; pero, estos resultados mostraron que afecta al pH en donde estuvo en contacto.

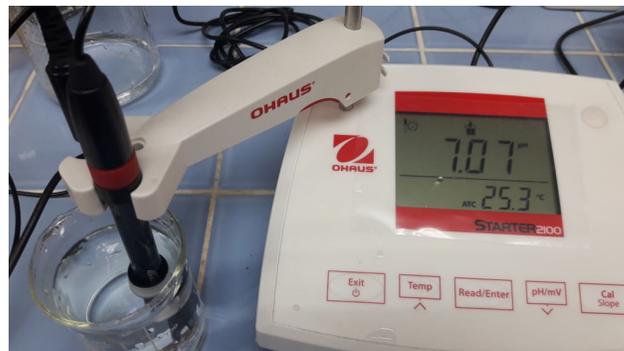


Figura 3. Medición de los niveles de pH de todas las peceras con agua declorada.

Tabla 1. Relación talla y peso

Pecera	Individuo	Talla (mm)	Peso (g)
	1	28	0.41
	2	26	0.28
1	3	30	0.41
	4	29	0.29
	5	28	0.35
	6	27	0.27
	7	27	0.30
2	8	27	0.29
	9	27	0.31
	10	33	0.47
	11	25	0.22
	12	29	0.31
3	13	24	0.19
	14	25	0.21
	15	24	0.21
	16	26	0.25
	17	28	0.32
4	18	25	0.21
	19	25	0.23
	20	24	0.23

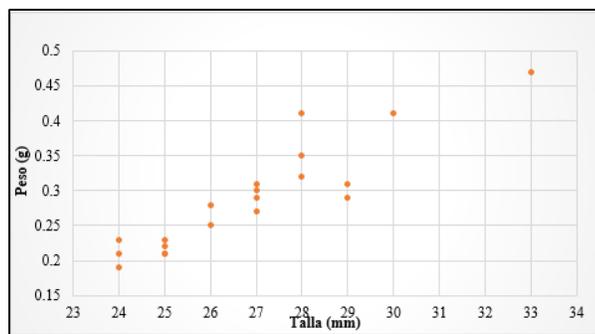


Figura 4. Relación talla y peso.

4. Resultados y discusión

Se puede observar en la figura 4 y en la tabla 1, que los peces se encontraban en un tamaño medio de 28.5 cm (24-33 cm) y un peso medio de 0.33g (0.19-0.47 g), de dos a tres semanas de edad.

De su tamaño, peso y edad puede afirmarse que los peces platy mueren a concentraciones de 1.0 mg/L y 2.5 mg/L en comparación a las concentraciones utilizadas en un bioensayo con bagres (*Rhamdia quelen*), a las cuales se presentaron muerte en menos de 30 minutos de la exposición en concentraciones de 2.5, 3, 5, 10, 15 y 20 mg/L [14].

Tabla 2. Porcentaje de mortalidad

Peceras	Tiempo (horas)	Mortalidad	Porcentaje (%)
1	1	0/5	0
	4	0/5	0
	24	5/5	100
2	1	0/5	0
	4	1/5	20
	24	5/5	100
3	1	0/5	0
	4	2/5	40
	24	5/5	100
4	1	0/5	0
	4	1/5	20
	24	5/5	100
Control	1	0/5	0
	4	0/5	0
	24	0/5	0

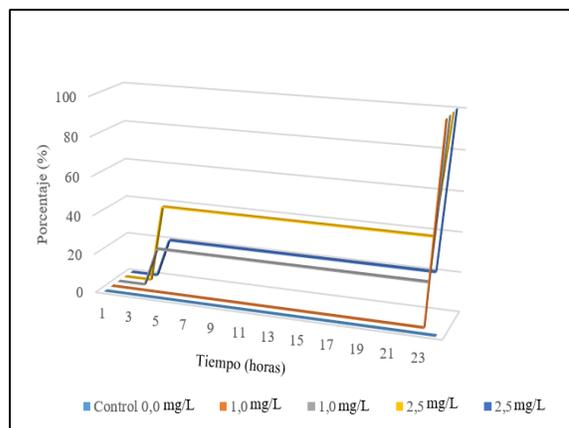


Figura 5. Porcentaje de mortalidad.

En la figura 5 y tabla 2 se muestra la cantidad, en porcentaje, de peces muertos por pecera con respecto al tiempo transcurrido durante el periodo de observación, mostrando las concentraciones utilizadas de 1.0 y 2.5 mg/L. Se observa como en la pecera de control no hubo mortalidad, mientras que en una de las peceras conteniendo 1.0 mg/L de cipermetrina no hubo muerte hasta antes cumplirse las 24h de exposición (línea naranja), en la otra pecera de 1.0 mg/L se observa una mortalidad del 20% a las 4h de exposición y se mantiene así hasta cumplirse las 24h (línea verde). En las peceras con exposición a cipermetrina a 2.5 mg/L se ve una mortalidad del 40% a las 4h de exposición y en la otra se muestra una mortalidad del 20%, ambas manteniéndose así hasta antes de cumplirse las 24h de exposición al contaminante (líneas amarillo y azul, respectivamente).

5. Descripción de la conducta

Se logró observar algunas características acerca del comportamiento antes mencionado que podía causar la exposición de peces al contaminante piretroide, cipermetrina. Dicho comportamiento se muestra en la tabla 3, tomando en cuenta las concentraciones utilizadas y el tiempo de observación estudiado.

Los peces expuestos a las concentraciones de 1.0 y 2.5 mg/L mostraron pérdida de equilibrio, alteración de la natación, disnea (mantuvieron abiertas sus bocas y opérculos), natación erguida y movimientos repentinos de natación en espiral. Antes de morir, los peces se volvieron menos activos, permaneciendo verticalmente en el agua y, de vez en cuando, inmóviles en el fondo del acuario. En comparación con otros estudios como el bioensayo realizado con *Rhamdia quelen* [14], se pudo observar comportamientos similares a los obtenidos en este estudio, a pesar de haber sido con concentraciones de 2.5 a 20 mg/L.

Pecera 1. (13 µg/L)

Una hora después:

- Los peces mostraron poca habilidad para nadar.
- La mayoría de los peces permanecían en el fondo de la pecera.
- Dos de cinco nadaban hacia la superficie y trataban de obtener aire en ella.

Cuatro horas después:

- Los peces estaban vivos, pero no nadaban.
- La mayoría de los peces permanecían en el fondo de la pecera.
- Algunos solo movían las aletas laterales.

Pecera 2. (13 µg/L)

Una hora después:

- Los peces también mostraron poca habilidad para nadar.
- En algunos (los de color marrón con machitas negras) casi nula.
- Los demás (los de color naranja) giraban mientras nadaban.

Cuatro horas después:

- Había un pez muerto.
- El resto aún estaban vivos, aunque flotando.

Pecera 3. (33 µg/L)

Una hora después:

- Tres peces permanecían en el fondo, no nadaban, pero estaban vivos.
- Al nadar, se observó un poco de más habilidad y control en comparación con los de las peceras anteriores, tomando en cuenta que las concentraciones de contaminante en esta pecera y la cuatro (4) eran mayores que en la uno (1) y dos (2).
- Tendían a permanecer en el fondo, aun estando vivos.

Cuatro horas después:

- Tres peces permanecían en el fondo, no nadaban y aun movían sus aletas.
- Había dos peces muertos.
- Uno de los peces que estaban en el fondo mostraba movimiento errático cuando nadaba.

Pecera 4. (33 µg/L)

Una hora después:

- Los peces estaban vivos, pero no nadaban, solo flotaban.

Cuatro horas después:

- Había un pez muerto.
- Ya no nadaban, permanecían completamente en el fondo.

- Solo reaccionaban, moviendo las aletas y la cola, al ser estimulados.

Veinticuatro horas después:

- Absolutamente todos los peces estaban muertos.
- Los de control estaban completamente saludables.

6. Mortalidad

Las alteraciones postmortem observadas en animales expuestos a cipermetrina incluyen pérdida parcial (y en algunos casos total) de pigmentación de la superficie corporal, lesiones hiperémicas y ulceradas, con signos hemorrágicos en varias partes del cuerpo, así como erosiones con barra y colas un aspecto degenerativo (figura 6).

La mortalidad del platy (*Xiphophorus maculatus*) expuesto a las dos concentraciones (1.0 mg/L, 2.5 mg/L) fue rápida debido a su baja tolerancia, en comparación con el pez guppy o pez millón (*Poecilia reticulata*), que en su concentración más bajas (0.06 mg/L) tardaron más tiempo en morir, por motivo de que su tolerancia es más altas y fuerte, es decir llegan a tolerar más la presencia del contaminante. Con esto podemos demostrar que el pez platy es un buen bioindicador porque logra mostrar que en el cuerpo de agua está presente este contaminante específicamente.



Figura 6. Observaciones postmortem.

Se pudo observar al finalizar el experimento que el pH del agua con los aireadores expuestos a cipermetrina (figura 7) utilizado en cada una de las peceras es mayor a los pH tomados previamente del agua del grifo y de agua de la pecera de control.



Figura 7. pH en el equipo de aireación usado.

7. Conclusiones

Mediante este experimento se demostró la toxicidad del ingrediente activo cipermetrina, presente en el insecticida Arrivo®6EC en peces de agua dulce (*X. maculatus*). Se comprobó que las concentraciones entre 1.0 y 2.5 mg/L de este contaminante son letales para estos peces. La cipermetrina provocó lesiones físicas externas, así como también alteraciones en el comportamiento y finalmente la muerte.

Los resultados apuntan a que, exponer peces al contacto con este insecticida, puede llegar a generar una alta tasa de mortalidad a corto plazo.

RECOMENDACIONES

- Repetir el experimento utilizando concentraciones menores de 1.0 mg/L del contaminante, de esta manera se podrá obtener una mejor observación de la reacción de los peces expuestos.
- Mantener una higiene controlada y extrema con los instrumentos utilizados.
- No utilizar instrumentos que hayan sido expuestos a concentraciones del contaminante, ya que puede tener un efecto no deseado en el resultado final.
- Llevar una bitácora durante el estudio para así llevar un registro exacto de toda la información recopilada.

RECONOCIMIENTOS

Este estudio surgió como un proyecto de clase dentro de la asignatura Ecotoxicología dictada por la Dra. Viccelda Domínguez de Franco en la carrera de Ingeniería Ambiental y participó en la Jornada de Iniciación Científica 2018 de la Universidad Tecnológica de Panamá. El trabajo fue respaldado parcialmente por la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) de Panamá.

REFERENCIAS

- [1] Editorial Sol 90 SL, «Gran Enciclopedia Visual,» de Gran Enciclopedia Visual, vol. tomo 11, Sol 90 SL, 2005, p. 981.
- [2] Wikipedia, «Plaguicida,» 10 mayo 2018. [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Plaguicida>.
- [3] Zaret, T. M. (1984). Evolutionary ecology of neotropical freshwater fishes. Developments in Environmental Biology of Fishes, vol. 3, Springer Netherlands, Berlin/Heidelberg, Germany.
- [4] Arthington, A. (1989). Diet of *Gambusia affinis holbrooki*, *Xiphophorus helleri*, *X. maculatus* and *Poecilia reticulata* (Pisces: Poeciliidae) in streams of southeastern Queensland, Australia. Asian Fish. Sci. 2: 193-212
- [5] McKenzie Jr., W.D., Crews, D., Kallman, K.D., Policansky, D., Sohn, J.J. (1983). Age, weight and the genetics of sexual maturation in the platyfish, *Xiphophorus maculatus*. Copeia: 770-774. Schreibman, M., Kallman, K (1978). The genetic control of sexual maturation in the teleost, *Xiphophorus maculatus* (Poeciliidae): a review. Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys. 957-962.
- [6] Abasali, H., Mohamad, S. (2011) Dietary prebiotic immunogen supplementation in reproductive performance of platy (*Xiphophorus maculatus*). Agric. J. 6: 161-165.
- [7] «Agrosiembra.com,» [En línea]. Available: http://www.agrosiembra.com/nc=ARRIVO20-25_EC-51. Último acceso: 15 05 2018].
- [8] Ministerio de Salud, «DECRETO EJECUTIVO 467,» República de Panamá, 2007.
- [9] Ministerio de Ambiente, «Proyecto de Productividad Rural y Consolidación Del Corredor Biológico Mesoamericano Del Atlántico Panameño,» República de Panamá, 2012.
- [10] B. Henao. y. colaboradores, «Evaluación genotóxica de los plaguicidas cipermetrina,» Actual Biol, vol. 27, n° 82, pp. 43-55, 2005.
- [11] M. J. P. d. Croux y. colaboradores, «Toxicidad Aguda del piretroide cipermetrina en *Poecilia reticulata* y *Cnesterodon decemmaculatus* (Pisces, Poeci-liidae),» FABICIB, vol. 6, pp. 69-74, 2002.
- [12] McKenzie Jr., W.D., Crews, D., Kallman, K.D., Policansky, D., Sohn, J.J. (1983). Age, weight and the genetics of sexual maturation in the platyfish, *Xiphophorus maculatus*. Copeia: 770-774.
- [13] F. P. Montanha, «Pyrethroid toxicity in silver catfish, *Rhamdia quelen*» Pesquisa Veterinária Brasileira, vol. 32, n° 12, pp. 5-6, 2012.

Agricultura de precisión con drones para control de enfermedades en la planta de arroz

Precision agriculture with drones to control diseases in the rice plant

Jorge A. Barraza^{1*}, Eduardo J. Espinoza¹, Alonso G. Espinos¹, Jose Serracin¹

¹Licenciatura en Ingeniería Electromecánica, Centro Regional de Chiriquí, Universidad Tecnológica de Panamá,

Resumen Este texto trata sobre la detección de enfermedades en la planta de arroz, implementando agricultura de precisión con drones. Los cuales emplean un sensor de color (cámara) que será capaz de identificar el espectro de colores en los cultivos, es decir, reconocer el área específicamente afectada dentro del mismo, acto seguido, el agricultor podrá aplicar los químicos necesarios limitándose a esta zona, dicho de otra manera, se elimina el método actual de trata de enfermedades en el cual se aplican los pesticidas al cultivo entero, en efecto se reducirán: costos en compra de productos químicos, contaminación de suelos al no utilizar una dosis adecuada. Además, mejora el problema de eutrofización, a saber, que, actualmente presentamos uno en el área de pedregal y mejora la calidad de los productos para nuestra alimentación.

Palabras clave Agricultura de precisión, control del arroz, drones, espectrofotometría.

Abstract This text deals with the detection of diseases in the rice plant, implementing precision agriculture with drones. They use a color sensor (camera) that will be able to identify the spectrum of colors in the crops, which means, recognize the area that is specifically affected within it, then the farmer can apply the necessary chemicals limited to this area, In this way, the current method of treating diseases in which pesticides are applied to the whole crop is eliminated, in effect they will reduced: costs in buying chemical products, soil contamination by not using an adequate dose. Also, improving the problem of eutrophication, currently that it is presented in Pedregal and improve the quality of the products for our food.

Keywords Precision farming, rice control, drones, spectrophotometry.

* Corresponding author:jorge.barraza.94@hotmail.com

1. Introducción

El arroz es parte de la cultura alimenticia del panameño, en este sentido, se iniciaron los trabajos de investigación en las plantas de arroz con énfasis en la detección de enfermedades o plagas a las cuales se ve sometida la planta de arroz en nuestros suelos.

Como propósito tenemos, presentar una base de datos sobre el espectro de colores dentro de las plantaciones del arroz, a saber, que, cuando esta planta se ve afectada su color natural cambia y atraviese por distintas degradaciones de colores dependiendo de la afectación, por ejemplo, si se enfrenta al acaro *Spinki* la misma se torna amarillenta.

En la agricultura la espectrofotometría representa una gran ventana de posibilidades, tomando como ejemplo estudios ya realizados en este caso para cultivos de papas [1], sin embargo, validan nuestra incursión de su uso, más extrapolándonos a cultivos en el arroz.

El arroz se puede ver afectado por distintos agentes, sin embargo, a través del tiempo se desarrollan formas de contrarrestar los mismos mediante control biológico [2].

Como el método tradicional empleado por agricultores nacionales consiste en combatir las enfermedades de los cultivos mediante una aplicación masiva del pesticida o producto químico que requiera la afectación, sin reparar en los efectos secundarios que esto conlleva, puesto que como productores no pierden tiempo en averiguar detalladamente que parte se ve afectada específicamente, en consecuencia los suelos reciben una cantidad considerable de químicos, de modo que, estos con el paso del tiempo y las lluvias viajan por el subsuelo y pueden llegar a vías acuíferas en poblaciones cercanas a la plantación, así que las personas que habitan en estas zonas rurales presentan enfermedades proporcionadas por la contaminación de las aguas que utilizan para consumo y uso cotidiano.

Otro problema paralelo es cuando estas aguas contaminadas llegan a mar abierto, en particular, podemos resaltar la situación en el área de Pedregal, provincia de Chiriquí, en donde los pescadores comunican su inquietud, así pues, cada vez tienen que navegar más lejos para lograr satisfacer su producción, esto se debe a un problema de eutrofización el cual consiste en la contaminación de las aguas por lo cual la vida marina cercana a la costa se ve reducida y recurren a moverse a zonas distantes.

1.1 Manejo integrado del cultivo de arroz en Panamá

Por lo que se refiere a identificación, biología y muestreo de insectos-plagas y benéficos: contribución para el manejo integrado de plagas en el cultivo del arroz, se utilizó como fuente de datos, investigaciones que presenta el IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá) con el cual recolectamos la data necesaria para tener un mejor panorama de las plagas y enfermedades que enfrentamos en nuestro país, así mismo, como afectan los cultivos y como se ven las representaciones de estas afectaciones en el cambio de color del mismo.

Las plagas, como lo son malezas e insectos del arroz se les concede la pérdida de un 35% en cuanto a producción. En la situación del arroz irrigado, el manejo de los insectos y plagas representa un 6% de costos en producción.

En Panamá se obtuvieron resultados similares gracias a Zachrisson en el año 1998, donde el costo de la producción en cuanto al control de insectos en el arroz, bajo las condiciones de riego, se dio en un 7%, por consiguiente, los insectos se consideraron una limitante de gran importante en el desarrollo con la producción de arroz [3].



Figura 1. Vista del macho *Spinki* desde un microscopio electrónico.

Se obtiene información que asegura que el arroz rojo es la más importante maleza del cultivo. Se verificó la tolerancia de los cultivares promisorios en cuanto al arroz del IDIAP VF 72_10 y VF 147_09, a la plaga del *Stenotarsonemus pinki* (figura 1).

La información dada de micronutrientes como por ejemplo el zinc y el silicio, en la especie del IDIAP FL 137-11, incrementa el desarrollo. Las curvas de absorción nos muestran que, en condiciones de riego, se obtiene gran cantidad de nutrientes [4].

1.2 Sistema de manejo de data en fertilización de precisión.

Un objetivo posterior a la detección de plagas en la planta de arroz es que a su vez el dron pueda determinar la zona afectada, y sea capaz de actuar mediante el riego de fertilizantes al área, la data recolectada en esta fertilización de precisión pasaría por un proceso para posteriormente ser analizada por el *software* para esto se desarrolla un diagrama de flujo (figura 2) que cuente con estaciones de referencia continuamente operadas o como sus siglas en ingles nos indican (CORS, Continuously Operating Reference Stations) [5].

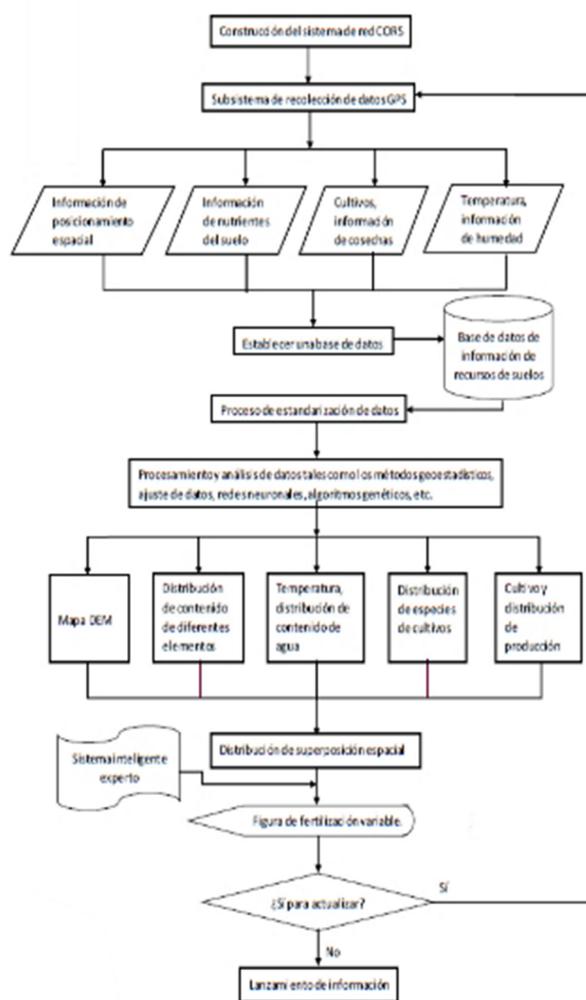


Figura 2. Flujo del proceso en el sistema de manejo de información sobre fertilizantes de precisión.

2. Antecedentes

Muchos sistemas tecnológicos se han implementado a través de la agricultura de precisión para el mejoramiento de cultivos a nivel mundial. Alguno de los proyectos se basaron en la creación robots que sean capaces de mejorar la

producción del arroz en exteriores [6], lo que buscamos es elevar el medio de agricultura de precisión en nuestro país.

Nos concentramos en optimizar el proceso de la producción del arroz mediante la eliminación de sus plagas, este proceso de mejoramiento dentro de cultivos ha presentado grandes resultados ya que mediante la agricultura de precisión se pueden coleccionar una serie de información sumamente útil para el mejoramiento de los cultivos, mediante una data tecnológica [7]. En el campo de la agricultura sostenible, es necesaria la implementación de innovaciones tecnológicas como robots autónomos móviles en agricultura, capaces de desenvolverse en el campo coleccionando data de cultivos y brindando las necesidades de estos, este estudio está en proceso experimental [8].

La visión artificial aplicada a las plantas se presenta en una revisión con implicaciones para el despliegue de campo en operaciones agrícolas automatizadas, siempre se requiere el estudio de los suelos para confirmar el uso viable de este sistema dentro de los cultivos [9].

Previamente al desarrollo de drones en cuanto a aplicaciones como posicionamiento o descarga de fertilizantes dentro de la agricultura de precisión, se tenía la investigación sobre el sistema de control del aplicador de fertilizante de tasa variable en la agricultura de precisión (figura 3) basada en la combinación posicionamiento de GPS, brújula electrónica y giroscopio [10].

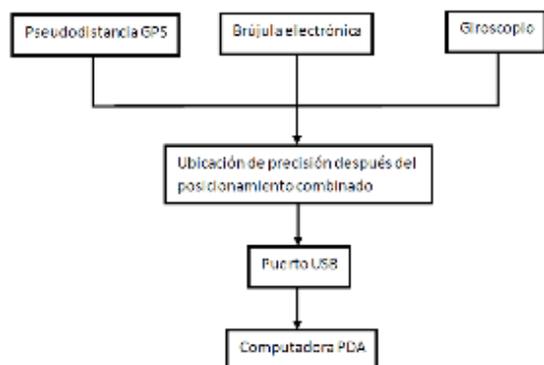


Figura 3. Diagrama del sistema de posicionamiento en la agricultura de precisión, antes de los drones.

En la búsqueda de sensores dentro del área agrícola, los documentos nos proporcionan información como la red de sensores inalámbricos que pueden actuar como un sistema de muestreo distribuido dentro de las aplicaciones agrícolas de precisión que buscan estimar la variabilidad espaciotemporal. Los nodos del sensor se deben utilizar conociendo el rango de comunicación y el rango de muestreo en vez del de detección. [11].

Los sistemas de visión que son empleados para la medición de plantas en los campos agrícolas se necesitan con frecuencia para analizar patrones espaciales, dicho de otra

manera, discriminar diferencias y por lo que se necesita que trabajen con alta resolución.

Los objetivos de estos análisis abarcan la predicción y el monitoreo del rendimiento, y la evaluación de las pruebas de manejo en los cultivos [12].

La densidad bacteriana en la bacteria *burkholderia glumae* presenta gran aumento bajo condiciones ambientales favorables, por tanto, bajo un sistema de regulación denominado *quorum sensing*, se determinan los procesos de virulencia mediante la activación de genes causantes de la síntesis de la toxoflavina, la cual restringe el flujo de nutrientes, para la biogénesis de flagelos. Las plantas desarrollan la sintomatología que finalmente conlleva a un vaneamiento del grano provocando pérdidas económicas importantes [13].

3. Método

La propuesta es utilizar un sistema con el cual se pueda observar los diversos espectros de colores en los cultivos, determinar durante su proceso de crecimiento si tiene o no afectaciones que perjudiquen su desempeño. El sistema se basa en detección de colores mediante una cámara especial de seguimiento.

El equipo que se utilizara está basado en una combinación de Arduino (figura 4) con un sensor de color (Pixy CMUCam5), el cual tiene la función de reconocer colores, a su vez darles seguimiento a objetos y un drone encargado de movilizar el sensor a través del cultivo. Para la fabricación de nuestro equipo utilizamos los siguientes materiales:

- Placa Arduino UNO
- Cable de red
- Pixy CMUCam5
- Computadora
- Drone

El *software* necesario se resume en:

- Programa Arduino
- Driver para la placa Arduino



Figura 4. Tarjeta Arduino.



Figura 5. Sensor cámara PIXY CMUCAM5.



Figura 6. Drone implementado con el sensor PIXY CMUCAM5.

La cámara pixycam5, se utiliza como sensor de color, esta tiene una propiedad de que puede detectar algo fijo, y decimos en la pantalla cuantas veces el color se repite en la imagen en tiempo real (figura 5). Esta función nos ayuda al poder detectar el color de alguna enfermedad, bacteria, o daño que tenga el cultivo en general.

El Arduino solo es el *software* para poder verificar los datos obtenidos por la Pixy CMUCam5, que al ser programada da los lugares que se encuentran infectados, detectando la diferencia según el color con que fue programada.

Con la programación, da un color verde a los cultivos sanos, dependiendo el caso. Se hace una gama de colores verdes se toma como referencia y se dice que son cultivos sanos libres de enfermedades.

Cuando se encuentra algún color diferente a la gama de colores verdes, cualquier otro color, lo detecta enseguida y lo marca en la pantalla, dando el posicionamiento de lugar la enfermedad o daño en el cultivo. Para su pronta ayuda, o aplicación del químico.

La propuesta que da este sistema es el observar que lugares están afectados, y poder encontrar esos puntos en los cuales determinara el nivel de enfermedad que tiene el cultivo, con el fin de buscarle una solución lo más pronto posible.

Para empezar, se desarrolla un programa base en programación Arduino (figuras 14 y 15), el cual se enfoca en realizar una distinción de colores y a su vez guardar una data de reconocimiento.

Una vez en campo con el sensor cámara PIXY, graba una planta visiblemente afectada, luego mediante la programación se guarda ese patrón de color para que el sensor lo reconozca como una afectación, después se realiza el mismo procedimiento, pero esta vez con una planta completamente sana.

Ahora bien, ya con la cámara reconociendo los distintos patrones de colores recopilados, se procede con la implementación de esta al drone.

Se realizaron pruebas de vuelo para determinar el máximo rango de altura entre el cultivo y el sensor para que se identifiquen los colores adecuadamente, mediante las mediciones se marcó como una altura promedio indicada de dos metros entre la planta y la cámara.



Figura 7. Fotografía tomada en campo dentro del cultivo en presencia de una afectación por bacteria.



Figura 8. Drone con el sensor realizando las pruebas de campo para la detección de patrones de color.

4. Resultados

En primer lugar, se detecta una afectación en las hojas del cultivo, la misma se reconoce con el sensor y se marca su patrón específico dentro de la base de datos.

La coloración presentada es un amarillo-rojizo debido a una deficiencia de fósforo dentro del cultivo.

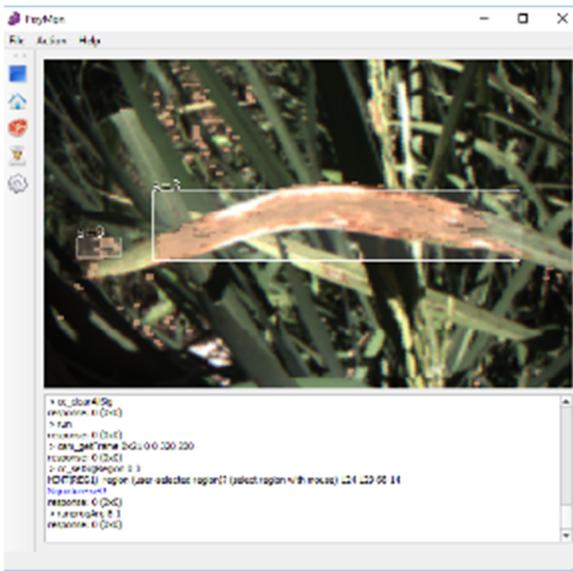


Figura 9. S=3 Afectación en la misma hoja de la planta un color rojizo amarillo.

Otro punto es la presencia de vaneamiento en las plantas de arroz debido a la bacteria burkholderia glumae, la cual deja un color amarillento en la misma, dentro del campo se graba el patrón de color provocado por la bacteria y se sube a la base de datos, una vez dentro, la cámara al pasar por el cultivo reconoce las áreas afectadas.

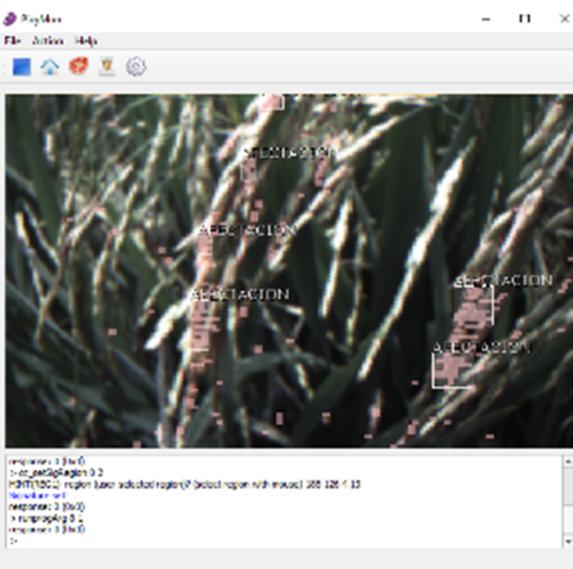


Figura 10. Afectaciones en la planta de arroz debido a la bacteria burkholderia glumae.

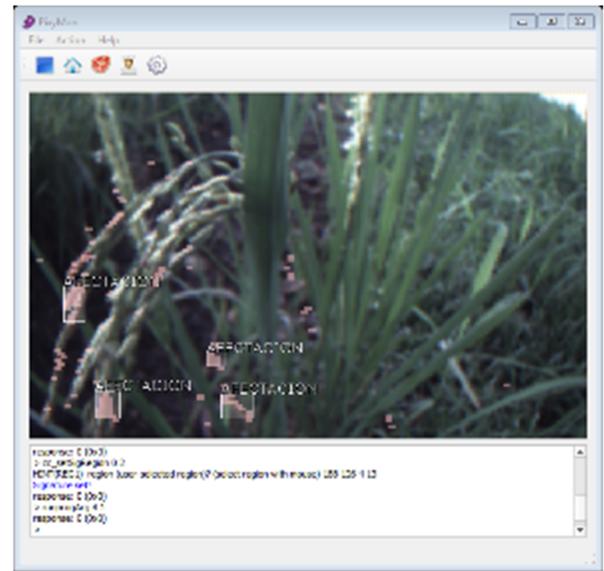


Figura 11. Afectaciones del vaneamiento mostrada por nuestro sensor.

Ahora bien, también se realizaron pruebas y toma de data en un cultivo completamente sano, para de igual manera grabar su patrón de color, con lo cual se puede realizar la comparación entre un cultivo afectado y uno sano.

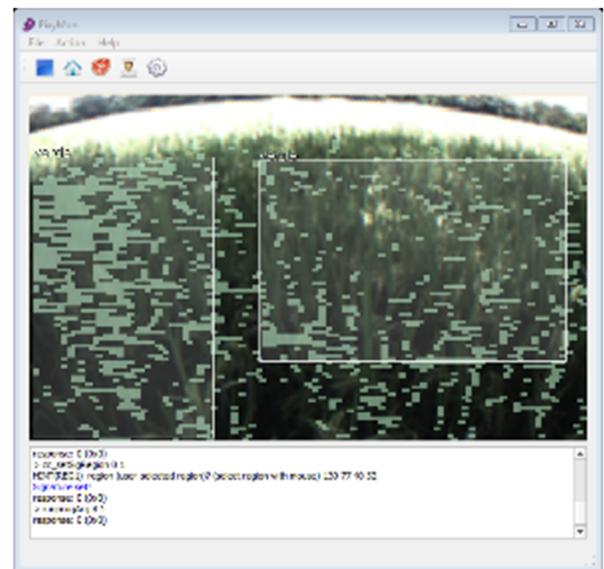


Figura 12. Patrón de color en un cultivo sano.

El cultivo cuenta con un total de 2 hectáreas el equivalente a 20000 metros cuadrados, la zona afectada representa un 5% el equivalente a una zona de 1000 metros cuadrados.

Se determina que la zona afectada por la bacteria representa un porcentaje bajo dentro de la producción del cultivo, con lo cual se puede tratar de manera rápida y eficiente.

Esta información se logra obtener mediante marcaciones realizadas en el campo, donde el dron marca afectación se coloca un indicador como una bandera, a medida que se

mueve se obtiene un inicio y fin de zona, estas se van midiendo, así es como se determinó el área afectada.

Sin embargo, este tipo de bacteria se debe tratar lo mas pronto posible de lo contrario puede llegar a presentar grandes pérdidas económicas dentro de la producción.



Figura 13. Parte de la zona afectada dentro del cultivo (señalizada con la flecha).

La PIXY CMUCAM5 cuenta con una aplicación llamada Serial Monitor, con la cual se programan mensajes de alerta que envían la misma al celular mediante bluetooth.

Estos mensajes fueron programados para indicar tres tipos de situaciones distintas:

1. La planta se encuentra sana: este mensaje se da cuando el sensor detecta solamente el patrón preestablecido como sano.
2. La planta se encuentra enferma: este mensaje se da cuando el sensor detecta una mezcla del patrón de colores de afectación y el sano.
3. La planta esta muerta: este mensaje se da cuando el sensor detecta solamente el patrón preestablecido como afectación.



Figura 14. dos tipos de alertas programadas, detectadas y enviadas al celular (sana y enferma).



Figura 15. Tercer tipo de alerta enviada al celular (afectación total en la planta).

La programación del sensor se realizó mediante Arduino, con el cual se hizo la rutina de reconocimiento para los distintos patrones de colores y a su vez el mensaje alerta enviados al móvil.

```

/*PROYECTO DRON CON CAMARA PARA DETECCIÓN DE ANGUILAS EN PLANTAS DE CULTIVO*/
// begin license header
// This file is part of Pixy CMUCAM5 or "Pixy" for short
//
// All Pixy source code is provided under the terms of the
// GNU General Public License v2 (http://www.gnu.org/licenses/gpl-2.0.html).
// Those wishing to use Pixy source code, software and/or
// technologies under different licensing terms should contact us at
// mruos@cs.cmu.edu. Such licensing terms are available for
// all portions of the Pixy codebase presented here.
// end license header

#include <SPI.h> //libreria de conexión entre arduino y pixycam
#include <Pixy.h> //libreria utilizada por pixycam

Pixy pixy;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.print("Iniciando lectura");
  Serial.begin(9600);
  pixy.init(1);
}

void loop()
{
  static int i = 0;
  uint16_t blocks;
  blocks = pixy.getBlocks();

  if (blocks)
  {
    i++;

    // do this (print) every 50 frames because printing every
    // frame would hog down the Arduino
    if (i%50==0)
    {
      if(pixy.blocks[0].signature==1)
      {Serial.println("SANA");
      Serial.println("LA PLANTA ESTÁ SANA");
      Serial.write("LA PLANTA SE ENCUENTRA SANA \n\n");}

      if(pixy.blocks[1].signature==2)
      {Serial.println("COMBINADO");
      Serial.println("LA PLANTA SE ENCUENTRA MAL");
      Serial.write("LA PLANTA SE ENCUENTRA ENFERMA \n\n");}

      else if(pixy.blocks[0].signature==2)
      {Serial.println("ANGARILLO");
      Serial.println("LA PLANTA SE ENCUENTRA SECA");
      Serial.write("LA PLANTA SE ENCUENTRA ENFERMA \n\n");}
    }
  }
}

```

Figura 16. Código en Arduino para muestras de alertas en afectaciones presentadas por el cultivo.

5. Conclusiones

Los resultados obtenidos al realizar las pruebas de recopilación de información en trata de enfermedades del cultivo arroz, pueden ser extrapolados a cualquier otro monocultivo que exista, puesto que todos al padecer alguna enfermedad muestran un cambio de color.

Además de la utilización de la Pixy CMUCam5 se puede utilizar una tarjeta llamada 1sheeld, con la cual, se puede observar el patrón de colores a través de la cámara la cual se instala hasta cualquier dispositivo móvil.

Con la realización del proyecto, se resuelven problemas en control de gastos para los agricultores, se corrige las afectaciones por eutrofización y se mejora la calidad alimenticia de los productos.

El arroz es uno de los principales alimentos de nuestro país, y se ve diezmado en ocasiones por las distintas plagas que no son tratadas de forma correcta o simplemente no se localizaron a tiempo, se puede corregir esto de manera sustancial, al implementar la caza de enfermedades con drones.

Actualmente en Panamá solo se llevó a cabo este experimento en forma controlada por el IDIAP para el control de malezas en una tomatera, el cual presento buena perspectiva.

Panamá no cuenta con una base de datos dentro de la detección de cambios en color de plantas para la trata de enfermedades, sin embargo, en otros países como China o, Estados Unidos, si se ha realizado y se tiene muy buenos resultados de estos, por lo que se busca implementarlo en nuestras tierras.

La bacteria encontrada fue *burkholderia glumae* la cual es relativamente nueva en nuestras zonas, esta causa un vaneamiento en la planta del arroz el cual son granos vacíos, esto representa pérdidas económicas fuertes en la producción de no tratarse adecuadamente y en el tiempo de su esparcimiento.

AGRADECIMIENTO

Ante todo, dar gracias a Dios, por permitir desarrollar esta idea y brindar sabiduría, salud y paciencia.

Se agradece a Ganadería La Yeguada, S.A. por permitir realizar la investigación dentro de los terrenos de su finca ubicada en David, Chiriquí.

REFERENCIAS

- [1] C. Quality and F. Insect, "The Effects of Low - Dose Gamma Ir radiation and Storage Time on Carotenoids, Antioxidant Activity, and Phenolic in the Potato Cultivar Atlantic," no. September 2006, pp. 125-131, 2007.
- [2] L.H. R. L. Winston and M. Schwarzla, "Biological control of weeds : an analysis of introductions , rates of establishment and

estimates of success , worldwide," pp. 319-331, 2018.

- [3] I. C. Buitrago; E.I.Q. MacIntire; and B. Z. Salamina, Innovación tecnológica para el manejo integrado del cultivo de arroz en panamá.
- [4] IDIAP, "Memoria Memoria memoria," 2018.
- [5] Z. Liu, W. Xiong, and X. Cao, "Design of Precision Fertilization Management Information System on GPS and GIS Technologies * The Development of Precision Fertilization Based on GPS," pp. 268-277.
- [6] A. Baerveldt, "An Agricultural Mobile Robot with Vision-Based Perception for Mechanical Weed Control," pp. 21-35, 2002.
- [7] G. Burlacu, R. Costa, J. Sarraipa, and R. Jardim-goncalves, "A Conceptual Model of Farm Management Information System for Decision Support," pp. 47-54, 2014.
- [8] H. Hagras, M. Colley, V. Callaghan, and M. Carr-west, "Online Learning and Adaptation of Autonomous Mobile Robots for Sustainable Agriculture," pp. 37-52, 2002.
- [9] Y. He, "Effects of land use intensity on soil nutrient distribution after reclamation in an estuary landscape," pp. 699-707, 2013.
- [10] G. Pan and X. Feng, "Research on Control System of Variable Rate Fertilizer Applicator in Precision Farming Based on Combined Positioning of GPS , Electronic Compass and Gyroscope * Outline of Precision Farming and the Main Technological," pp. 188-192.
- [11] H. Liu, Z. Meng, H. Wang, and M. Xu, "Systematic Random Deployment for Wireless Sensor Network in Agricultural Sampling-Interpolation," pp. 53-59.
- [12] C.L.M.N.H.H.S.R. Raine, "Applied machine vision of plants : a review with implications for field deployment in automated farming operations," pp. 209-217, 2010.
- [13] Andrea Quesada-González2 Burkholderia glumae en el cultivo de arroz en costa rica, Agron. Mesoam. 25(2):371-381. 2014

Aplicación de las tres primeras etapas de la metodología DMAIC para identificar la causa principal de la merma en el proceso de producción de las tortillas de harina de trigo

Application of the first three stages of the DMAIC methodology to identify the main cause of decline in the production process of wheat flour tortillas

Luís Donderis^{1*}, Aníbal Martínez¹, Roshni Nagrani¹, Carlos Zachrisson¹, Nicole Barría¹
¹ Licenciatura en Ingeniería industrial, Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen La merma se define como la reducción de un producto que ocurre durante un proceso de producción, debido a los niveles de temperatura, humedad, niveles de agua, maquinaria, operadores, materia prima y otros factores. Basándonos en que la mayoría de las empresas producen merma, lo que les hace perder dinero y reducir su productividad, el propósito de este estudio es localizar la causa fundamental por la que se produce una cantidad significativa de merma, durante el proceso de producción de las tortillas de harina de trigo, realizando un diseño completamente al azar. Para ubicar la causa fundamental, aplicamos los primeros tres pasos de una metodología DMAIC, cuyo objetivo es que un proceso/situación mejore constantemente. En primer lugar, se definió el proceso de las tortillas de harina de trigo y las posibles causas del nivel de merma. Para esta etapa, se escogió las libras de harina utilizadas y la temperatura ambiente como los factores de interés para nuestro estudio. Seguidamente, se utilizaron la balanza y el termómetro para recolectar los datos de los factores previamente descritos en el paso anterior. Y, por último, se realizó un análisis para determinar si los factores que se eligieron durante el paso anterior tienen alguna relación sobre los niveles de merma de las tortillas de harina de trigo. Concluido este estudio, se pudo determinar a través de los resultados, que uno de los factores de interés que definimos sí tienen una relación con la merma en la producción de tortillas de harina. La relación encontrada fue que a medida que aumentaron las libras de harinas utilizadas, aumentó la merma de producción, pero no encontramos ninguna relación significativa entre la temperatura y merma producida.

Palabras clave DMAIC, causa principal, merma, tortillas de harina de trigo.

Abstract Scrap is defined as the shrinkage or reduction of a product that occurs during a production process due levels of temperature levels, humidity, water, machinery, operators, raw material, and more. Based on the fact that most companies produce shrinkage, which causes them to lose money and reduce their productivity, the purpose of this study is to locate the fundamental cause by which a significant amount of waste is produced, during the production process of the wheat flour tortillas, making a completely random design. To locate the root cause, we apply the first three steps of a DMAIC methodology, which aims to constantly improve a process / situation. In the first place, the process of wheat flour tortillas and the possible causes of the level of shrinkage were defined. For this stage, the pounds of flour used and the ambient temperature were chosen as the factors of interest for our study. Then, the scale and the thermometer were used to collect the data of the factors previously described in the previous step. And finally, an analysis was carried out to determine if the factors that were chosen during the previous step have some relation on the levels of shrinkage of wheat flour tortillas. Once this study was concluded, it was possible to determine through the results that one of the factors of interest that we define does have a relationship with the decline in the production of flour tortillas. The relationship found was that as the pounds of flours used increased, the production decline increased, but we did not find any significant relationship between the temperature and the loss produced

Keywords DMAIC, root cause, scrap, wheat tortillas.

*Corresponding author: luisdonderis@hotmail.com

1. Introducción

La existencia de la merma en las empresas es causante de grandes pérdidas económicas, lo que lleva al desarrollo de esta investigación, donde se determina la relación entre varios factores con la merma en la producción de tortillas de harina de trigo, en la empresa seleccionada. El estudio se realizó mediante la aplicación de las tres primeras etapas de la metodología DMAIC (D-efinir, M-edir y A-nalizar), con el propósito de encontrar las causas por la cual se produce la merma[1].

2. Marco Teórico

2.1 DMAIC

DMAIC es una metodología que busca la mejora constante de un proceso, de manera evolutiva. Fue desarrollada por el ingeniero de Motorola, Bill Smith, en 1984. Funciona a través de una serie de pasos, identificados por las siglas a las que corresponde: “D” de define, “M” de mide, “A” de analiza, “I” de mejora (*improve* en inglés) y “C” de controlar. Se trata de un proceso que se puede aplicar repetitivamente, logrando resultados positivos que llevan a la mejora continua. La metodología DMAIC utiliza una técnica de control y mejora de los procesos, la cual se fundamenta en la dependencia de cada paso en relación a los demás. No se puede mejorar y controlar sin antes haber analizado, no se puede analizar sin haber medido y no se pudo haber medido sin antes haber definido [2].

Las etapas que se siguen en el DMAIC son:

Define

Se debe definir cuál es el problema que se quiere resolver y localizar en qué proceso se ubica este. Se tiene que describir con profundidad cada área del proceso, desde sus entradas y salidas, los equipos y operarios involucrados, hasta cada factor posible que influya en el proceso. Se logra determinar cuáles son los posibles factores que causen el problema.

Mide (*Measure*)

Consiste en la obtención de los datos necesarios para el futuro análisis. Se logra mediante el diseño y desarrollo de un plan de medición.

Analiza (*Analyze*)

Se analizan los datos recolectados, a través de diferentes técnicas cuantitativas y descriptivas. Se interpretan estos, buscando encontrar el factor causante del problema.

Mejora (*Improve*)

Con esta etapa llega el momento de la aplicación, donde se implementan las diferentes soluciones. El propósito de esta fase es implementar, a gran escala, las soluciones seleccionadas en las fases anteriores. Es en esta donde generamos las potenciales soluciones, seleccionamos y priorizamos soluciones, aplicamos mejoras, realizamos en

análisis de riesgos, administramos y ejecutamos la solución. Es fundamental que se haga un alto y se revise el desarrollo de esta fase de mejora.

Controla (*Control*)

Una vez finalizadas estas dos acciones ya mencionadas, es importante llevar algún tipo de control sobre las mismas para asegurarse de que se implementen correctamente y que los objetivos que habíamos marcado efectivamente se cumplen [3].

3. Hipótesis de la investigación

H_{1i} (hipótesis 1 investigativa): Existe relación directa entre las libras de harina utilizada con la cantidad de merma producida.

H_{2i} (hipótesis 2 investigativa): Existe relación directa entre los rangos de temperatura ambiental con la cantidad de merma producida.

4. Metodología

Se desarrollaron las tres primeras etapas de la metodología DMAIC, definir, medir y analizar, con las que se puede determinar si hay relación entre los factores estudiados y el problema [4].

4.1 Define

El problema a solucionar radica en la fabricación de tortillas de harina de trigo, enfocándose en la merma producida en el proceso. Siendo la merma todo el producto no deseado en el proceso, se define para el experimento como la cantidad de masa (en libras) de tortillas dañadas que se producen.

A través de la observación directa y la descripción de las circunstancias de las etapas de producción de las tortillas de harina de trigo y de los ingredientes necesarios, se pudieron inferir posibles factores causantes de la merma en este proceso.

Ingredientes: harina de trigo, manteca, sal, azúcar, agua, polvo para hornear y aditivos.

Las etapas de producción son:

- **Etapas 1. Dosificación de ingredientes:** Pesado de ingredientes por separado, según fórmula, incluyendo el agua.
- **Etapas 2. Batido:** Batir la harina junto con todos los ingredientes secos durante tres minutos, se agregan los ingredientes húmedos y se bate. Se verifica la consistencia de la masa y la no existencia de grumos.
- **Etapas 3. Pesado, cortado, boleado y reposado:** Se vacía la masa, previamente preparada, en la tolva de la máquina pesadora-cortadora boleadora automática, para obtener las bolas de peso y tamaño requerido. Una vez surtidas de la máquina boleadora, se colocan en bandejas de

panadería, que al llenarse se cubren con plástico omnifilm herméticamente y se colocan en el estibador de reposo.

- **Etapa 4. Laminado:** El producto pasa por la formadora (plancha de resistencia eléctrica) de alta temperatura de 150°C – 200°C. Las bolas previamente reposadas entran de dos en dos a la máquina, de acuerdo a su calibración.
- **Etapa 5. Precocido, cocido:** Una vez laminada, la tortilla es llevada por una banda transportadora de teflón que gira sobre un comal calentado a gas para precocerlas a 250°C. Posteriormente, las tortillas son entregadas automáticamente al cocedor de tres bandas transportadoras, donde son calentadas a gas durante 35 segundos a 350°C.
- **Etapa 5. Enfriamiento:** La banda cocedora entrega automáticamente las tortillas cocidas a la máquina enfriadora de cinco bandas metálicas, con un recorrido de 35 metros, y las entrega a la mesa de empaque.
- **Etapa 6. Empaque y estiba:** A medida que se reciben las tortillas frías en la mesa de empaque, se van contando de diez en diez con separadores circulares y colocándolas en la bolsa de empaque. Estas bolsas se van colocando en estibadores de acero inoxidable, separándolas por lote y fecha de fabricación.

Observaciones del proceso:

- El operador modifica la receta a la hora de preparar la masa para satisfacer la contextura y calidad de la mezcla.
- Posibles factores causantes: falta de capacitación y falta de equipo adecuado.
- Al salir del horno las tortillas se hinchan, luego se aplastan en el proceso de enfriamiento. No siempre quedan con la forma deseada. Posibles factores causantes: humedad en el ambiente, temperatura ambiente, cantidad irregular de harina utilizada.
- Cocimiento inconstante de las tortillas. Posibles factores causantes: cantidad irregular de harina utilizada, calor del horno, temperatura ambiente.

Esto lleva a que los posibles factores causantes de la producción de merma sean: la temperatura ambiente en el momento de la producción y la cantidad de harina de trigo que se utilizó por día.

4.1.1 Diseño del experimento

Problema: Determinar si la existencia de merma en la producción de tortillas de harina de trigo se debe a la cantidad de harina utilizada y/o a la temperatura ambiente en la producción.

Unidad experimental: Producción de tortillas.

Variable de respuesta: cantidad de masa de tortillas de harina de trigo que resulta dañada. Se encuentra en unidades de libras.

Se tienen dos factores de interés, cada uno analizado por separado con un diseño de experimentos.

Los factores de interés son:

- Diseño 1. Libras de harina utilizada: Cantidad de libras de harina utilizada en un día de producción.
- Diseño 2. Temperatura ambiente: Temperatura del ambiente en el momento de la producción.

Hipótesis para el Diseño 1.

H₀: A mayor la cantidad de libras de harina utilizada, mayor merma producida.

H₁: A mayor cantidad de libras de harina, menor merma producida.

H₂: No hay relación entre las libras de harina utilizadas y la producción de merma.

Hipótesis para el Diseño 2.

H₀: A menor temperatura ambiente, mayor merma producida.

H₁: A mayor temperatura ambiente, menor merma producida.

H₂: No hay relación entre la temperatura ambiente y la producción de merma.

4.2 Medir

Se realizó la recolección de los datos correspondientes a las variables de estudio que se muestran en la tabla 1. Los datos fueron medidos en 43 días de producción, en diferentes fechas y circunstancias, mediante el registro de un formulario.

Tabla 1. Datos recolectados para el estudio

Merma de Producción (lbs)	Harina utilizada (lbs)	Rango de Temperatura (°C)
0.38	200	33-35
0.77	200	33-35
1.82	200	33-35
1.12	250	30-32
0.39	200	33-35
0.45	150	27-29
0.40	200	33-35
0.79	250	27-29
0.39	250	33-35
0.38	150	33-35
0.24	150	33-35
0.45	150	33-35
0.59	150	33-35
0.39	150	33-35
0.62	200	33-35
1.48	200	30-32
0.23	150	27-29
0.20	150	30-32
0.63	200	30-32
0.73	200	33-35
3.44	200	30-32

2.30	250	27-29
1.05	150	30-32
0.87	200	33-35
0.00	150	30-32
0.83	150	30-32
0.46	150	30-32
0.42	150	30-32
0.54	150	27-29
1.38	200	30-32
1.19	200	30-32
0.40	200	30-32
0.79	200	27-29
0.98	250	27-29
0.00	200	30-32
1.81	250	27-29
0.74	200	30-32
0.48	200	30-32
1.03	250	33-35
0.47	150	30-32
0.27	200	30-32
0.74	200	27-29
0.31	200	30-32

Una vez determinada la población se determinó el tamaño de la muestra mediante la utilización de la siguiente fórmula:

$$n = \frac{z^2(pq)}{e^2 + \frac{z^2(pq)}{N}} \quad (1)$$

Donde:

n: tamaño de la muestra

z: nivel de confianza

p: proporción de la población con la característica deseada.

q: proporción de la población sin la característica deseada.

e: nivel de error dispuesto a cometer.

n: tamaño de la población.

Aplicamos la formula No.1 a continuación:

$$n = \frac{0.95^2(0.5*0.5)}{0.05^2 + \frac{1.96^2(0.5*0.5)}{43}} \quad (1)$$

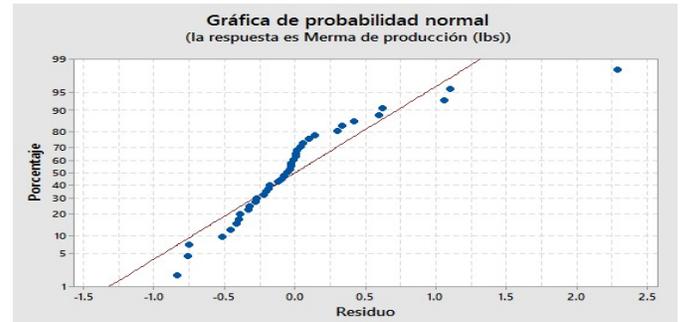
$$n=10$$

4.3 Analizar

Una vez completados los dos pasos anteriores de la metodología DMAIC, se procedió a identificar las características de nuestra muestra, con las que determinamos las pruebas estadísticas necesarias para el estudio.

4.3.1 Distribución normal de los datos

En la gráfica 2 de probabilidad normal se observa la merma producida (en libras), la cual nos sirvió para identificar si este estudio sigue una normalidad o no.



Gráfica 2. Probabilidad normal de la cantidad de tortillas de harina dañadas.

En base a la gráfica, se pudo observar que nuestro estudio no posee una distribución normal en la merma de producción de tortillas de harina de trigo dañada. Esto pasa debido a que la mayoría de los puntos se alejan de la línea de tendencia.

Adicionalmente, se pudo comprobar que los datos no siguen una distribución normal a la hora de comparar valor p con el nivel de significancia de 0.05. En nuestro caso, el valor p (0.010) es menor que el nivel de significancia, por lo que se concluye que los datos no están distribuidos normalmente.

Tomando en cuenta que nuestros datos no siguen una normalidad, la mejor forma para proceder es mediante una prueba que tome en cuenta las variables no paramétricas (se determinan por los datos observados).

4.3.2 Análisis del coeficiente de correlación de Pearson

Gracias a la correlación de Pearson, en la tabla 2 se puede observar el coeficiente de correlación entre la merma de producción, temperatura (Celsius) y la harina utilizada para las tortillas de harina de trigo.

Tabla 2. Resultados del coeficiente de correlación de Pearson.

Correlaciones: Merma de producción, harina utilizada, temperatura (Celsius)

	Merma de Producción
Harina utilizada	0.394
P value	0.013
Temperatura (Celsius)	-0.283
	0.081

Se analizó el coeficiente de correlación de Pearson, en el cual se obtuvo un valor de 0.394 entre la relación de la harina utilizada con la merma de producción, que comprueba que existe una relación entre las mismas y que a medida que aumenta la harina utilizada, aumenta la merma de producción.

De igual manera, se realizó la comparación entre el valor p con el nivel de confianza ($\alpha=0.05$) de la merma de producción y la harina utilizada, y como resultado se observó que existe una relación significativa entre las dos variables, ya que el valor p es menor que el nivel de significancia.

Por otra parte, cuando se analizó el coeficiente de correlación entre la temperatura (Celsius) y la merma de producción, se obtuvo un valor de -0.283, lo cual significa que a medida que la temperatura aumenta, la merma de la producción disminuye.

Finalmente, se interpretó el valor p entre la temperatura (Celsius) y la merma de producción, donde se dedujo que no existe una relación significativa entre estas dos variables, ya que el valor p (0.081) es mayor que el nivel de significancia ($\alpha=0.05$).

4.3.3 Análisis de la prueba de Kruskal-Wallis

En la tabla 3 se pueden observar los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis, la cual es utilizada para estudiar poblaciones con distribución anormal, la cual se realizó con el propósito de determinar si las medianas de la población eran iguales o no.

Para esta prueba se establecieron las siguientes hipótesis:
 Hipótesis Nula \rightarrow H0: Todas las medianas son iguales.
 $Me_{150\text{ lb}} = Me_{200\text{ lb}} = Me_{250\text{ lb}}$
 Hipótesis Alternativa \rightarrow H1: Al menos una de las medianas es diferente a las otras.

Tabla 3. Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis

Merma de producción (lb) vs libras de harina utilizadas

Estadísticas descriptivas

Libras de harina utilizada	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
150	13	0.45272	14.4	-2.16
200	20	0.68285	20.9	0.49
250	6	1.04703	29.2	2.14
General	39		20.0	

Prueba

Hipótesis nula	H ₀ : Todas las medianas son iguales		
Hipótesis alterna	H ₁ : Al menos una mediana es diferente		
Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	2	7.11	0.029
Ajustado para empates	2	7.11	0.029

Para confirmar los resultados de la correlación de Pearson entre la merma de producción y las libras de harina utilizadas se realizó la prueba de Kruskal-Wallis, representada en la tabla No. 3, la cual se utiliza en poblaciones con distribución anormal, cuyo resultado brindó un valor p de 0.029 para las libras de harina utilizadas, en relación con la merma de

producción. Como nuestra significancia es de 0.05 y el valor p es menor a la misma, se rechaza la hipótesis nula, por lo que al menos una de las medianas del factor libras de harina utilizadas es diferente al resto.

Para corroborar estos resultados también se obtuvieron las estadísticas descriptivas, donde pudimos ver las medianas de merma de producción para las libras de harina utilizadas de 150 libras, 200 libras y 250 libras, que fueron 0.45272, 0.68285 y 1.04703, respectivamente. Estos datos demuestran que a medida que aumentan las libras de harina utilizadas, aumenta la merma de producción.

5. Posibles soluciones

El objetivo de esta investigación era comprobar si existe una relación entre la cantidad de merma en tortillas de harina de trigo, con la cantidad de harina utilizada en su receta y la temperatura ambiental. Al final de este estudio se determinó que, si bien existe una relación entre la merma y las libras de harina utilizadas, esta relación no es lo suficientemente fuerte como para concluir que es una causa principal de la producción de esta merma. Por lo tanto, podemos recomendar que para futuros estudios se tomen en cuenta los factores que, a lo largo de nuestra investigación, observamos como posibles causas de la merma.

- La cantidad de agua que se utiliza en el proceso: Observamos que en algunos casos es variable, ya que el chef no sigue una receta estándar, sino que utiliza su intuición y experiencia para confeccionar la mezcla diaria.
- La calibración de los equipos utilizados: Para estos procesos, la calibración puede ser uno de los factores importantes que influyen en la producción de merma, ya que no existe un histórico de mantenimiento de la maquinaria, pues existe la posibilidad de que los mantenimientos no se estén llevando a cabo en el tiempo adecuado y, por lo tanto, la maquinaria puede estar presentando fallas que podrían ser una de las causas importantes de las mermas.
- La humedad ambiental: Panamá es un país tropical con mucha variación en la humedad. Siendo este un proceso que depende de la composición de la masa con la que se prepara la tortilla, existe la posibilidad de que la masa está siendo sobre-hidratada y el proceso del cocido no se está llevando adecuadamente, ya que algunas tortillas están quedando crudas, como pudimos constatar al revisar la merma.
- Temperatura del horno: En las visitas realizadas se observó que, a pesar de contar con los instrumentos adecuados para medir la temperatura del horno y registrarla, este proceso no se está llevando a cabo.

6. Conclusiones

- Se confirmó que existe relación directa entre las libras de harina utilizadas y la producción de merma, como fue planteado en la primera hipótesis investigativa.
- Se rechazó la existencia de una relación directa entre los rangos de temperatura ambiental y la producción de merma.
- Pudimos inferir que otros factores que posiblemente influyen la producción de la merma son: el calibrado de la temperatura del horno, la humedad ambiental y la dosificación incorrecta de ingredientes.

- [3] R. Jos, H. A. Tom, and F. Herrera, “Seis Sigma Métodos Estadísticos y Sus Aplicaciones.”
- [4] F. Ecatlán, “DE MAÍCES DE ECATLÁN , PUEBLA , MÉXICO ALKALINE COOKING , PREPARATION AND QUALITY OF CORN TORTILLA,” 2004.

RECOMENDACIONES

- Agregar más factores al diseño de experimentos, tales como:
 - Realizarlo controlando la humedad.
 - Realizarlos controlando la temperatura dentro del horno.
 - Realizarlo controlando la cantidad de agua utilizada.
- Realizar el experimento en un periodo de tiempo más largo, buscando ver el impacto del mantenimiento de la maquinaria, así como el deterioro del equipo en la producción de merma.
- Capacitaciones al personal, donde aprendan a manejar el equipo y manipular el material.
- Definición de una ficha técnica con porcentajes de ingredientes más precisos.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, le queremos agradecer a Dios por habernos acompañado y guiado en estos meses, dándonos la fortaleza en los momentos de desespero y por regalarnos momentos de alegría en este grupo.

A la familia Jaramillo por ofrecernos su empresa como objeto de estudio y tratarnos como parte de su familia, dándonos la confianza para estar en su tan preciada empresa.

A los profesores, con cariño, queremos darle las gracias por todo el apoyo brindado al aceptar este proyecto, por guiarnos y brindarnos su tiempo y, sobre todo, por aconsejarnos para tomar mejores decisiones a la hora de realizar esta investigación.

REFERENCIAS

- [1] X. Jornadas, “Fabricación de tortillas de Trigo,” 2017.
- [2] J. R. Ocampo, U. T. Centroamericana, S. P. Sula, A. E. Pavón, U. T. Centroamericana, and S. P. Sula Integrando la Metodología DMAIC de Seis Sigma *con la Simulación de Eventos Discretos en Flexsim*. 2012.

Evaluación de la seguridad en las instalaciones eléctricas de las viviendas del distrito de Changuinola

Evaluation of the security in the electrical installations of the houses of the district of Changuinola

Leonardo Abdiel Vásquez¹, Ángel Trejos¹, Víctor Valenzuela¹, Eduardo Trotman¹, Vanessa Valdés^{1*}

¹Licenciatura en Sistemas Eléctricos y Automatización- Centro Regional de Bocas del Toro, Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen Tener una instalación eléctrica segura en un hogar es de mucha importancia, de esta manera se salvaguardan de los peligros y riesgos que puede causar una mala instalación como también protegemos la vida de cada persona y del hogar. Las malas instalaciones eléctricas y el descuido con la instalación del gas son los riesgos más comunes para las fiestas de fin de año causantes de incendios. De allí que, el objetivo de la investigación es evaluar la seguridad en las instalaciones eléctricas de las viviendas del distrito de Changuinola. Este estudio se realizó en el distrito de Changuinola, en donde se evaluó la instalación eléctrica aplicando un cuestionario a 225 personas, además de evaluar los riesgos de las instalaciones eléctricas de 25 viviendas aplicando un *checklist* como instrumento. Los resultados indican que que el 35% de las viviendas evaluadas no cumplen con la norma NFPA de 2008 y el 65% si cumple con las normas.

Palabras claves Conductores, empalmes, evaluaciones, instalaciones eléctricas, seguridad, viviendas, voltaje.

Abstract Having a safe electrical installation in a home is of great importance, in this way they safeguard from the dangers and risks that a bad installation can cause as well as protect the life of each person and the home. The bad electrical installations and the neglect with the installation of the gas are the most common risks for the end of the year festivities causing fires. Therefore, the objective of the investigation is to evaluate the safety of the electrical installations of the houses in the district of Changuinola, Bocas del Toro Province, Republic of Panama. This study was conducted in the district of Changuinola, where the electrical installation was evaluated by applying a questionnaire to 225 people, in addition to assessing the risks of the electrical installations of 25 homes by applying a checklist as an instrument. The results indicate that 35% of the evaluated homes do not comply with the 2008 NFPA norm and 65% if they comply with the norms.

Keywords Drivers, splice, evaluations, electrical installations, security, houses, voltage.

* Corresponding author: vanessa.valdes@utp.ac.pa

1. Introducción

La electricidad es una herramienta importante en la vida cotidiana y esencial en el desarrollo del estilo de vida moderna. Cuando la electricidad funciona como se pretende hacerlo, los beneficios son enormes, pero la conciencia del poder de la electricidad es vital o las consecuencias pueden ser devastadoras [1].

Considerando la importancia de la electricidad en la vida diaria, existe el reglamento para las instalaciones eléctricas (RIE), el cual es un refuerzo de la Sociedad Panameña de Ingenieros y Arquitectos para establecer una regulación en los

diseños e instalaciones eléctricas en el territorio nacional, con el fin de proteger la vida y bienes de todos los usuarios [2].

Algunos aspectos importantes para evaluar una instalación eléctrica son:

Usos e identificación de los conductores puestos a tierra:

Las instalaciones eléctricas, equipos y estructuras deben conectarse a tierra para la seguridad de las personas y protección del equipo. La finalidad es reducir el riesgo de shock y, a la vez, proporcionar una vía a tierra para las corrientes inducidas [3].

Circuitos ramales: Son el eslabón entre los equipos de servicio y las cargas o equipos de utilización. Parten desde los tableros de distribución y transportan la energía eléctrica hasta los puntos de utilización. Están formados por dos o tres conductores de cobre aislados [4].

Alimentadores eléctricos: Un alimentador eléctrico es un conductor que como su nombre indica es el encargado de suministrar toda la corriente que consume un grupo de cargas. Coloquialmente se puede decir que es el conductor principal que viene del transformador para alimentar un edificio y llega hasta el interruptor general en el centro de cargas [5].

Cálculo de circuitos ramales y alimentadores: Las cargas se calculan preferiblemente con base en los voltamperios en lugar de los vatios; además, para efectos de cálculo se tendrá en cuenta las tensiones nominales de cada sistema [6].

Protección de sobrecorriente: Es la protección con selectividad relativa que reacciona ante el aumento de la electricidad en un elemento protegido, es decir, se pone en acción cuando la corriente por el mismo supera un cierto valor preestablecido. Esta protección ha de asegurar la operación contra los cortocircuitos en las líneas o equipos y respaldo de las protecciones adyacentes en caso de fallar sus protecciones [7].

Puesta a tierra: Se puede definir la puesta o conexión a tierra como la conexión eléctrica directa de todas las partes metálicas de una instalación, sin fusibles ni otros sistemas de protección, de sección adecuada y uno o varios electrodos enterrados en el suelo, con objeto de conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficies próximas al terreno, no existan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o la de descarga de origen atmosférico [8].

Tener una instalación eléctrica segura en un hogar es de mucha importancia, de esta manera se salvaguardan de los peligros y riesgos que puede causar una mala instalación como también protegemos la vida de cada persona y del hogar.

Para evitar incendios y otros incidentes en el hogar es necesario tomar algunas precauciones y que estas sean de tipo permanente. Es adquirir una cultura en el tema de seguridad y educar en este sentido a nuestros hijos y personal de servicio. Los problemas más frecuentes y causantes de incendios en los hogares son: el sobrecalentamiento de enchufes, tomacorrientes y fusibles fundidos [9]. De allí que, los cables desgastados, cajas eléctricas y otros deben ser tratados inmediatamente.

Las malas instalaciones eléctricas y el descuido con la instauración del gas son los riesgos más comunes para las fiestas de fin de año causantes de incendios. Así lo destacó, Juan de Arco, subdirector Nacional de Seguridad, Prevención e Investigación de Incendios del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Panamá [10].

Considerando lo anteriormente planteado la pregunta problema de esta investigación es la siguiente ¿Cómo es la seguridad en las instalaciones eléctricas de las viviendas del distrito de Changuinola? El objetivo de la investigación es evaluar la seguridad en las instalaciones eléctricas de las viviendas del distrito de Changuinola.

2. Materiales y métodos

2.1 Tipo y diseño del estudio

El estudio posee un enfoque cuantitativo, debido a que se recolectara datos estadísticos para dar respuesta al tema de investigación. Posee un diseño no experimental debido a que no se manipula a ninguna de las variables del estudio [11], es de tipo transversal porque la medición se realizó en un periodo de tiempo determinado en viviendas que contaban con suministro eléctrico [11].

2.2 Área de estudio

El estudio se desarrolló en el distrito de Changuinola, Provincia de Bocas del Toro, República de Panamá. El mismo fue creado el 17 de abril de 1970 y cuenta con una extensión de 4,040 kilómetros cuadrados (figura 1). Su nombre, según los historiadores, se deriva de los indios "Changuinos", que habitaron la parte occidental de la provincia, de allí también se deriva el nombre del río que lleva el nombre del Distrito. Esta tribu al igual que otras desapareció paulatinamente como consecuencia del maltrato brindado por los conquistadores y otros por las enfermedades traídas por ellos [12].



Figura 1. Distrito de Changuinola [13].

2.3 Unidad de análisis y observación

La unidad de análisis es el distrito de Changuinola y la unidad de observación son las viviendas y personas del área de Changuinola cabecera que cuentan con servicio eléctrico.

2.4 Población y muestra

De acuerdo con datos obtenidos de Panamá en cifras sobre las características importantes de las viviendas ocupadas de la república por provincias y distritos según el censo del 2010, en Changuinola cabecera existen 6,260 viviendas de las cuales 5,432 cuentan con servicio eléctrico. Considerando lo anterior, la muestra correspondiente a esa población fue de 257 con un margen de error del 5% y un nivel de confianza de 90%, pero al aplicarlas hubo pérdidas de encuestas obteniendo un total de 225, distribuidas en tres comunidades del distrito de Changuinola.

Para la observación fueron seleccionadas 25 casas, distribuidas en las tres comunidades estudiadas.

2.5 Variables del estudio

La variable del estudio es la siguiente: seguridad de las instalaciones eléctricas. Las instalaciones eléctricas son fundamentales en todo tipo de inmuebles; su diseño, construcción y mantenimiento se debe apegar a reglamentos y normas vigentes. Supervisar y actualizar una instalación es garantía de seguridad, tanto para los técnicos instaladores, así como para los usuarios de dicha instalación [14].

2.6 Métodos e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se utilizaron dos técnicas, la encuesta y la observación, en donde su aplicación se detalla a continuación:

Evaluación de la instalación eléctrica: Para medir esta dimensión se utilizó la técnica de la encuesta con el cuestionario como instrumento, el cual, estuvo conformado por cinco preguntas cerradas con respuesta sí y no para revisar la evaluación de la seguridad en las instalaciones eléctricas en las viviendas del distrito de Changuinola cabecera. El cuestionario fue validado por un panel de expertos en redacción y estilo, además de docentes especialistas en electricidad. También se midió su confiabilidad aplicando el *test retest*, obteniendo valores por encima de 81, aprobándose todas las preguntas del estudio. El cuestionario fue aplicado a 225 personas pertenecientes a las comunidades de Finca Las 30, Finca 6 y El Empalme.

Evaluación de riesgos: La recolección de datos se desarrolló por medio de la técnica de observación aplicando el *checklist* como instrumento. Para la evaluación de riesgos se aplicó un listado de verificación de peligros eléctricos, el cual es una técnica cuantitativa que sirvió de guía en la revisión de las instalaciones eléctricas haciendo uso de las normas

nacionales e internacionales. El modelo del *checklist* es como sigue: Lista de chequeo de instalaciones eléctricas con respuestas: Sí cumple y No cumple. Esta evaluación fue aplicada a 25 viviendas.

2.7 Análisis de datos

Los datos fueron procesados con ayuda del Programa SPSS versión 25, con el cual, se realizó un análisis descriptivo de las dimensiones evaluadas, obteniendo tablas de frecuencia y gráficos de barras y de pastel, que permitieron hacer un análisis claro de las condiciones de las instalaciones eléctricas, así como la evaluación de los riesgos por no aplicar las medidas de seguridad adecuadas.

3. Resultado y Discusión

3.1 Evaluación de la instalación eléctrica

Con la técnica de la encuesta y el cuestionario como instrumento, se logró evaluar las instalaciones eléctricas de las casas gracias a consultas realizadas a 225 moradores, como lo son: si la instalación es confiable, si ha sufrido corto circuito, mejoramiento de la instalación, dispositivos de protección de corto circuito y correcta puesta a tierra. Los resultados indican lo siguiente:

De las comunidades estudiadas, se observó que la gran mayoría poseen instalaciones eléctricas confiables, siendo de, 64% para Finca Las 30, 69.3% Finca 6 y 90.7% en El Empalme; pero aún así se destaca el hecho de que algunas de ellas han sufrido alguna vez de un corto circuito, lo que puede deberse al deterioro de aislante de los conductores y componentes eléctricos, indicando que los mismos deben revisarse regularmente. Se resalta el hecho de que, el cortocircuito eléctrico genera calor pudiendo ocasionar incendios de sumo cuidado en las viviendas (figura 2).

Resulta oportuno indicar que en la comunidad de El Empalme solo el 33.3% han mejorado las instalaciones eléctricas, en comparación con Finca 6 con un 66.7% y Finca Las 30 con un 74.7%, dato preocupante porque, al no proporcionar el mantenimiento adecuado al sistema eléctrico, el mismo envejece desmejorando el rendimiento de los equipos y aumentando el consumo eléctrico de la vivienda (figura 2). Con el mantenimiento se pueden detectar fallas que empiecen a gestarse, y a la vez, actuar de manera rápida y oportuna en su arreglo.

Por otro lado, se precisa que las tres comunidades estudiadas presentan altos porcentajes en protección contra sobrecorriente y puesta a tierra de todos los dispositivos (figura 2), datos que hasta cierto punto son cuestionables, ya que la mayoría de las viviendas han tenido en algún momento un cortocircuito.

Hechas las consideraciones anteriores, se deduce que las viviendas deben establecer un plan de mantenimiento de las

instalaciones eléctricas, tomando como punto de referencia: la inspección del cableado eléctrico, inspección del panel eléctrico, revisión de la puesta a tierra, revisión del alumbrado e inspección de los componentes generales de la instalación.

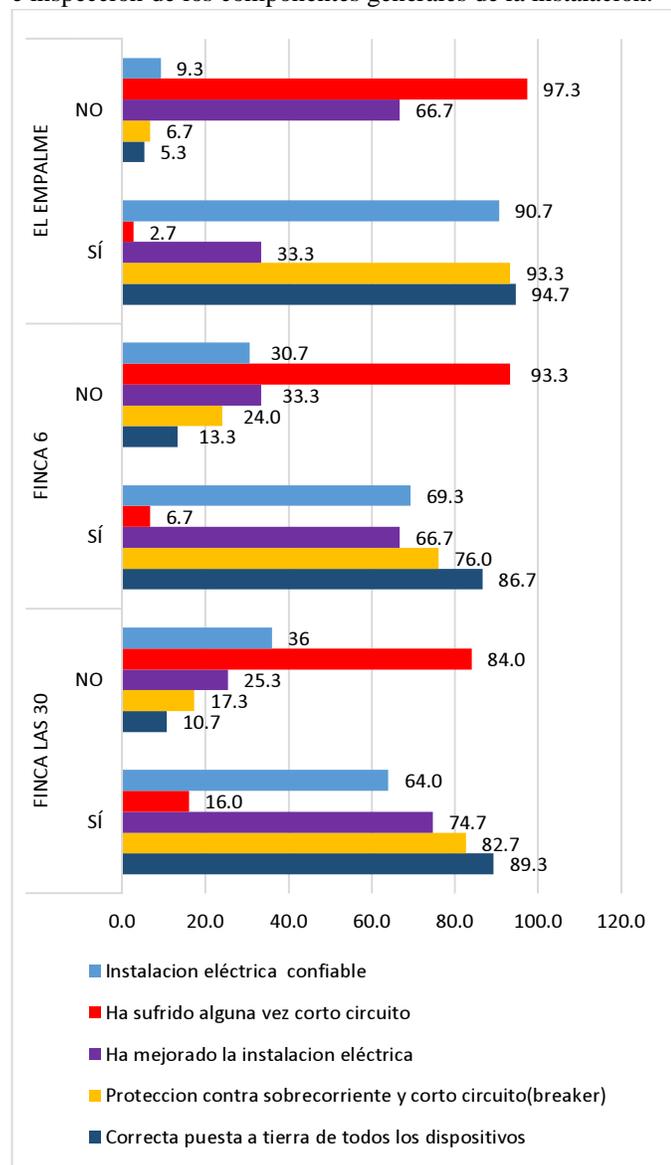


Figura 2. Seguridad en la instalación eléctrica de las viviendas de Finca Las 30, Finca 6 y El Empalme, en el distrito de Changuinola. Fuente: Cuestionario aplicado a 75 personas de la comunidad.

3.2 Evaluación de riesgos

Las evaluaciones que se realizaron en las instalaciones eléctricas de las viviendas del distrito de Changuinola dieron un indicativo, sobre las condiciones de seguridad del sistema eléctrico. Los resultados se presentan a continuación:

La tabla 1 muestra la evaluación realizada a 25 viviendas, tomando en cuenta la norma NFPA de 2008 y cinco artículos

de importancia. Los resultados separados por criterio de verificación indican que:

1. Uso e identificación de los conductores de puesta a tierra. Se observó que 18/25 de las viviendas sí cumplían con los conductores de puesta a tierra, 12/25 cumplían con los terminales de los conductores de puesta a tierra en los tableros, mientras que, 21/25 presentaban los conductores de puesta a tierra.

2. Circuitos ramales. Se evidenció que 22/25 viviendas contaban con protección de acuerdo con la corriente nominal máxima, mientras que, solamente 8/25 presentaron circuitos ramales para lavadora. Se destaca el hecho de que solamente 8/25 presentaron circuitos ramales para cuartos, baño, cocina y electrodomésticos, mientras que, solo 2/25 viviendas presentaron protección con interruptor de circuito por falla de arco (AFCI).

3. Alimentadores eléctricos. Se pudo evidenciar que 21/25 de las viviendas presentaron amperacidad relativa para los conductores de entrada de la acometida y valor nominal y calibre mínimo, destacándose el hecho de que 25/25 viviendas presentaron alimentadores con conductor neutro común. Con preocupación sólo 12/25 de las viviendas mostraron identificación de los conductores, y 18/25 cuentan con canalización adecuada para los conductores.

4. Protección de sobrecorriente. Se evidenció que 22/25 de las viviendas presentaron protección de sobrecorriente principal de acuerdo con la corriente nominal de todas las cargas y los circuitos ramales contaban con protección de sobrecorriente no menores a 20 A y de acuerdo con la corriente de su carga nominal.

5. Puesta a tierra. Se comprobó que 22/25 de las viviendas presentaron electrodo de puesta a tierra y conductor de electrodo de puesta a tierra adecuado, además de, puesta a tierra de equipos y conductores.

Ante la situación planteada, cabe destacar lo que explica [15], quien indica que “uno de los objetivos del mantenimiento es llevar una inspección sistemática en todas las instalaciones, con intervalos de control, para detectar oportunamente cualquier desgaste o rotura, conservando los registros adecuados”.

Estos resultados indican que el 65% de las viviendas cumplieron de forma positivas con las instalaciones eléctricas, pero, aun así, un 35% no cumplen con las normas necesarias para mantener una adecuada seguridad en la vivienda.

Tabla 1. Evaluación de riesgos de las instalaciones eléctricas en el Distrito de Changuinola

ITEM	VERIFICACIÓN	Artículo	Si cumple	No cumple
1	Uso e identificación de los conductores de puesta a tierra	art.200 NFPA 2008		
1.1	Identificación de los conductores de puesta a tierra		18	7
1.2	Identificación de los terminales de los conductores de puesta a tierra en los tableros		12	13
1.3	Conductores de puesta a tierra en la instalación de los inmuebles		21	4
2	circuitos ramales	art.210 NFPA 2008		
2.1	Los circuitos ramales cuentan con su protección de acuerdo a la corriente nominal máxima permitida		22	3
2.2	Circuito ramales para lavadora		8	17
2.3	Circuito ramales para cuartos y baño		8	17
2.4	Circuito ramales para cocina y electrodomésticos de cocina		8	17
2.5	Protección con interruptor de circuito por falla de arco (AFCI)		2	23
3	Alimentadores eléctricos	art.215,220 NFPA 2008		
3.1	Ampacidad relativa para los conductores de entrada de la acometida		21	4
3.2	Valor nominal y calibre mínimo		21	4
3.3	Alimentadores con conductor neutro común		25	0
3.4	Identificación de los conductores		12	13
3.5	Los conductores cuentan con canalización adecuada		18	7
4	Protección de sobre corriente	art.240 NFPA 2008		
4.1	Protección de sobrecorriente principal de acuerdo con la corriente nominal de todas las cargas		22	3
4.2	Circuitos ramales cuentan con protección de sobre corriente no menores a 20 A y de acuerdo a la corriente de su carga nominal		22	3
5	Puesta a tierra	art.250 NFPA 2008		
5.1	Electrodo de puesta a tierra y conductor de electrodo de puesta a tierra adecuado		22	3
5.2	Puesta a tierra de equipos y conductores de puesta a tierra de equipos		22	3
TOTAL			284	141
PORCENTAJE			65.00%	35.00%

Fuente: Datos de 25 viviendas evaluadas en Finca Las 30, Finca 6 y El Empalme.

La figura 3 y 4 indican que el 35% de las viviendas evaluadas no cumplen con la norma NFPA de 2008 y el 65% si cumple con las normas y en los artículos. Uso e identificación de puesta a tierra, circuitos ramales. Alimentadores eléctricos. Protección sobre corriente. Puesta a tierra, tomando en cuenta que la mayoría de las viviendas cumple con esta norma y artículo es el motivo de que no han sufrido daños o accidente eléctricos en su vivienda.

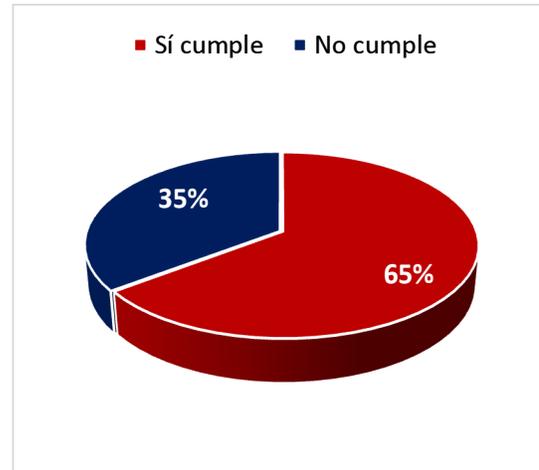


Figura 3. Nivel de cumplimiento en la evaluación de riesgos de las instalaciones eléctricas en el Distrito de Changuinola. Fuente: Datos de 10 viviendas.



Figura 4. Verificación de la instalación de las viviendas en el distrito de Changuinola, Provincia de Bocas del Toro. Fuente: Datos de 10 viviendas.

Se resume que por varios factores la seguridad eléctrica en residencias depende de la economía, desconocimiento de las personas y malas prácticas de electricistas irresponsables de su ética. Se evidenciaba que en algunas viviendas no tenían los conductores puestas a tierra, protección de sobrecorriente, correcta puesta a tierra y dispositivos de protección de corto circuito, ya que esto tiene un costo elevado. La población indica que no lo usan y no lo tienen por su alto costo (figura 5).



Figura 5. Instalaciones eléctricas en muy mal estado en algunas viviendas del distrito de Changuinola, Provincia de Bocas del Toro. Fuente: Datos de 10 viviendas.

En otras viviendas de estatus económico medio si cuentan con los equipos de protección eléctricos, en donde se puede decir que la seguridad eléctrica en esas viviendas es adecuada para sus habitantes, por lo tanto, se reduce el porcentaje de accidente causado por una mala instalación eléctrica.

4. Conclusiones

Después de analizar los datos las conclusiones son las siguientes:

- La gran mayoría de las viviendas poseen instalaciones eléctricas confiables, siendo de, 64% para Finca Las 30, 69.3% Finca 6 y 90.7% en El Empalme.
- Un promedio de 8.5% de las viviendas han sufrido de cortocircuito.
- El 66.7% de las viviendas de la comunidad de El Empalme no han mejorado sus instalaciones eléctricas.
- Un promedio de 16% de las viviendas de Finca 6, Finca Las 30 y El Empalme, no presentan protección contra sobrecorriente y cortocircuito.
- Un promedio de 90.3% de las viviendas de Finca 6, Finca Las 30 y El Empalme presentan una correcta puesta a tierra de todos los dispositivos.
- El 35% de las viviendas evaluadas no cumplen con la norma NFPA de 2008.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestra asesora, por su apoyo incansable e incondicional en el seguimiento y culminación de esta investigación.

A la población del distrito de Changuinola, quienes colaboraron con las consultas realizadas, y a la Jornada de

Iniciación Científica por la oportunidad de aprender a investigar.

REFERENCIAS

- [1] TCEC, «seguridad electrica para el hogar,» [En línea]. Available: http://tcec.coopwebbuilder2.com/sites/tcec/files/docs/brochures/br_safety_updated_span.pdf.
- [2] Autoridad Nacional de los Servicios Públicos - República de Panamá., «reglamento para las instalaciones eléctricas,» [En línea]. Available: http://www.asep.gob.pa/electric/n_instelectricas_elec.asp.
- [3] ELECTRICAMX, «Uso e identificación de los conductores puestos a tierra,» 20 noviembre 2008. [En línea]. Available: <http://electric.mx/uso-e-identificacion-de-los-conductores-puestos-a-tierra/>. [Último acceso: 2 Mayo 2018].
- [4] A. Nelson, «Circuitos ramales,» scribd, [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/doc/7848179/CIRCUITOS-RAMALES>. [Último acceso: 20 Abril 2018].
- [5] G. d. t. especializados, «Alimentadores eléctricos,» Utbrain, 7 junio 2017. [En línea]. Available: <https://glosarios.servidor-alicante.com/electricidad/alimentador-electrico>. [Último acceso: 9 Mayo 2018].
- [6] J. Rojas, «Cálculo de los circuitos ramales y alimentadores,» Electronica y redes, 5 octubre 2008. [En línea]. Available: <http://electronicayredesdelsena.blogspot.com/2008/10/clculo-de-los-circuitos-ramales-y.html>. [Último acceso: 20 Abril 2018].
- [7] Ecured, «Protección de sobrecorriente,» ecured, [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/Protecci%C3%B3n_de_sobrecorriente. [Último acceso: 1 Mayo 2018].
- [8] O. Salinas y J. González, «que es y para que sirve la puesta a tierra,» intensity, 6 enero 2016. [En línea]. Available: <http://intensity.com.mx/es/blog/%C2%BFqu%C3%A9-es-y-para-qu%C3%A9-sirve-la-puesta-tierra>.
- [9] I. Campos, «Los incendios se pueden prevenir,» *Panamá América*, 30 Octubre 2010.
- [10] D. Castillo, «Las malas instalaciones eléctricas, principal causa de incendios en fiestas de fin de año,» *Metro Libre*, 19 Noviembre 2015.
- [11] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado y P. Baptista Lucio, *Metodología de la investigación*, Sexta

ed., España: McGraw-Hill / Interamericana de España, S.A, 2014, p. 613.

- [12] Interbocas, «Historia de la fundación del distrito de de Changuinola-Bocas del Toro,» internacional bocas promotion, 9 abril 2018. [En línea]. Available: <http://www.interbocas.com/index.php/noticias/item/426-historia-de-la-fundacion-del-distrito-de-changuinola-bocas-del-toro>. [Último acceso: 1 Mayo 2018].
- [13] L. Machuca, «60 mil usuarios del IDAAN en Changuinola sin agua potable,» *Día a día*, 23 Junio 2016.
- [14] Todo Ferretería, «Todo Ferretería,» 22 Abril 2016. [En línea]. Available: <http://todoferreteria.com.mx/la-seguridad-en-instalaciones-electricas/>. [Último acceso: 23 Mayo 2018].
- [15] A. Tapia, «Mantenimiento en instalaciones eléctricas,» Constructor Eléctrico, 18 Junio 2012. [En línea]. Available: <https://constructorelectrico.com/mantenimiento-en-instalaciones-electricas/>. [Último acceso: 23 Septiembre 2018].

Efecto de la cantidad de diésel en la calidad de las tejas

Effect of diesel amount on the quality of the tiles

Lilibeth Madrid¹, José Peralta¹ Yasury Huertas¹, Cristian Peralta¹, Bolívar Bernal^{2*}

¹ Licenciatura en Ingeniería Industrial-Centro Regional de Azuero-Universidad Tecnológica de Panamá, ² Docente de pregrado-Facultad de Ingeniería Industrial-Centro Regional de Azuero-Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen En este artículo se exhiben los resultados experimentales obtenidos al someter el proceso de fabricación de tejas de arcillas, a la regulación en la cantidad de diésel empleado en el proceso para su deslizamiento y que tiene influencia en la calidad del producto final obtenido. Para lograr el propósito, se aplicó un diseño de experimento en la fábrica de Arcillas S.A. que consistió en la toma de muestras de distintos días de producción bajo dos parámetros: (1) diésel no regulado y (2) diésel regulado, colocando una válvula para controlar la cantidad de diésel empleado en la fabricación de las tejas. Posteriormente, se contrastaron las hipótesis nula y alterna, aplicando la herramienta estadística de análisis de varianza a los datos resultantes del experimento, permitiendo concluir que existe evidencia significativa para confirmar que la cantidad de diésel aplicado influye en la calidad de la teja que se fabrica en un nivel de confianza del 95%.

Palabras clave Arcilla, secado, horneado, defectos estructurales, análisis de varianza.

Abstract In this article the experimental results obtained by submitting the clay tile manufacturing process to the regulation of the quantity of diesel used in the process for its sliding and which influences the quality of the final product obtained are shown. To achieve the purpose, an experiment design was applied in the "Clay Factory S.A." which consisted of the sampling of different days of production under two parameters: 1) unregulated diesel and (2) regulated diesel, placing a valve to control the amount of diesel used in the manufacture of the tiles. Subsequently, the null and alternate hypothesis were tested, applying the statistical tool of analysis of variance to the data resulting from the experiment, allowing to conclude that there is significant evidence to confirm that the amount of diesel applied influences the quality of the tile that is manufactured in a level of confidence of 95%.

Keywords: Clay, drying, baking, structural defects, variance analysis.

Corresponding authors: bolivar.bernal@utp.ac.pa

1. Introducción

La calidad es un factor clave para el éxito de los negocios, el crecimiento y la obtención de una posición competitiva [1]. El manejo deficiente de los procesos puede ejercer un efecto poderoso en el desempeño de la empresa, casi siempre representa del 15 al 20% de los productos defectuosos [2].

La fábrica de Arcillas S.A. está ubicada en Chitré, provincia de Herrera, y se dedica a la producción y comercialización de productos derivados de la arcilla entre ellos, diferentes tipos de bloques, tejas, chapas, baldosas, ladrillos y otros accesorios utilizados para techos.

En la actualidad, la empresa presenta inconformidad con la calidad de su producto clave las tejas tipo S (modelos: imperial, castilla y catalana). En esa dirección, se ha realizado una evaluación de las operaciones que forman parte del proceso de fabricación: molienda, extrusión, corte, secado y horneado. De esta manera se determinó como el principal factor de afectación la cantidad de diésel que se añade a la pieza para facilitar su deslizamiento de la extrusora al proceso corte.

La presente investigación busca comprobar o descartar, mediante un diseño experimental, si la cantidad de diésel aplicado afecta la calidad de la teja, identificando el factor influyente (cantidad de diésel), previo a la comparación del porcentaje de producto defectuoso antes y después de regular la cantidad de diésel. Es de importancia señalar que para la realización del estudio se conservaron las mismas condiciones de secado, ciclo de cocimiento y temperatura del horno.

2. Planteamiento del problema

Actualmente, un promedio de 30% de la producción de tejas de la empresa Arcilla S.A., es considerado defectuoso, situación que reduce los niveles de productividad e incrementa los costos de producción ocasionados por la pérdida de materia prima empleada en el proceso.

Se considera que el alto porcentaje de fabricación defectuosa se debe a la cantidad de diésel que se aplica para su deslizamiento entre el proceso de extrusión y corte. En

virtud de lo expuesto, la investigación busca responder la siguiente interrogante:

¿La cantidad de diésel empleada en el proceso de producción de la teja afecta su calidad?



Figura 1. Aplicación de diésel a la teja entre el proceso de extrusión y corte.

3. Metodología

3.1 Elección del diseño experimental

El diseño experimental consiste en la realización de una o varias pruebas en las cuales se inducen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema, de manera que sea posible observar e identificar las causas de los cambios en las respuestas de salida [3].

En esta investigación se aplicó un diseño experimental unifactorial al azar, una vez que se identificó, mediante un análisis de todo el proceso de fabricación de la teja, que el factor de mayor afectación era la cantidad de diésel aplicado para facilitar el deslizamiento. La herramienta estadística utilizada para el análisis de los resultados experimentales fue el análisis de varianza, la cual permite separar la variación total en las partes con las que contribuye cada fuente de variación en el experimento, cuyo objetivo es probar la hipótesis de igualdad de los tratamientos con respecto a la media de la correspondiente variable de respuesta [4].

El modelo matemático utilizado para este diseño se muestra en la ecuación (1)

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

Donde:

Y_{ij} = valor observado dentro de cada tratamiento.

μ = efecto medio verdadero.

τ_i = variable que varía de tratamiento en tratamiento.

ε_{ij} = error experimental.

3.2 Variables experimentales

- Variable de respuesta: Es aquella que permite conocer el efecto o los resultados de cada prueba experimental [4]. En este experimento tendremos como variable de respuesta el porcentaje de tejas defectuosas.
- Factor: Se entiende por factor a aquella variable que afecta la variable de respuesta [4]. En nuestro caso el factor será la cantidad de diésel aplicado.
- Niveles: Son los diferentes valores que se le asignan a cada factor [4]. Para este experimento se definieron dos niveles: cantidad de diésel regulado y cantidad de diésel no regulado.
- Tratamientos: Son la combinación de todos los factores estudiados. En el diseño experimental unifactorial es igual a la cantidad de niveles [4]. Para este experimento serán: cantidad de diésel regulado y cantidad de diésel no regulado.

3.3 Hipótesis de investigación

H_0 : la regulación de la cantidad de diésel no influye en la calidad de las tejas de arcilla.

H_1 : la regulación de la cantidad de diésel influye en la calidad de las tejas.

3.4 Recolección de datos

En la recolección de los datos para el análisis, se tomaron nueve muestras de 608 tejas cada una, tres muestras diarias en tres turnos distintos (diurno, vespertino y nocturno) durante tres días de producción. El análisis de las muestras se realizó para las dos condiciones: proceso sin y con regulación de la cantidad de diésel aplicado en la teja; en cada condición señalada se inspeccionaron un total de 5,472 tejas. Para regular la cantidad de diésel aplicado, se colocó una válvula (ver figura 2). El total de muestras fue de 5,472 tejas para cada condición.



Figura 2. Válvula colocada para regular la cantidad de diésel aplicado.

La selección de la muestra se realizó de forma visual considerando como defectuosas aquellas que no satisfacían las normas de calidad de la empresa, que establecen que la superficie de la teja deberá ser lisa y pareja sin imperfecciones

visibles a una distancia de 4.5 metros y además estará libre de defectos estructurales [5], (ver figura 3).



Figura 3. Teja defectuosa.

4. Análisis de los resultados

4.1 Análisis descriptivo

De acuerdo a los datos recolectados (ver tabla 1), se aprecia una media porcentual de 30.24 tejas defectuosas en cuanto al diésel no regulado y de 4.73% para el diésel regulado; una variación de 25.51 puntos porcentuales.

Tabla 1. Porcentaje de tejas defectuosas

	Diésel no regulado	Diésel regulado
1	33.9	1
2	53.5	2.6
3	40.2	3.3
4	21	3
5	21.8	1.3
6	28.2	4.5
7	16.2	19
8	23.1	2.2
9	34.3	5.5

Fuente: Los autores.

El cambio en el procedimiento revela una disminución en la variabilidad de 11.61 a 5.55 (6.06 puntos porcentuales), lo cual es significativo si se espera reducir el volumen de tejas defectuosas y evitar altos costos de producción en el proceso de fabricación. Se observa igual comportamiento en los valores de rango -nivel mínimo y máximo-, marcando una disminución de 19 puntos porcentuales (un valor de 37 en el diésel no regulado a un valor de 18 con el método de diésel regulado). Ver tabla 2.

Tabla 2. Medidas descriptivas

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
Diésel no regulado	16.20	53.50	30.24	11.61
Diésel regulado	1.00	19.00	4.73	5.55

Fuente: Datos obtenidos por los autores.

4.2 Análisis de varianza

En la tabla 3 se muestran los resultados del análisis de varianza, para el cual se tomaron los porcentajes de las muestras recolectadas y determinar si existe diferencia en las medias poblacionales de los tratamientos. Se observa el valor crítico de F (Fisher crítica) con un valor de 4.49 a un nivel de confianza del 95%, grados de libertad (1,16), es menor a la Fisher calculada que presenta un valor de 32.36. Esto permite inferir que de acuerdo a los datos recolectados, se rechaza la hipótesis nula y se comprueba de que la regulación en la cantidad de diésel durante el proceso de producción de la teja, sí influye en su calidad.

Tabla 3. Resultados del análisis de varianza

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico para F
Entre grupos	2928.68	1	2928.68	35.36	4.49
Dentro de los grupos	1325.26	16	82.83		
Total	4253.94	17			

Fuente: Datos obtenidos por los autores.

4.3 Validación de los supuestos

Se realizó una prueba de Levene para comprobar la homogeneidad de la varianza del porcentaje de tejas defectuosas, a un nivel de significancia de $\alpha = 5\%$, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 4, donde $P > \alpha$, por lo que se confirma que existe homogeneidad en la varianza, (ver figura 4).

Tabla 4. Resultados prueba de Levene

Estadística de Prueba	4.34
Valor P	0.054
Fuente: Datos obtenidos por los autores	

5. Eficiencia productiva

La tabla 5 muestra la eficiencia productiva y el margen de ganancia bruta asociado a la regulación de la cantidad de diésel empleado, dentro del proceso productivo de la teja.

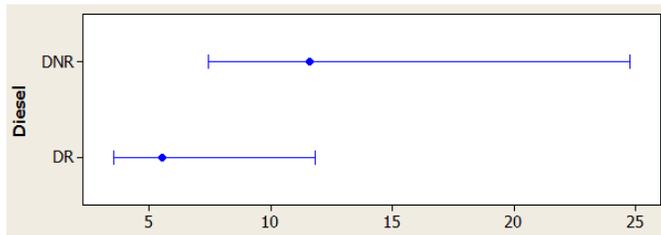


Figura 4. Gráfico de homogeneidad de varianza.

Fuente: Elaborado por los autores.

El análisis revela un incremento en la eficiencia productiva del 58%, lográndose un beneficio de \$832.50 en la utilidad bruta, asumiendo que todas las tejas aceptables son vendidas.

Tabla 5. Eficiencia productiva y margen de ganancia bruta

	Actual	Propuesto
Unidades producidas diarias	1824	1824
Unidades defectuosas diarias	597	42
Unidades aceptables diarias	1227	1782
Eficiencia (%)	62.27	97.70
Incremento de eficiencia (%)	58	
Precio unitario (\$)		
	1.50	
Costo variable (\$)		
	1.14	
Margen de ganancia bruta		
Ingreso por venta (\$)	1840.50	2673.00
Costo variable (\$)	2079.36	2079.36
Utilidad bruta (\$)	(238.86)	593.64
Incremento en utilidad bruta (\$)	832.50	

Fuentes: Datos recopilado por los autores

6. Conclusiones

Los resultados del análisis en esta investigación permiten afirmar que regular la cantidad de diésel durante el proceso de fabricación de las tejas de arcilla, reduce significativamente la cantidad de tejas defectuosas, lo que es un indicador de que sí afecta su calidad. Una posible explicación es que el diésel forma una capa sobre el material estudiado causando que durante el proceso de secado el agua no logre evaporarse por completo y al momento en que se introduzca al horno el agua atrapada por la capa de diésel, tienda a evaporarse más rápido y a medida que se eleva la temperatura, aumenta la presión hasta llegar al punto en que logra salir, provocando defectos estructurales.

AGRADECIMIENTO

Extendemos nuestro más sincero agradecimiento a la empresa Arcillas S.A. en especial al Ingeniero Benito Suarez

por abrirnos las puertas de su empresa y brindarnos la oportunidad de realizar el experimento, igualmente a la ingeniera Maritza de Moreno por su orientación en el cálculo de las muestras que fueron tomadas. A la ingeniera Celinda Pérez De León, por su acertada colaboración en la revisión y redacción final del documento.

REFERENCIAS

- [1] R. Barra, Círculos de Calidad en Operaciones, México: McGRAW-HILL, 1985.
- [2] D. C. Montgomery, Control estadístico de la calidad, México: Grupo Editorial Iberoamérica S.A. de C.V., 1991.
- [3] D. C. Montgomery, Diseño y Análisis de experimento, México: Grupo Editorial Iberoamérica, S.A de C.V, 1991.
- [4] H. G. Pulido, Análisis y Diseño de Experimento, México: McGRAW-HILL, 2008.
- [5] A. S.A., «Especificación de los Productos,» Chitré, Panamá.

Meiobentos como indicado alternativo de contaminación de playas

Meiobenthos, alternative indicator of beach pollution

Airelys Y. Pinzón¹, Madeleine M. Trejos¹, Maritzel Carrera¹, Edy A. Frías¹, Italo Goti^{2*}

¹ Licenciatura en Biología – Centro Regional de Universitario de Azuero – Universidad de Panamá

² Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología – Centro Regional Universitario de Azuero - Universidad de Panamá.

Resumen Se recolectó el Meiobentos con un nucleador de 2,54 cm de diámetro introducido 5 cm en el sedimento, de igual manera se tomaron muestras para el análisis microbiológico de las playas durante la marea más baja de sicigia cada 15 días por un periodo de dos meses. Las muestras fueron tomadas en playas de la región de Los Santos: Los Guayaberos, Bella Vista, El Rincón y La Yeguada. El análisis de los resultados microbiológicos indicó que hubo crecimiento en Los Guayaberos y Bella Vista de Coliformes fecales, mientras que las otras dos playas el crecimiento es menor o no hubo crecimiento. Los resultados de los análisis realizados en las 4 playas indicaron los siguientes grupos asociados a zonas contaminadas: Nematodos 45,2 ind/10 cm², Oligochaetas 6,91 ind/10 cm², Gnathostomulidas 1,97 ind/10 cm², y Foraminíferos 0,98 ind/10 cm², mientras que en la zona no contaminada: Nematodos 12,82 ind/10 cm², Oligochaetas 4,27 Gnathostomulidos 2,63 ind/10 cm², y ningún Foraminífero, la mayor abundancia de estos grupos es un buen indicador de contaminación de playa.

Palabras clave Meiobentos, indicadores fecales, coliformes, contaminación, playas arenosas.

Abstract The meiobenthos of sandy beaches was collected with a 2.54 cm diameter nucleator introduced 5 cm into the sediment. Samples were also taken to microbiological analysis of the wet sand of the beaches during the lowest tide of syzygy, every 15 days for a period of two months. The samples were taken at beaches in the Los Santo region, Los Guayaberos, Bella Vista, El Rincon and La Yeguada. The analysis of the microbiological results indicated that there was growth in Los Guayaberos and Bella Vista of faecal coliforms, while the other two beaches growth is lower or there was no growth. The analysis of the results of the four beaches indicated the following groups associated with polluted areas: Nematodes with 45,2 ind/10 cm², Oligochaets with 6,91 ind/10 cm², Gnathostomulids with 1,97 ind/10 cm², and Foraminiferans with 0,98 ind/10 cm², which represented the 90 % of the meiobenthic fauna. On the other hand, in the uncontaminated zone: Nematodes 12.82 ind / 10 cm², Oligochaetas 4.27 Gnathostomulids 2.63 ind / 10 cm², and no Foraminifera, the highest abundance of these groups is a good indicator of beach pollution.

Keywords: Meiobenthos, faecal indicators, coliforms, pollution, sandy beaches.

*Corresponding authors: italo.goti@up.ac.pa

1. Introducción

Los organismos bentónicos, especialmente los animales, que habitan desde la región intermareal hasta las grandes profundidades marinas, forman asociaciones muy diversas y abundantes. Estos organismos tienden a ser convencionalmente clasificados por su tamaño, a partir del uso de tamices que se utilizan para separarlos de los sedimentos marinos [1]. Es así que se clasifican en macrofauna, organismos mayores a 500 µm (poliquetos, moluscos, crustáceos, equinodermos, poríferos, etc.), meiofauna, organismos mayores a 62,5 µm (nematodos, copépodos harpacticóides, tardígrados, etc.) y microbentos (bacterias y protistas ciliados, no retenidos con el uso de mallas convencionales) [2].

La meiofauna bentónica se puede definir como un complejo de organismos adaptados a la vida intersticial entre partículas del sedimento, translucidos y alargados.

En zonas cercanas Panamá se han realizado estudios sobre la Meiofauna, como Betancourt y Martínez [3], quienes utilizaron estos grupos en Colombia como indicadores de oxigenación y productividad. En Costa Rica se han realizado varios estudios de la abundancia del Meiobentos en zonas intermareal de playas arenolodosas [4, 5].

En nuestro país se han realizado pocos estudios sobre el Meiobentos, algunos de estos han sido investigaciones de tesis en el área de Azuero, donde se ha estudiado la abundancia y distribución temporal, y la relación con los procesos de erosión y acreción de playas arenosas en Los Guayaberos [6, 7, 8, 9] y en El Rompío [10, 11, 12].

Debido a que el Meiobentos ocupa una posición importante en los procesos biodegradativos en los sistemas estuarinos, el uso potencial del grupo como indicador de condiciones contaminadas ha sido el objetivo de diversos estudios.

Rafaelli y Mason [13] desarrollaron el índice Nematodo: Copépodo ($I_{N:C}$) como herramienta sencilla para la determinación de presencia de contaminación en las playas. Este índice, a pesar de ser usado a nivel global, ha sido cuestionado por razones ecológicas.

Además, no se han realizado estudios del uso del Meiobentos como indicador de contaminación en las playas panameñas, alternativos al índice N:C, que ha demostrado poca efectividad en nuestro país, de tal manera que puede utilizarse como indicador de contaminación tanto en las playas como del agua [14].

El objetivo del presente trabajo es desarrollar una técnica alternativa más rápida y económica con respecto al análisis microbiológico, como indicador de contaminación fecal de playa.

2. Materiales y métodos

La investigación se realizó en cuatro playas de la región de Los Santos: Los Guayaberos, El Rincón, La Yeguada y Bella Vista; las cuales se identificaron visualmente y se segmentaron en dos grupos de acuerdo a la presencia de animales domésticos, aves marinas, restos de pesca artesanal, basura y comunidades aledañas, fuentes de contaminación según Brandão [15], de las cuales las playas Los Guayaberos y Bella Vista se clasificaron como contaminadas, mientras que La Yeguada y El Rincón como no contaminadas.

Para confirmar la clasificación anterior de las playas se realizaron análisis microbiológicos mediante la técnica de fermentación de tubos múltiples y lectura de luz UV para identificar la presencia de Coliformes fecales [16].

Se utilizó como referencia para los datos microbiológicos la norma colombiana NTS-TS 001-2 [17], por la falta de normas panameñas para arena de playa.

Para la recolecta del Meiobentos se utilizó un nucleador de PVC de 2,54 cm de diámetro, introducido 5 cm en el sedimento. Las muestras se fijaron en formalina al 5 % con rosa de bengala y se preservó, luego de 24 horas, con alcohol al 70 %. Se tomó una muestra con tres repeticiones por playa, durante la marea más baja de sicigia diurna cada 15 días entre mayo y julio 2018.

Una vez en el laboratorio se identificaron los organismos presentes en la muestra mediante un microscopio óptico a 10x y 40x, con la ayuda de claves gráficas.

Se seleccionaron los grupos del Meiobentos que representaban el 90 % de la abundancia en las playas contaminadas que estuviesen presentes en más del 75 % de las muestras.

Además, se calculó el índice $I_{N:C}$ [13], para verificar su utilidad como indicador de contaminación.

3. Resultados

Microbiología

El análisis microbiológico indicó que las playas Los Guayaberos y Bella Vista están contaminadas (> 100 NMP/10 g), de acuerdo a la Norma Técnica colombiana, mientras que El Rincón y La Yeguada se presentan como libres de contaminación (< 28 NMP/10 g) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Incidencia de Coliformes Fecales en las playas estudiadas (NMP/10 g)

Los Guayaberos	El Rincón	La Yeguada	Bella Vista
> 100	< 3	28	150

Meiobentos

De los organismos colectados se identificaron 10 taxa de Meiobentos, de las cuales los Nematodos presentaron la mayor abundancia, con una densidad total de $87,92 \text{ ind}/10 \text{ cm}^2$, el segundo y tercer grupo en abundancia dependió de la condición de contaminación de cada playa, *Oligochaeta*, *Ciliados*, *Tanaidaceos* y *Gnathostomúlidos* (cuadro 2).

Cuadro 2. Densidad total del Meiobentos ($\text{ind}/10 \text{ cm}^2$) en los sitios estudiados, por grupo taxonómico

Taxa	Los Guayaberos	El Rincón	La Yeguada	Bella Vista
<i>Nematodos</i>	87,82	24,93	22,31	94,49
<i>Ciliados</i>	11,81	5,25	7,87	11,81
<i>Copépodos</i>	5,25	5,25	1,31	1,31
<i>Tanaidaceo</i>	5,25	0	18,37	0
<i>Gnathostomulida</i>	1,31	0	10,50	6,56
<i>Oligochaeta</i>	26,24	3,94	9,18	1,31
<i>Cumaceo</i>	0	1,31	1,31	0
<i>Kinorhyncha</i>	1,31	0	1,31	0
<i>Hidracarina</i>	1,31	0	0	1,31
<i>Foraminífera</i>	1,31	0	0	2,62

Luego de determinar la presencia de los diversos taxa de las cuatro playas, se agruparon los datos de las playas identificadas como contaminadas con respecto a las no contaminadas y se determinó la abundancia por grupo taxonómico (figura 1).

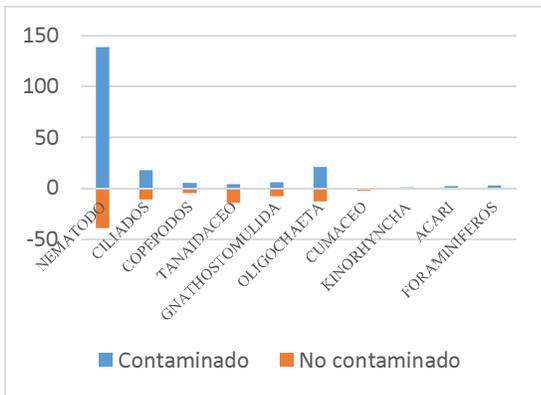


Figura 1. Abundancia de los grupos evaluados en las playas contaminadas y no contaminadas.

De lo anterior se obtuvo que los taxa que representaron el 90 % de la abundancia y el 75 % de la constancia en las muestras de playas contaminadas fueron: los *Nematodos*, *Oligoquetos*, *Gnathostomúlidos* y *Foraminíferos*, los cuales mostraron una densidad mayor a 100 ind/10 cm² en las playas contaminadas y menor a 50 ind/10 cm² en las no contaminadas (cuadro 3).

Cuadro 3. Densidad total del Meiobentos (ind/10 cm²) indicador de contaminación (Nemátodos+Oligoquetos+Gnathostomulidos+Foraminíferos)

Los Guayaberos	El Rincón	La Yeguada	Bella Vista
116,80	33,74	49,87	104,99

Índice *Nematodo: Copépodo*

Se determinó el índice $I_{N:C}$ en las cuatro playas y dio como resultado: Los Guayaberos 16,75, en el Rincón 4,75 mientras que en La Yeguada 17 y en Bella Vista 72.

4. Discusión

Los valores de coliformes fecales en las playas contaminadas se presentaron de acuerdo a lo encontrado por Melgar y Carvajal [18] en la playa El Rompío y Los Guayaberos, las cuales han sido identificadas como contaminadas.

Los grupos del Meiobentos encontrados en la presente investigación forman parte de la comunidad meiobentónica de las playas arenosas de Azuero, Los Guayaberos [6, 7, 8] (Barría 2016) y en El Rompío [10, 11, 12]. Sin embargo, los grupos escogidos como indicadores de contaminación en el presente estudio se presentaron más abundantes que en los estudios antes indicados (figura 2).

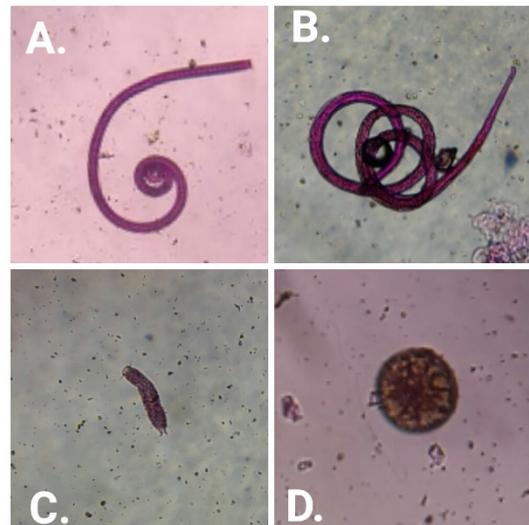


Figura 2. Organismos meiobentónicos escogidos como indicadores de contaminación (A. Oligochaeta, B. Nematodo, C. Gnathostomulida, D. Foraminifera).

Los taxa seleccionados como indicadores de contaminación, se presentaron con mayor abundancia en las playas catalogadas como contaminadas (figura 3). Según Warwick [8] el Meiobentos ha sido utilizado como medida de perturbación antropogénica, pero esta relación debido a diferentes tipos de contaminación ha sufrido dificultades en su interpretación.

El análisis de conglomerado, mediante el uso de todos los taxa encontrados, mostró que los grupos escogidos como indicadores de contaminación discriminan correctamente las playas contaminadas de las no contaminadas (figura 3).

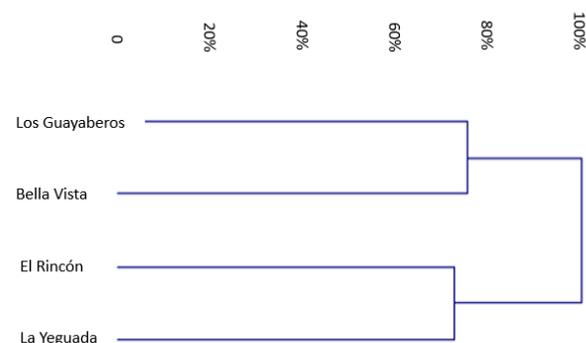


Figura 3. Dendrograma de la abundancia de taxa indicadora de contaminación en las playas estudiadas. Basado en el método de Ward y distancia de Bray Curtis.

El cálculo del índice IN:C en el presente estudio dio como resultado valores entre 4,75 y 72. Es difícil determinar finalmente con estos valores cuales playas están contaminadas debido a que el ámbito escogido para el índice varía de acuerdo al investigador que lo utilice. Warwick indicó el límite 10 como indicador de contaminación [19], mientras que Sutherland indicaron el valor de 20 [21] y Rubal el límite de 50 [22], lo que hace ambigua su utilización.

Según Sun [21] la aplicabilidad de un índice simple como el índice N:C para medir los efectos de la perturbación en ecosistemas complejos es controversial y cuestionable, es por esta razón que el presente trabajo cobra validez.

5. Conclusiones

Se determinó microbiológicamente que las playas Los Guayaberos y Bella Vista están contaminadas, con valores de Coliformes Totales > 150 NMP/10 g, tipificados en la norma colombiana NTS-TS 001-2, como no aptas para uso de fines turísticos, mientras que las playas El Rincón y La Yeguada no lo están, < 28 NMP/10g.

De acuerdo el índice N:C la playa Bella Vista presentó un valor de 72, el resto de la playa valores menores a 17, lo cual indica que solo la primera playa está contaminada, por lo que este índice no es fiable para estas zonas.

Los valores de densidad de los grupos de Meiobentos seleccionados como indicadores de contaminación fecal y sedimento anóxico indican que las playas Los Guayaberos y Bella Vista presentan valores superiores a 100 ind/10 cm² mientras que las playas el Rincón y La Yeguada presentan valores < 50 ind/10 cm².

La utilización de los cuatro grupos meiobentónicos indicadores de contaminación: *Nematodos*, *Oligochaeta*, *Gnathostomulida* y **Foraminíferos**, aunados al análisis de conglomerado, mediante el método de Ward y distancia de Bray Curtis, resultó una buena herramienta para separar playas contaminadas de aquellas que no lo están.

Utilizar el Meiobentos como indicador alternativo de contaminación es uno de los métodos más económicos y fáciles de manejar, además de que el análisis de los datos es rápido, a diferencia del método microbiológico, por lo que podemos recomendarlo como un buen indicador alternativo de contaminación de playas.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue posible gracias a la colaboración del Profesor Italo I. Goti; quién con su amplio conocimiento en el área de la Biología Marina nos encaminó en el desarrollo del mismo. También a nuestro compañero David García quién nos

proporcionó información de gran valor en la parte microbiológica.

REFERENCIAS

- [1] Bilyard, G.R. (1987). The value of benthic infauna in marine pollution monitoring studies. *Marine Pollut. Bull.* 18(11):581-585.
- [2] Warwick, R.M. (1993). Environmental impact studies on marine communities: Pragmatical considerations. *Austral. J. Ecol.* 18:63-80.
- [3] Betancur, M. A. y Martínez, J.I. (2003). Foraminíferos bentónicos recientes en sedimentos de fondo de la cuenca de Panamá (Pacífico colombiano), como indicadores de productividad y oxigenación. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 32: 93-123.
- [4] De la Cruz, E. & Vargas, J.A. (1987). Abundancia y distribución vertical de la meiofauna en la playa de Punta Morales. *Rev. Biol. Trop.* 36:363-367.
- [5] Vargas, J.A. (1988). A survey of the Meiofauna of an eastern tropical Pacific intertidal mud flat. *Revista de Biología Tropical*, 36, 541-544.
- [6] Mendieta, J. (2013). Diversidad del Meiobentos en la playa arenosa Los Guayaberos, Santa Ana (Los Santos) sometidos al proceso de erosión.
- [7] Cruz, R. (2014). Composición, distribución y abundancia espacial de la meiofauna bentónica sometida a un proceso de erosión en la playa arenosa Los Guayaberos en los Santos. Tesis Licenciatura Univ. de Panamá 44 pp.
- [8] Berguido, J. (2014). Distribución del Meiobentos en zonas meso e infralitoral de la playa Los Guayaberos en Los Santos, Panamá, a diferentes distancias del espigón. Tesis Licenciatura Univ. de Panamá.
- [9] Barría, J. (2016). Variación temporal y espacial en la abundancia y distribución de la meiofauna en playa Los Guayaberos sometida a procesos de erosión, Los Santos, Panamá, septiembre 2013 a febrero 2014. Tesis Licenciatura Universidad de Panamá 58 PP.
- [10] Guevara, M. (2013). Abundancia del Meiobentos en la playa El Rompío (Los Santos), bajo procesos de acreción de agosto del 2012 a febrero del 2013. Tesis Licenciatura Univ. de Panamá 68 pp.
- [11] Vargas, R. (2014). Variación espacio-temporal de la composición de la meiofauna bentónica en la playa El Rompío, provincia de Los Santos. Tesis Licenciatura Univ. de Panamá 35 pp.
- [12] Quintero, C. (2018). Composición, abundancia y variación temporal de las comunidades del Meiobentos en la playa El Rompío, en Los Santos, Panamá, septiembre del 2013 a febrero del 2014. Tesis Licenciatura Univ. de Panamá 35 pp.
- [13] Raffaelli, D., y Mason, C. (1981). Pollution monitoring with Meiofauna, using the ratio of Nematode to Copepodes. *Mar. Poll. Bull.* 12(5):158-163.
- [14] López, C. y Cruz, R. (2000). Distribución y abundancia del Meiobentos en los manglares de Parita. Tesis Licenciatura Univ. de Panamá 92 pp.

- [15] Brandão, J., Wergikosky, B., Rosado, C., Noronha, G., Rosado, L., Verissimo, C., Falcão, M.L., Giraldes, A. Simões, M., Rebelo, M. (2002). Monitorização da qualidade das areias em zonas balneares. *Ins. Nac. Saúde Ricardo Jorge*, 24 pp.
- [16] American Public Health Association. 2005. Standard methods for the examination of water and wastewaters. Washington DC, EEUU 21th ed.
- [17] ICONTEC (2011). Normas Técnicas Colombianas. Distintas técnicas de playas. NTS-TS 001-1.
- [18] Melgar y Carvajal 2013. Ocurrencia de Coliformes y E. coli en sedimentos marinos (arena) de playas: El Rompío y Los Guayaberos, en el corregimiento de Santa Ana, Provincia de Los Santos, 2013. Tesis Licenciatura, Universidad de Panamá.
- [19] Warwick, R. 1981. The Nematode/Copepode ratio and its use in pollution ecology. *Mar. Pollut. Bull.* 22:180-183.
- [20] Sutherland, T.F., Levins, C.D., Petersen, S.A., Poon, P., y Piercy, B. 2007. The use of Meiofauna as an indicator of benthic organic enrichment associated with salmonid aquaculture. *Mar. Pollut. Bull.* 54:1249-1261.
- [21] Sun, X., Zhou, H., Hua, E., Xu S., Cong, B. y Zhang, Z. 2014. Meiofauna and its sedimentary environment as an integrated indication of anthropogenic disturbance to sandy beach ecosystems. *Mar. Poll. Bull.* 45(3):505-535.
- [22] Rubal, M., Veá, P., y Besteiro, C. 2009. Nematode/Copepod Index: importance of sedimentary parameters, sampling methodology and baseline values. *Thalassas* 25:9-18
- [23] Carignan, V. & M-A. Villard. (2002). Selecting indicator species to monitor ecological integrity: a review. *Environmental and Assessment* 78:45-61.
- [24] Galvão, L.E. (2003). A water pollution crisis in the America. *Habitat Debate* 9(3):10.
- [25] Platonova, T.A. (1985). Nematodes and their role in the Meiobentos. Oxonian Press Ltd, 366 p.

Validación de un diseño fotovoltaico con un consumo de 30 Watts DC, para ser utilizado con un sistema NFT en comunidades sin acceso a la red eléctrica

Validation of a photovoltaic design with a consumption of 30 Watts DC, to be used with an NFT system in communities without access to the electricity grid

Gabriel López¹, José Jirón¹, Karina Rodríguez¹, Sergio Valdés¹, Héctor Rosales^{1*}

¹ Licenciatura en Sistemas Eléctricos y Automatización- Centro Regional Universitario de Coclé-Universidad de Panamá

Resumen Este trabajo se centró en el dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico y su implementación en un sistema hidropónico de tipo Nutrient Film Technique (NFT). El sistema solar se especificó para tener una autonomía en energía de dos días. Para lograr este objetivo, se consideró el uso de una bomba DC de 20W para la recirculación de los nutrientes, durante dos periodos de dos horas cada uno y también se utilizó un bombillo de 10 W durante dos horas. Con estos requerimientos se pudieron obtener las especificaciones del panel solar, la batería y el controlador de carga. De acuerdo con los resultados obtenidos, se pudo demostrar que este tipo de sistemas hidropónico se puede implementar con un sistema solar fotovoltaico de baja capacidad y con un bajo presupuesto, muy adecuado para comunidades de escasos recursos y sin acceso a la red eléctrica pública.

Palabras clave Sistema solar fotovoltaico, hidroponía, sistema NFT.

Abstract This work focused on the sizing of a solar photovoltaic system and its implementation in a NFT hydroponic system. The solar system was specified to have an autonomy in energy of two days. To achieve this goal, the use of a 20W DC pump for the recirculation of nutrients was considered, for two periods of two hours each and a 10W bulb was also used for two hours. With these requirements it was possible to obtain the specifications of the solar panel, the battery and the charge controller. According to the results obtained, it was possible to demonstrate that this type of hydroponic systems can be implemented with a low capacity photovoltaic solar system with a low budget, very suitable for communities with limited resources and without access to the public electricity grid.

Keywords Solar system, photovoltaic, hydroponics, NFT system.

* Corresponding author: sergiovaldes908@gmail.com

1. Introducción

La hidroponía es una técnica de producción agrícola en la que se cultiva sin suelo y donde los elementos nutritivos son entregados a las plantas mediante una solución. Por medio de las raíces las plantas reciben la solución nutritiva disuelta en agua con todos los elementos químicos necesarios para el desarrollo de la planta.

Los cultivos sin suelo se centran en eliminar el vertido de los lixiviados y con ello evitar la contaminación de los suelos y los acuíferos. También, estos sistemas contribuyen al ahorro de agua en zonas semiáridas y con escasez de recursos hídricos, al reutilizar toda o parte del agua lixiviada [1].

Un método popular de hidroponía es el sistema tipo NFT (*del inglés, Nutrient Film Technique*). Este tipo de sistema hace recircular una capa fina de solución nutritiva de manera continua o intermitente; a través de unos canales de tubos PVC, polietileno o poliuretano con forma rectangular o circular, escalonada, en zigzag o vertical, llamados canales de cultivo [2].

Para implementar los sistemas hidropónicos tipo NFT, se requiere de algún tipo de energía para su funcionamiento. El uso de energías renovables es una opción que cada día tiene más beneficios y muchas aplicaciones. Una de las fuentes de

energías renovable con la que contamos, es la energía solar fotovoltaica que consiste en convertir directamente la radiación solar en electricidad.

En el trabajo realizado por [3], se implementa un sistema para el cultivo hidropónico de 648 plántones de lechuga, utilizando la energía solar fotovoltaica. El sistema solar fue especificado para trabajar en corriente alterna, pues debía alimentar una bomba centrífuga de 120 VAC de ¼ HP. Este proyecto tuvo un total de costos directos de USD 2,694.62, de los cuales USD 1,504.73 fueron en concepto de equipos y materiales para la implementación del sistema solar fotovoltaico.

Para una familia promedio, implementar un sistema hidropónico de esta magnitud, puede resultar casi imposible; pero si se realizan adecuaciones al diseño tanto del sistema hidropónico como del sistema solar fotovoltaico, se pueden reducir los costos directos de inversión. Para un sistema doméstico se pueden utilizar materiales reciclados para disminuir los costos de inversión en el sistema. Es importante señalar que en la República de Panamá existe un aproximado de 100,000 familias que no cuentan con servicio de energía eléctrica en sus hogares [4], por lo que este tipo de proyectos puede representar una alternativa para el cultivo de nuevos productos para consumo familiar.

La finalidad de este trabajo consiste en dimensionar un sistema solar fotovoltaico diseñado a la medida de un sistema hidropónico tipo NFT. Esto permitirá energizar, eficientemente, una bomba de agua de 20 W DC y así, hacer recircular una solución de nutrientes en un sistema hidropónico, que puede estar ubicado en comunidades de escasos recursos y sin acceso al servicio eléctrico.

2. Metodología

2.1 Dimensionamiento del sistema

El dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico está basado en el método presentado por [5]. Este método muestra los valores estimados de consumo de los equipos y la carga total del sistema.

Tabla 1. Especificaciones de la carga y el tiempo de uso

Especificaciones de la carga y el tiempo de uso							
Tipo	Equipos	Cantidad	Potencia Nominal	Sub-total	Horas diarias	WH/día	
Sistema Solar Fotovoltaico	Bomba de agua	1	20 W	20 W	4	80	
	Bombillo	2	5 W	10 W	2	20	
	Subtotal (WH/día)						100
	15% de pérdida = (100*0.15)						15
	Consumo diario total (WH/día)=(100+15)						115
	Máxima demanda de carga instalada (KWH)						0.030

Como se muestra en la tabla 1, se ha empleado una bomba de agua de 12 VDC/ 20 Watts de potencia y dos bombillos LED de 5 Watts cada uno. Esta metodología sugiere añadir un 15% de pérdidas en el cálculo de la potencia consumida por el sistema en un lapso de 4 horas y 2 horas respectivamente, dando como resultado un consumo diario de 115 WH por día.

2.2 Cálculos de la energía fotovoltaica

Para el cálculo de la energía fotovoltaica, se requiere primeramente obtener el rendimiento R; es decir el rendimiento global de la instalación fotovoltaica. Este valor se define como:

$$R = (1 - K_b - K_c - K_v) * (1 - (K_a * N) / P_d) \quad (1)$$

$$R = (1 - 0.05 - 0.1 - 0.1) * (1 - (0.005 * 2) / 0.8)$$

$$R = 0.74$$

$$E_{fv} = E_{tfv} / R \quad (2)$$

$$E_{fv} = 115 \text{ WH día} / 0.74$$

$$E_{fv} = 155.4 \text{ WH.}$$

La radiación solar promedio en Panamá por año es de 3.38 kW/m²/día según [6].

Especificaciones del panel solar

En la tabla 2, se presenta las especificaciones de un panel solar considerando que suministrará energía para una carga eléctrica pequeña.

Tabla 2. Especificaciones del Panel Solar

Especificaciones del Panel Solar	
Potencia	50 Watts
Voltaje de circuito abierto	22.6 V
Corriente de corto circuito	3.14 A
Voltaje a máxima potencia	17.5 V
Corriente a máxima potencia	2.85

2.3 Determinación del número de paneles

$$\#P = E_{fv} / W_p * H.$$

$$\#P = 155.4 / (50 * 3.38) = 1 \text{ panel} \quad (3)$$

2.4 Determinación del controlador de carga

Capacidad de corriente del controlador de carga

$$= (3.14A * 1) * 1.25 = 3.9 \text{ A} \quad (4)$$

2.5 Dimensionamiento de la batería

Con la tabla 3 es posible determinar la cantidad de baterías necesarias para el sistema solar a implementar. Por su

capacidad de Amperios/Hora (AH) y su voltaje de operación la batería tiene una capacidad de almacenar 396 WH.

Tabla 3. Características de la batería

Características de la batería	
Voltaje de operación (V)	12 V DC
Capacidad de carga (AH)	33 AH

El número de batería se define de la siguiente manera:

$155.4 \text{ WH} / 396 \text{ WH} = 0.4$. Dado que las baterías tienen una capacidad de descarga de 50%, entonces su almacenamiento útil es de:

$$336 \text{ WH} * 50\% = 168 \text{ WH.} \quad (5)$$

$$155.4 \text{ WH} / 168 \text{ WH} = 0.925.$$

Es decir que se necesita una batería de 33 AH para el sistema empleado.

3. Proceso de instalación

Ubicado en un espacio a cielo abierto, se dimensiona el área que ocupa el sistema hidropónico de tipo NFT. Se montan dos tramos de 5 pies de tubería PVC de 4". Cada tramo cuenta con orificios para las plantas de 5.2 cm de diámetro. Las bases se fabrican con tubos PVC 3/4".

La estructura de soporte para tanques de llenado y panel fotovoltaico está confeccionada con hierro negro y tubo galvanizado. La altura mínima y máxima del tanque de llenado es de 1.60 m y 3.50 m respectivamente. Se eligió el método de paso de agua con llave sencilla PVC 1/2" para unir ambos tanques de 5 galones, que hace que el líquido mantenga igual nivel en ambos recipientes.

El controlador de carga y la batería se alojan dentro de una caja metálica lejos de la humedad y accesible al operador a una altura de 1.20m. En figura 1, se muestra un esquema completo en 3D del sistema hidropónico y el sistema solar descrito.

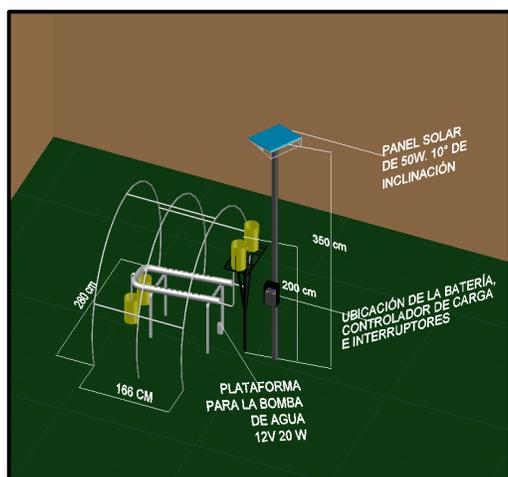


Figura 1. Imagen que muestra el diseño 3D del sistema hidropónico NFT y el sistema solar, creado en AUTOCAD.

4. Mediciones y resultados

Luego de haber conectado dispositivos y equipos, se obtienen los siguientes resultados, de acuerdo a las especificaciones técnicas del sistema.

Para la tabla 4, P.N es (parcialmente nublado), S (soleado), N (nublado), ICC (corriente en corto circuito), VCA (voltaje en circuito abierto). De acuerdo con lo que observa, en el primer día de prueba no se realizó la prueba de corto circuito, ya que no se contaba con información relacionada a la medición en corto circuito del panel solar utilizado.

Tabla 4. Tabla de mediciones relacionada al sistema solar

Tabla de Mediciones					
Fecha	Hora	ICC (A)	VCA (V)	Radiación (W/m ²)	Condición
12/6/2018	1:34		19.4	604	P.N
	1:54		19.0	415	P.N
13/6/2018	12:33	4.3	20.1	1335	S
	1:00	4.4	20.4	1390	S
	1:17	1.2	18.9	156	N
14/6/2018	11:33	1.8	19.7	320	N
	11:49	2.4	19.3	336	N
	12:09	1.9	19.4	363	N
	12:52	1.8	19.7	333	N
	1:09	1.7	19.6	301	N

Para obtener los datos de radiación se empleó un medidor de potencia solar, como el mostrado en la figura 2.



Figura 2. Imagen que muestra la medición de la radiación solar de 419 W/m², utilizando un medidor de potencia solar Dr. Meter, modelo SM206.

En la tabla 5, se muestran los datos de autonomía obtenidos para el sistema solar implementado. Se realizaron diferentes pruebas para comprobar la autonomía del sistema llevándolo a su máximo estrés. Durante las pruebas se hicieron cambios en la configuración del controlador de carga para descargar la batería hasta los 9 V y cargarla hasta los 14 V. Luego de realizados los cambios se logró un máximo rendimiento de 5 horas con 20 minutos sin recibir carga del panel solar.

Tabla 5. Prueba de Autonomía

Estado del panel durante la prueba	Fecha	Hora	Voltaje antes del ciclo	Duración del ciclo	Voltaje luego del Ciclo
Desconectado	12/9/2018	13:40	12.9 V	2 H	10.2 V
Desconectado	12/9/2018	16:54	12.7 V	40 Min	10.0 V
Conectado	13/9/2018	9:00	13.7 V	2 H	13.7 V
Desconectado	13/9/2018	17:00	13.7 V	3 H	10.7 V
Desconectado	17/9/2018	17:00	13.7 V	2 H	9.0 V
Desconectado	18/9/2018	9:00	12.2 V	1 H 50M	9.3 V
Desconectado	18/9/2018	17:00	13.5 V	20 Min	9.0 V
Desconectado	19/9/2018	16:30	14.0 V	4 H	12.4 V
Desconectado	20/9/2018	9:00	12.3 V	1 H 20M	9.2 V
Desconectado	20/9/2018	17:00	12.9 V	3 H	9.0 V
Conectado	21/9/2018	10:00	12.6 V	2 H	12.6 V
Desconectado	21/9/2018	14:00	14.2 V	2 H	12.5 V

5. Conclusiones

Basado en pruebas realizadas al sistema NFT y al sistema fotovoltaico, y los resultados obtenidos, concluimos que:

- Es posible utilizar un sistema hidropónico tipo NFT en áreas rurales sin servicio eléctrico; sin embargo, para cultivar mayor número de plantas y obtener mayor variedad de producto saludable las dimensiones del sistema tienen que ser más grandes. Con una bomba 20W el sistema solo puede ser aprovechado por familias de pocos integrantes y no para una comunidad completa.
- El panel fotovoltaico de 50w genera suficiente energía para cargar la batería de 33 Ah; sin embargo, la misma no mostró tener la capacidad de autonomía de dos días como fue previsto.
- Al momento de elegir una batería para un sistema solar fotovoltaico, es importante tener una referencia de la marca de la batería y su calidad, ya que las baterías de gel son capaces de descargarse al 50% pero las de mala calidad no logran este rendimiento.
- Es necesario que el equipo de control y almacenamiento de energía (controlador de voltaje y batería) deben tener contacto eléctrico efectivo y alojarse en un lugar lo más seco posible, periódicamente revisar bornes de batería y reaprietes de tornillos de contacto, considerando que es un equipo que está expuesto a la humedad.

AGRADECIMIENTO

Importante mencionar el apoyo recibido por parte de nuestra institución educativa, al proveer parte de los materiales y el espacio físico para la implementación de este proyecto.

REFERENCIAS

- [1] A.C. García y J.B. Torres, "Diseño y Control de un invernadero de cultivo hidropónico autosuficiente," Universidad Politécnica de Cataluña. [En línea]. Disponible en:

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/17543/Mem%C3%B2ria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- [2] A. C. Guevara López, "Diseño E Implementación De Un Sistema De Riego Automatizado, Alimentado Por Un Sistema Fotovoltaico Para El Cultivo Hidropónico En Una Planta Piloto En El Sector De San Vicente-Quero" [En línea]. Disponible en: <http://dspace.espoeh.edu.ec/handle/123456789/4915>
- [3] Hydro-Environment, NFT (Nutrient Film Technique). [En línea]. Disponible en: https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=101.
- [4] C. V. Urrutia, "Plan Energético Nacional 2015-2050. Secretaría Nacional de Energía" 2017. [En línea]. Disponible en: <http://www.energia.gob.pa/energia/wp-content/uploads/sites/2/2017/06/Plan-Energetico-Nacional-2015-2050.pdf>.
- [5] L. Mogollón, (Presentación en clase del tema: Dimensionamiento de un Sistema fotovoltaico, noviembre 2014). Maestría en Energía Renovable, Universidad Tecnológica de Panamá.
- [6] Empresa de Transmisión Eléctrica S.A. "Radiación Solar en Panamá, Brillo Solar". [En línea]. Disponible en: https://www.hidromet.com.pa/brillo_solar.php.

Efectividad de la formación de *biofilms* por cepas de *pseudomona* y su capacidad de disminución de cloro y antagónica de bacterias coliformes

Effectiveness of biofilm formation by pseudomonas strains and their ability to decrease chlorine and antagonism of coliform bacteria

Oliver Rodríguez¹, Edgardo Abadia¹, Alexis De La Cruz^{2*}

¹Estudiantes de Biología, Centro Regional de Azuero, Universidad de Panamá, ²Docente de Microbiología, Centro Regional de Azuero, Universidad de Panamá

Resumen La efectividad de formación de *biofilms* o “biopelícula” por cepas de *Pseudomona* y su capacidad de disminución del cloro y antagónica para bacterias coliformes, permite en gran medida, estudiar la capacidad de *P. aeruginosa* y *P. fluorescens* para formar biopelícula. Para el diseño experimental se utilizaron cuatro tanques con agua potable, a la cual se le adicionó Tiosulfato de sodio para eliminar las concentraciones de cloro. Para efectuar la formación de *biofilms* se colocaron cuatro estructuras en forma de “T” de PVC, sostenidas con alambre dulce. Se utilizaron tres tratamientos, uno con *P. aeruginosa*, otro con *P. fluorescens* y la mixtura (combinación de ambas cepas). Para cada tratamiento se realizaron conteos, caracterización y cuantificación de colonias bacterianas. Con el objetivo de determinar la efectividad de formación de *biofilms* por cepas de *P. aeruginosa* y *P. fluorescens*, así como también su capacidad de disminución del cloro y antagónica para bacterias coliformes. Nuestros Resultados indican que *P. aeruginosa* presentó una mayor capacidad para formar *biofilms*, en comparación con los demás tratamientos. El *biofilms* formado mostró efectividad en disminuir las concentraciones de cloro utilizadas, así como también, gran poder de antagonismo contra *Escherichia coli*. *P. aeruginosa* mostró mayor capacidad de antagonismo con un halo de 1mm de diámetro. Hemos encontrado que las cepas de *Pseudomona* utilizadas producen *biofilms* eficientemente, el cual reduce las concentraciones de cloro.

Palabras clave *Biofilms*, cloro, desinfección.

Abstract The effectiveness of formation of biofilms or "biofilm" by strains of *Pseudomonas* and their capacity to reduce chlorine and antagonistic to coliform bacteria, allows to a large extent, study the ability of *P. aeruginosa* and *P. fluorescens* to form biofilm. For the experimental design four tanks with drinking water were used, to which sodium thiosulfate was added to eliminate chlorine concentrations. To make the formation of Biofilms, four PVC "T" structures were placed, supported with sweet wire. Three treatments were used, one with *P. aeruginosa*, another with *P. fluorescens* and the mixture (combination of both strains). Counting, characterization and quantification of bacterial colonies were carried out for each treatment. In order to determine the effectiveness of biofilm formation by strains of *P. aeruginosa* and *P. fluorescens*, as well as their capacity to reduce chlorine and antagonistic to coliform bacteria. Our results indicate that *P. aeruginosa* showed a greater capacity to form biofilms, in comparison with the other treatments. The strains showed effectiveness in decreasing the concentrations of chlorine used, as well as, great power of antagonism against *Escherichia coli*. *P. aeruginosa* showed greater antagonism capacity with a 1mm diameter halo. We have found that the strains of *Pseudomonas* used produce biofilms efficiently, which reduces chlorine.

Keywords Biofilm, chlorine, disinfection.

* Corresponding author: alexisdelac@gmail.

Las bacterias existen en la naturaleza bajo dos formas o estados: a) bacterias planctónicas, de libre flotación, y b) bacterias formadoras de *biofilms*, en colonias de microorganismos sésiles [1]. El *biofilm* se define como comunidad de microorganismos que crecen embebidos en una

matriz de exopolisacáridos y adheridos a una superficie inerte o un tejido vivo [2].

Cuando se corta una tubería de agua potable se puede observar la formación de un “limo” de color verde al cual denominamos *biofilm*. Esto nos trae a nuestras mentes muchas

interrogantes: ¿Será esto dañino para nuestra salud? ¿Es normal?

La formación de biopelícula está dada por el ingreso de microorganismos a la red, los cuales se adhieren a las tuberías por medio de las Sustancias Poliméricas Extracelulares (EPS), el cual forma una matriz microbiana que se alimenta de nutrientes del agua y de la tubería, que a su vez absorbe compuestos inorgánicos. Dentro de esta matriz se dan procesos de reproducción y desprendimiento que conllevan a la formación de nuevos agregados en otros puntos de la red. La formación de la biopelícula afecta en gran medida los índices de cloro y el flujo de agua dentro de las redes de distribución [3]. El crecimiento bacteriano en los sistemas de almacenamiento y distribución de agua potable produce un deterioro de la calidad del agua, alterando su sabor y olor, aumentando la turbiedad e incluso puede llegar a afectar su conformidad con las normas microbiológicas de calidad [4].

Un *biofilms* desarrollado es muy resistente, y un problema cuando se precisa un entorno limpio y desinfectado. Los microbios del *biofilms* pueden significar un reservorio de bacterias, involucrarse en contaminaciones cruzadas, obturar las contaminaciones de líquidos, y poner serias dificultades a la higiene [5].

Pseudomonas constituyen un género específico de los bacilos, formado por bacterias oxidasa positivas (es decir, que producen esta enzima) y Gram negativas (ya que no adquieren una tonalidad azulada cuando se les aplica la coloración de Gram) [6].

El objetivo de esta investigación consistió en determinar la efectividad de formación de *biofilms* por cepas de *P. aeruginosa* y *P. fluorescens*, así como también, su capacidad de disminución del cloro y antagónica para bacterias coliformes.

2.

2.1. Construcción y preparación del sistema para el diseño experimental

Se utilizaron cuatro tanques con un volumen de 17,85 l c/u. Se utilizó cloro para limpiar las paredes internas de los tanques. A cada tanque se le adicionaron 14,28 l de agua potable y 1 ml de Tiosulfato de sodio, en cada uno de los tratamientos y el control, se colocaron cuatro estructuras en forma de "T" de PVC (Figura 1).



Figura 1. Estructuras en forma de "T" de PVC (1 Pulg) suspendidas en el tratamiento, se usaron para la formación de la biopelícula bacteriana o *biofilms*.

2.2. Inoculación bacteriana

Se utilizaron cepas de *P. aeruginosa* y *P. fluorescens* aisladas de cultivos puros e inoculadas en caldo Trypticase de soja (120 ml) por un periodo de 24 horas y posteriormente colocadas en los tratamientos (*P. aeruginosa*, *P. fluorescens* y mixtura). Se agregó 10 ml del inoculo con la ayuda de una micropipeta, cada tanque etiquetado con su respectiva identificación y tapados herméticamente para evitar su contaminación.

2.3. Caracterización, formación y cuantificación de las colonias o cepas formadoras de *biofilms*

2.3.1. Caracterización y formación

Para verificar el desarrollo de las cepas formadoras de *biofilms* se realizaron cultivos en *agar Cetrimide* para los tratamientos y el control, cada cuatro días después de haber inoculado las cepas en los tanques en dos ocasiones, se aplicó la técnica de hisopado sobre las "T" de PVC y con la ayuda de un asa bacteriológica se realizó el cultivo. Se anotaron aspectos morfológicos, como: elevación, tamaño, borde, color y consistencia de las colonias bacterianas.

2.3.2. Cuantificación

Para efectuar el conteo de colonias (UFC) en los tratamientos se realizaron diluciones en serie con tubos de ensayo de 10 ml, los cuales contenían 6 ml de solución isotónica al 0,8 %, se realizó el hisopado en las "T" de PVC para el control y cada tratamiento, se utilizaron tres tubos para cada uno, se etiquetó y a partir de esas diluciones se procedió hacer cultivos de los dos primeros tubos en *agar Cetrimide*. Luego de obtener el crecimiento se procedió a realizar el conteo, utilizando el contador de colonias bacterianas.

2.4. Determinación de la capacidad fisiológica del *biofilms*

El *biofilms* formado en la "T" de PVC por *P. aeruginosa*, *P. fluorescens* y en mixtura se enfrentó a diferentes concentraciones de cloro (0.2 ppm, 0.5 ppm y 1.0 ppm) y utilizando un control para cada tratamiento (0.6 ppm), se utilizaron cuatro envases con volumen de 3.78 l para cada concentración, se colocaron 3 l de agua en cada envase con las concentraciones de cloro antes mencionadas, en donde fueron colocadas las "T" de PVC. Se tomó lectura de cloro inicial, a las 12 y 24 horas. Los envases se taparon con papel aluminio para evitar cualquier tipo de contaminación.

2.5. Capacidad antagónica ante cepas de coliformes

Se realizaron dos pruebas por cada tratamiento. Se utilizó agar Bacteriológico y Trypticase de soja en caldo. Se cortaron discos de papel filtro, los cuales fueron introducidos en tubos de ensayo con agua destilada estéril, se les inoculó *P. aeruginosa*, *P. fluorescens* y la mixtura obtenida de los tratamientos iniciales y luego se incubaron para su crecimiento a 37 °C por 24 horas. Esos discos fueron usados para medir la capacidad antagónica de cada una de las cepas contra

crecimiento en placas Petri con *E. coli*, colocando discos impregnados de estas cepas bacterianas.

3. Resultados y discusión

En la caracterización morfológica de las colonias para los tratamientos se pudo determinar que las cepas utilizadas iban en constante desarrollo y ambas presentaban morfologías muy parecidas. Sin embargo, al ser utilizadas en mixtura las características obtenidas concuerdan en su totalidad con las de *P. aeruginosa*, lo cual muestra un dominio de esta bacteria contra *P. fluorescens* (tabla 1).

Tabla 1. Características morfológicas de las colonias cultivadas a los 4 días de haberse inoculado las cepas en los tratamientos

Características	<i>P. aeruginosa</i>	<i>P. fluorescens</i>	Control	Mixtura
	<i>P. aeruginosa</i>	<i>P. fluorescens</i>		
Elevación	Plana	Convexa	-----	Plana
Tamaño	Grandes	Pequeñas	-----	Grandes
Color	Crema	Crema	-----	Crema
Borde	Ondulado	Redondo	-----	Ondulado
Consistencia	Cremosa	Cremosa	-----	Cremosa

De las cepas utilizadas, *P. aeruginosa*, presentó mayor capacidad de formación de *biofilms*, la cuantificación de colonias para este tratamiento fue altamente superior con respecto a los de *P. fluorescens* y mixtura. Sin embargo, al mezclar ambas cepas no presentaron gran cantidad de colonias (figura 2). La referencia [8] muestra que *P. aeruginosa* es el modelo bacteriano en el que se han realizado la mayoría de los estudios de formación de *biofilms* y regulación mediante *quorum sensing* (forma en que se comunican las bacterias). Es importante señalar que este es un estudio experimental, pero es necesario tomar en cuenta la capacidad de los microorganismos para formar biopelícula sobre cualquier material o sitio determinado, en este caso bacterias del género *Pseudomona*, las cuales muchas son patógenas para el ser humano.

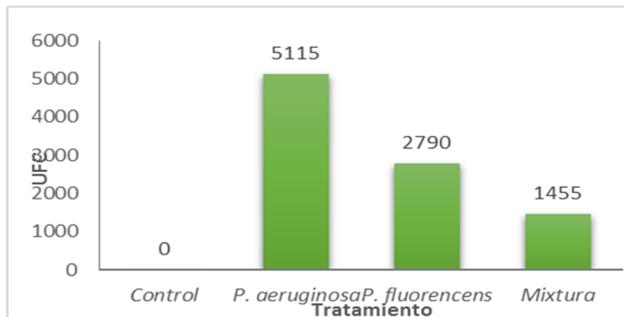


Figura 2. Cuantificación de colonias bacterianas (UFC) formadoras de *biofilms* en las estructuras en forma de "T" de PVC, 20 días después de haberse inoculado las cepas en cada tratamiento.

Para determinar la capacidad fisiológica y estructural del *biofilms* se realizó un ensayo, donde se someten las biopelículas formadas por los tratamientos (*P. aeruginosa*, *P. fluorescens* y mixtura) a diferentes concentraciones de cloro, se realizan lecturas de la concentración de cloro inicial (0 horas); a las 12 horas y 24 horas. También, se utilizó un control, se obtuvo que las concentraciones de cloro disminuyeron totalmente para los tratamientos *P. aeruginosa* (figura 3), *P. fluorescens* (figura 4), y en mixtura (figura 5) y parcialmente para el control. La referencia [9] muestra que la investigación desarrollada en Francia demuestra que los procesos de desinfección química son solo parcialmente exitosos en la remoción del *biofilms*. Los bajos niveles de cloro en la red permiten que exista una alta carga de microorganismos circulando en el agua. Esto no solo se ve reflejado en un potencial problema de salud pública sino también en un problema técnico y económico, ya que existen microorganismos que han generado resistencias a los desinfectantes y que son potencialmente patógenos, lo que encarece el tratamiento e impide garantizar que el agua sea potable en todos los puntos de la red [7].

Hace falta comprobar más a fondo si las bacterias del género *Pseudomona*, y otros microorganismos desarrollan la capacidad de disminuir agentes químicos como el cloro y cuáles mecanismos utilizan. Posiblemente la disminución de cloro obtenida haya sido debido al *biofilms* formado por las cepas de *Pseudomona*, ya que existen otros factores como la volatilización, turbidez, pH y temperatura que pueden tener un efecto en la disminución de este.

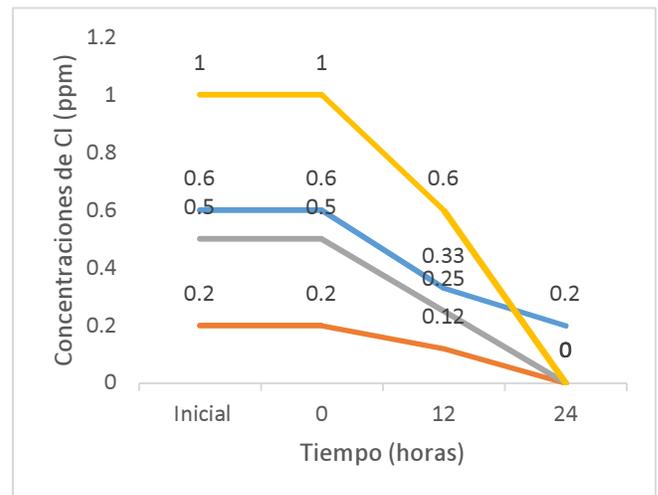


Figura 3. *Biofilms* formado por *P. aeruginosa* enfrentado a diferentes concentraciones de Cl.

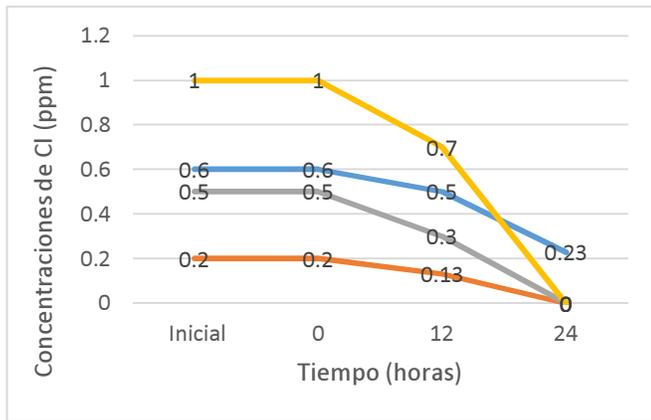


Figura 4. Biofilms formado por *P. fluorescens* enfrentado a diferentes concentraciones de Cl.

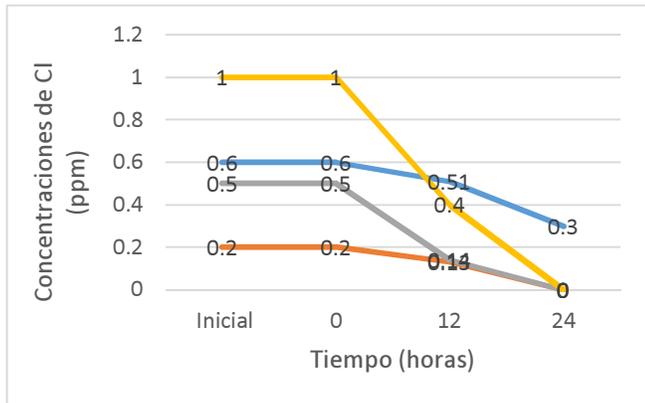


Figura 5. Biofilms formado por la mixtura enfrentado a diferentes concentraciones de Cl.

Las pruebas de antagonismo contra *Escherichia coli* muestran una efectividad en todos los tratamientos utilizados, cuyos espacios de inhibición resultan entre 0,9 a 1 mm de diámetro (tabla 2), lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Ysasis y Flores, en donde comprobó que, *P. aeruginosa* produce antagonismo contra otros microorganismos [10]. Vale la pena diversificar este estudio, para determinar los metabolitos producidos por estas bacterias y la aplicación que puedan tener, por ejemplo, el biocontrol. También, evaluar el antagonismo contra otras especies de bacterias.

Tabla 2. Efectividad de antagonismo por las cepas de *Pseudomona* contra *E. coli*

Tratamientos	Diámetro de halo de antagonismo (mm)
<i>P. aeruginosa</i>	1
<i>P. fluorescens</i>	0.9
Mixtura	1

4. Conclusiones

P. aeruginosa presentó mayor capacidad para formar biofilms en comparación con los demás tratamientos, se obtuvo disminución del cloro. *P. aeruginosa*, *P. fluorescens* y en mixtura desarrollaron poder antagonico contra la bacteria *Escherichia coli*, el cual fue mayor para *P. aeruginosa* y la mixtura.

Se deben realizar estudios más profundos para verificar si esta disminución es debida a los microorganismos o se puede deber a otros factores, como: volatilización, temperatura, turbidez, etc.

Es importante comprobar profundamente si ciertas bacterias tienen la capacidad de reducir el cloro, y de esta manera pueden ser utilizadas para eliminar este elemento en el producto final de las plantas de tratamiento de aguas residuales, y evaluar los índices de cloro adicionados en las plantas de tratamiento de agua potable y al llegar a nuestros hogares, ya que, las biopelículas pueden tener un efecto en la disminución de este.

Las limitaciones de nuestro proyecto recaen en el espacio, tiempo y el requerimiento de mejores equipos de laboratorio y reactivos.

Este estudio abre las puertas a la realización de nuevas investigaciones relacionadas con la formación de biofilms sobre cualquier objeto, tejido o material y las implicaciones que pueda tener en la salud del ser humano, así como también, evaluar las formaciones de biopelículas en las redes de distribución de agua potable y el papel que desempeña en este sitio.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, darle gracias a Dios Todopoderoso por mantenernos con salud, motivación y dedicación para llevar a cabo este proyecto.

Al profesor Alexis De La Cruz por ser nuestro coordinador y brindarnos sus conocimientos en técnicas de microbiología, metodología, redacción, etc.

Al profesor Ítalo Goti por apoyarnos en la redacción del artículo.

Al Ministerio de Salud por permitirnos desarrollar la fase experimental del proyecto en el Laboratorio de Calidad de Agua en la Villa de Los Santos.

A la Secretaria Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Panamá (SENACYT), ya que, el autor (1) del presente escrito es becado de dicha institución.

REFERENCIAS

- [1] J. Nazar C, «Biofilms bacterianos», Revista de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello, vol. 67, n.o 1, pp. 161-172, abr. 2007.
- [2] I. Lasa, J. L. del Pozo, J. R. Penadés, y J. Leiva, «Biofilms bacterianos e infección», Anales del Sistema Sanitario de Navarra, vol. 28, n.o 2, pp. 163-175, ago. 2005.

- [3] «519». [En línea]. Disponible en: <https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=http://ojsrevistaing.uniandes.edu.co/ojs/index.php/revista/article/viewFile/35/519>. [Accedido: 10-ago-2018].
- [4] J. K. Miranda y R. M. Sahuquillo, «Crecimiento bacteriano en las redes de distribución de agua potable: una revisión bibliográfica», *Ingeniería del agua*, vol. 4, n.o 2, jun. 1997.
- [5] G. P. Serra, «Formación y Consecuencias», p. 27.
- [6] «Definición de pseudomonas — Definicion.de», *Definición.de*. [En línea]. Disponible en: <https://definicion.de/pseudomonas/>. [Accedido: 10-ago-2018].
- [7] J. C. R. Ariza, A. J. Martínez, y D. C. Calvo, «Efecto del desprendimiento de las biopelículas formadas en una red de acueducto sobre la calidad del agua», *Revista de Ingeniería*, p. 6, 2013.
- [8] S. Téllez, «Los Biofilms y su repercusión en la Industria Alimentaria», *VISAVET Outreach Journal*, may 2010.
- [9] G. González, M. Isabel, M. García Melián, M. Alonso, y M. de los Ángeles, «Importancia sanitaria de Pseudomonas aeruginosa en agua de hemodiálisis y su desinfección», *Revista Cubana de Salud Pública*, vol. 40, n.o 2, pp. 198-211, jun. 2014.
- [10] L. A. Ysasis y E. Flores, «Actividad antagónica en aislamientos clínicos de Pseudomonas aeruginosa», *UNIVERSIDAD DEL ZULIA*, vol. 14, p. 8, 2014.

Evaluación de filtros de carbón activado basado en cáscaras de frutas (piña, plátano, coco, naranja)

Evaluation of activated carbon filter base on fruit peels (pineapple, banana, coconut, orange)

Fabiola Arrocha¹, Cecilia Guevara¹, Marelissa Gonzalez¹, Fany Rivas¹ & Rodney Delgado^{2*}

¹Licenciatura en Ingeniería Civil – Facultad de Ingeniería Civil – Universidad Tecnológica de Panamá, ²Profesor Facultad de Ingeniería Civil - Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen En este documento se evalúan cuatro filtros de carbón activado hechos a partir de cáscaras de cuatro diferentes tipos de fruta con alto contenido de carbohidratos. Las frutas utilizadas fueron: naranja, piña, coco y plátano. Los filtros fueron evaluados por su capacidad de eliminar compuestos presentes en las aguas de ríos, pozos, lagos, etc. Este trabajo presenta el método utilizado para la producción del carbón activado y el procedimiento en la realización de las pruebas de turbiedad y alcalinidad realizadas. Los resultados obtenidos muestran la disminución de los niveles de alcalinidad y turbiedad en el agua, llegando incluso alcanzar el nivel óptimo para el consumo humano.

Palabras clave Carbón activo, alcalinidad, calidad del agua, microbiológicas, colilert, turbiedad.

Abstract In this document four activated carbon filters made from shells of four different types of fruit with a high carbohydrate content are evaluated. The fruits used were: orange, pineapple, coconut and banana. The filters were evaluated for their ability to eliminate compounds present in the waters of rivers, wells, lakes, etc. This work presents the method used for the production of activated carbon and the procedure in conducting the turbidity and alkalinity tests carried out. The results obtained show the decrease of the levels of alkalinity and turbidity in the water, even reaching the optimum level for human consumption.

Keywords Active carbon, alkalinity, water quality, microbiological, colilert, turbidity.

* Corresponding author: rodney.delgado@utp.ac.pa

1. Introducción

El filtrado mediante carbón es un método de filtración del agua que utiliza carbón activado para eliminar impurezas y contaminantes presentes en el agua. Es un método utilizado desde la antigüedad y en la actualidad está volviendo a ser objeto de atención. Los compuestos orgánicos se derivan del metabolismo de los seres vivos, y su estructura básica consiste en cadenas de átomos de carbono e hidrógeno. Entre ellos se encuentran todos los derivados del mundo vegetal y animal. Los que parten de cáscaras o huesos duros, forman poros pequeños, y se aplican en el tratamiento de gases o en la potabilización de aguas que provienen de pozos [1], [2].

El filtro elaborado con carbón de cáscaras de frutas busca obtener otras opciones para limpiar el agua, que no se puede ingerir a menos que pase por un proceso de limpieza. Este trabajo consiste en la carbonización de la cáscara de cuatro frutas diferentes, reemplazando el carbón utilizado

frecuentemente; y a través de una serie de pruebas, verificar si este método mejora la calidad del agua de tres fuentes diferentes.

2. Materiales y métodos

A continuación, se describen los materiales y métodos utilizados en el desarrollo del presente proyecto.

2.1 Materiales

Para el filtro se utilizó un vaso transparente de 20 oz, en el se introdujeron cinco capas de 3 cm³ compactados con el siguiente orden: gravas, arena, carbón activado de cáscaras de frutas, arcilla y algodón esterilizado.

En la recolección del agua se utilizaron 36 botellas (100 ml de plástico número 5).

En la realización de las pruebas de alcalinidad se utilizó las 36 muestras de 10 ml, ácido sulfúrico y bromocresol como indicador. En las pruebas de turbiedad se utilizó 36 muestra introduciendo 10ml en el turbidímetro de cada muestra.

En la realización de las pruebas de bacteriología (calidad del agua) se utilizó cinco muestras de agua del río Zaratí, las cuales tres eran después de haber pasado por los filtros y una antes (directa del río).



Figura 1. Envases utilizados de: a) 100ml, b) 1 litro.

2.2 Procedimiento

2.1.1 Procedimiento para la extracción del carbón activo

Se seleccionó la materia prima (cáscara de plátano, coco, piña, naranja), se dejó secar por 24 horas a temperatura ambiente y se procedió a carbonizar en una bandeja, hasta obtener carbón mostrado en la figura 1[2].



Figura 1. Muestra obtenida de carbón.

2.1.2 Procedimiento para la elaboración de los filtros

En primera instancia se utilizó tres vasos de 20 onza c/u, luego se procedió a realizar 12 agujeros en la parte inferior de cada vaso con un alambre dulce. En cada uno de los vasos previamente se colocaron los materiales en el siguiente orden y grosor: Grava (3.5 cm), Arena (5cm), Carbón (1.7 cm), arcilla (1 cm) y una capa de algodón (3 cm) como se muestra en la figura 2.

Al tener ya terminado el filtro se procedió a lo que fue la filtración de las muestras teniendo en cuenta de no



Grava
Arena
Carbón activado
Arcilla

Figura. 2 Filtro utilizado.

contaminarlas, de manera que los filtros fueron lavados con agua caliente alrededor de ocho veces en cada filtro antes de utilizar las muestras para recolección de datos.

2.1.3 Procedimiento para la elaboración de las pruebas

Se recolectaron 36 muestras de agua en envases de 100 ml cada una, expuestas en la figura 3. Estas muestras fueron recolectadas de tres áreas, 12 fueron tomadas directamente del Río Zaratí en Penonomé, 12 del pozo subterráneo B-2 de Penonomé, cuya agua se utiliza como segunda alternativa en la agencia del IDAAN de Penonomé y de igual forma se tomaron 12 de el pozo El Caño en Santa Lucía de Natá, el cual se utiliza como acueducto rural. Las primeras doce muestras recolectadas presentan grandes cantidades de bacterias y turbiedad, las de los pozos presentan mayores elevaciones de alcalinidad.



Figura 3. Muestras de aguas.

2.1.4 Pruebas de alcalinidad

Se utilizó las 36 muestras de agua de las tres áreas propuestas las cuales se realizó las pruebas a tres muestras antes de pasar por el filtro y las restantes después de haber sido filtradas. Para la realización de pruebas se utilizó bromocresol como un indicador y se procedió a titular con ácido sulfúrico para encontrar el punto de equivalencia, utilizando una tituladora digital obteniendo así nuestros resultados, evidenciadas en la figura 4.



Figura. 4. Muestras de agua tituladas.

2.1.4.1 Pruebas de turbiedad

Se tomó una muestra de cada área para análisis antes de ser filtrada y las 36 muestras restantes respectivas de cada área

después de haber sido filtradas. A las muestras originales y las filtradas se midieron 10 ml de cada una y se colocó en el turbidímetro mostrado en la figura 5, obteniendo así nuestros resultados.



Figura 5. Turbidímetro utilizado.

2.1.4.2 Pruebas microbiológicas

Se tomaron cinco muestras de agua del río Zaratí, de las cuales se seleccionó una para análisis antes de ser filtrada (muestra original). Las cuatro muestras restantes se filtraron en cada uno de los filtros. A la muestra original y a las muestras filtradas se les realizó las pruebas bacteriológicas en la cual se aplicó la técnica de sustrato diluido (método *quanti tray*) mostradas en la figura 5, utilizando como medio de cultivo el *colilert*. Se esperó durante 24 horas para poder hacer lectura de los resultados.

3. Resultados y discusión

Al filtrar las muestras crudas de Penonomé (Rio Zaratí), el pozo de Penonomé (Penonomé) y el pozo del Caño (Santa Lucía de Natá) a través de los distintos filtros y recolectando tres datos de cada uno para obtener un promedio se obtienen los siguientes resultados. Es importante indicar que estos procedimientos de ensayo están basados en el Reglamento Técnico DGNTI y COPANIT 23.365.99 [3].

3.1 Resultados de las pruebas de alcalinidad

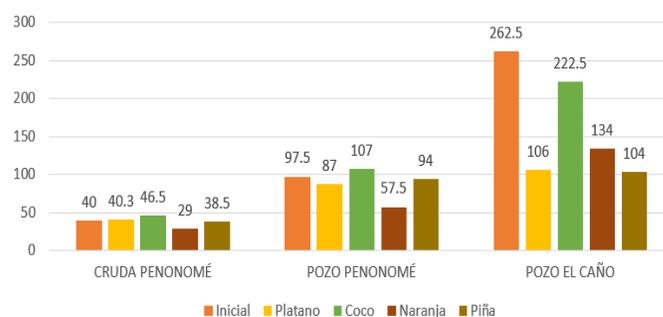
En las muestras de agua mostradas comparadas con el valor inicial se puede describir los siguientes resultados: El agua cruda de Penonomé disminuyó la alcalinidad en casi todas las muestras a excepción de la del filtro de coco. Por otro lado, el pozo de Penonomé presentó un aumento en dos de sus muestras (piña y coco) y las otras las disminuyeron cumpliendo el objetivo. De igual manera, se observa que en las muestras del agua del pozo El Caño disminuyeron en todas e incluso dos de ellas entran en el rango de lo establecido por la DGNTI y COPANIT, el cual es 120 mg/L su valor máximo permisible. Comparando los resultados obtenidos de las diferentes áreas se puede hacer hincapié en que los filtros se pueden utilizar, ya sea, para aumentar o disminuir la alcalinidad de las aguas dependiendo del nivel que estas tengan como se muestra en la

tabla 1. Se observa que el filtro de coco aumentó la alcalinidad de las aguas poco alcalinas. Sin embargo, disminuyó la del pozo del caño que presentó un valor inicial superior a las otras. De igual forma, los otros filtros mostraron una disminución manteniéndose siempre bajo el rango del valor inicial. Estos resultados son mostrados en la en la tabla 1 y gráfica 1.

Tabla 1. Resultados de pruebas de alcalinidad

	CRUDA PENONOMÉ	POZO PENONO MÉ	POZO EL CAÑO
Inicial	41	93.7	259
Piña	38.5	94	104
Plátano	40.3	87	106
Coco	46.5	197.5	222.5
Naranja	29	57.5	134

Pruebas de alcalinidad



Gráfica 1. Resultados de las pruebas de alcalinidad.

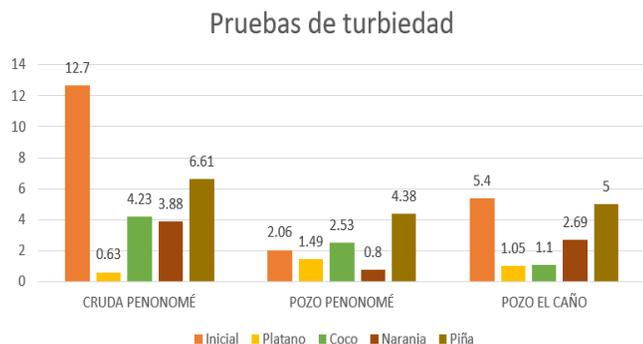
3.2 Resultados de la prueba de turbiedad

Como resultado comparado con el valor inicial se redujo la turbiedad siendo así aptas para el consumo humano (<1.0 ntu) Estos resultados se muestran en tabla 2 y gráfica 2.

Tabla 2. Resultados de pruebas de turbiedad

	CRUDA PENONOMÉ	POZO EL CAÑO	CRUDA PENONOMÉ
Inicial	12.7	5.4	2.06
Piña	6.61	5	4.38
Plátano	0.63	1.05	1.49
Coco	4.23	1.1	2.53
Naranja	3.88	2.69	0.8

Grafica 2. Resultados de pruebas de turbiedad



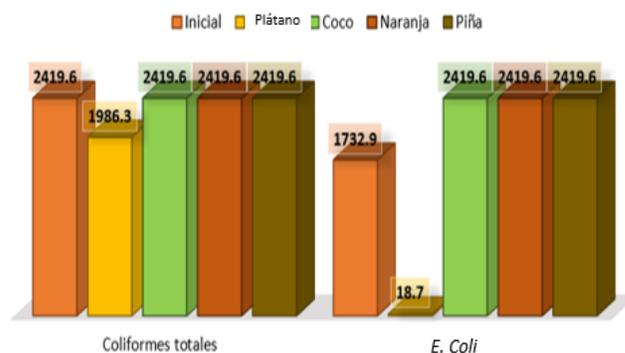
3.3 Resultados de las pruebas bacteriológicas

En cuanto a las pruebas bacteriológicas realizadas solamente a las muestras del agua del Zaratí, debido a que estas fueron las que presentaron mayor cantidad de bacterias (*coliformes* y *E. coli*) antes de ser filtradas se obtuvieron los datos que se muestran en la tabla 3 y gráfica 3, donde se observa que en los coliformes totales no hay disminución significativa, sin embargo en las de *E. coli* la muestra del filtro de carbón de plátano tuvo una disminución considerable a diferencia de las otras tres muestras. En base a estos resultados y las investigaciones realizadas el hecho de que una muestra haya disminuido y las otras no dependen también de las proporciones y el tamaño de los materiales que se incluyeron dentro de los filtros, por lo cual es necesario probar distintas cantidades, tamaños, tipo de material, etc. para poder descartar si disminuye o no las bacterias, ya que se puede resaltar que estos factores ya mencionados influyen también en los resultados.

Tabla 3. Resultados de las pruebas bacteriológicas

CRUDA PENONOMÉ		
	Coliformes totales	<i>E.coli</i>
Inicial	>2419.6	1732.9
Piña	>2419.6	>2419.6
Plátano	1986.3	18.7
Coco	>2419.6	>2419.6
Naranja	>2419.6	>2419.6

PRUEBAS BACTEREOLÓGICAS



Gráfica 3. Resultados de las pruebas bacteriológicas.

4. Conclusiones

En base a los resultados obtenidos hemos llegado a las siguientes conclusiones:

- Con todos los datos obtenidos de las diferentes pruebas realizadas, tenemos que en la alcalinidad y en turbiedad las muestras cumplieron con un buen resultado. Es importante mencionar que la variación de las gráficas de alcalinidad se debió a la cantidad de carbonato de calcio presentes en las piedras sedimentaras utilizadas en el filtro.
- En el área bacteriológica podemos destacar que puede haber una disminución en las bacterias si se encuentran las proporciones y el orden de los materiales con los que está construido, ya que basados en los resultados obtenidos estos influyen en esta parte.
- Al ser un filtro biodegradable, su construcción no tiene altos costos para su elaboración por lo que se puede seguir mejorando este proyecto, el cual se continuará hasta mejorar todos los puntos bajos de nuestra investigación con el fin de cumplir todos los objetivos propuestos.

AGRADECIMIENTO

- Agradecerle al Director Regional del Instituto de Acueductos y Alcantarillados (IDAA) de Coclé y a su vez a la Licenciada. Rosalín Ballesteros funcionaria de la potabilizadora de Penonomé, por su asesoría en realizar las pruebas de laboratorio necesarias y al Prof. Juan Ramos por los conocimientos transmitidos en esta vivencia.

REFERENCIAS

- [1] NIPPONIA, 15 de diciembre de 2001. [En línea] <http://web-japan.org/nipponia/nipponia19/en/topic/index.html>

Arrocha (et al): Evaluación de filtros de carbón activado basado en cáscaras de frutas (piña, plátano, coco, naranja)

[2] Manual del Carbón Activo. [En línea]
www.elaguapotable.com/Manual%20del%20carb%C3%B3n%20activo.pdf

[3] Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 23-395-99 << ASEP>>17 dic. 1999 [En línea]
www.asep.gob.pa/agua/Anexos/395%20Gaceta%20Oficial.pdf

Fallos de memoria y factores de riesgo en adultos de 40 a 75 años

Memory faults and risk factors in adults from 40 to 75 years

Humberto Batista¹, Gianella Botacio¹, Rebeca Murillo¹, Katherine Solano¹, Delia Barrio^{2*}

¹ Licenciatura en Ciencias de Enfermería – Centro Regional Universitario de Azuero – Universidad de Panamá

² Centro Regional de Azuero, Universidad de Panamá

Resumen Los fallos de memoria en la vida cotidiana son un síntoma que preocupa sobre todo a los mayores, pero está obteniendo cada vez más relevancia entre los adultos jóvenes. Son fallos de memoria u olvidos cotidianos: olvidar los nombres, donde se ponen las cosas, olvidar un recado, olvidar caras de las personas, lo que hemos hecho últimamente, lo que hemos leído, no recordar un recorrido, entre otros. Este artículo analiza los fallos de memoria y los factores de riesgo en los adultos de 40 años y más, en la población docente y administrativa del Centro Regional Universitario de Azuero (CRUA). Es un estudio descriptivo, no experimental de tipo transversal, retrospectivo. La muestra fue evaluada a través de la encuesta sobre Cuestionario de Fallos de Memoria de la Vida Cotidiana (MFE) de los autores Montejo, Montenegro, Sueiro-Abad, Huertas (2012), que incluye apartados que valoran los fallos de memoria temprana en tres factores: Recuerdo de actividades, reconocimiento y monitorización de la comunicación y estos dan indicios de algunas fallas. La selección de la muestra se realizó de forma aleatoria simple al azar, con un nivel de confiabilidad de 95% y un margen de error de 0.5%. Los resultados indican que la media de edad agrupada de los encuestados y donde hay más fallos de memoria está entre las edades de 40 a 60 años. Estos fallos de memoria responden al factor 1: recuerdo de las actividades diarias. Al agrupar los factores encontramos datos relevantes que se relacionan con el consumo de alcohol, con el nivel de escolaridad, la menopausia y enfermedades crónicas de la muestra.

Palabras clave Fallos de memoria, factores de riesgos, vida cotidiana, adulto.

Abstract Memory failures in everyday life are a symptom that worries mostly for the elderly, but it is gaining more and more relevance among young adults. They are memory failures or daily forgetfulness: forgetting names, where things are put, forgetting a message, forgetting faces of people, what we have done lately, what we have read, not remembering a route, among others. This article analyzes memory failures and risk factors in adults aged 40 and over in the teaching and administrative population of the Regional University Center of Azuero (CRUA). It is a descriptive, non-experimental, cross-sectional, retrospective study. The sample was evaluated through the survey on the Daily Life Memory Failure Questionnaire (MFE) of the authors Montejo, Montenegro, Sueiro-Abad, Huertas (2012), which includes sections that assess the failures of early memory in three Factors: Memory of activities, recognition and monitoring of the communication and these give indications of some faults. The selection of the sample was carried out randomly with a level of reliability of 95% and a margin of error of 0.5%. The results indicate that the average age of the respondents that exhibited more memory failures is between the ages of 40 to 60 years. These memory failures respond to factor 1: memory of daily activities. When grouping the factors, we find relevant data that are related to alcohol consumption, education level, menopause and chronic diseases of the sample.

Keywords Memory failures, risk factors, daily life, adult.

Corresponding author: delliabdc25@gmail.com

1. Introducción

La memoria es un proceso natural del ser humano, esta nos permite el almacenamiento de la información. Esta puede ser recuperada ya sea voluntaria o involuntariamente. Lo más importante para cualquier persona es mantener su capacidad de captar nueva información para luego usarla a lo largo de su vida.

Del Moral [1] propone que actualmente hay 47 millones de personas con demencia en el mundo, y cada año se registran 9.9 millones de nuevos casos.

Por otro lado, los fallos de memoria pueden considerarse normales hasta cierto punto de manera similar al término de demencia senil que se usa comúnmente, este no se debe utilizar porque asume que la demencia es algo natural en el envejecimiento y no lo es [1].

Los fallos de memoria se definen como un síntoma que preocupa sobre todo a los mayores, pero se están detectando en

los adultos jóvenes actualmente [2]. Esta investigación aporta datos importantes que aspiran a ser tomados en cuenta para la prevención primaria en salud, a través de la clínica universitaria próxima a inaugurarse.

Estadísticamente se han realizado diversas investigaciones sobre los fallos de memoria en mayores de 65 años para detectar los factores que influyen en el deterioro cognitivo. Con la intención de detectar la existencia de trastornos neurocognitivos leves, por los cuales en muchas ocasiones su existencia se ve desapercibida. Siendo así, este proyecto toma en cuenta como muestra a adultos jóvenes de 40 años y más, tanto docentes como administrativos del Centro Regional Universitario de Azuero de la Universidad de Panamá. De la muestra seleccionada, la media de edad se encuentra en intervalo de edades entre los 51 a 53 años.

Se han utilizado diferentes instrumentos que permiten evaluar el fallo de memoria en la población a nivel mundial. En el caso de esta investigación se utilizó el cuestionario de los fallos de memoria de la vida cotidiana de Montejo, Montenegro, Sueiro-Abad, Huertas (2012). Este instrumento permite clasificar este proyecto en tres factores que son: factor 1: recuerdo de actividades, factor 2: reconocimiento de actividades y factor 3: monitorización en la comunicación [2].

2. Antecedentes

En esta investigación utilizamos los aportes de estudios realizados sobre los fallos de memoria, los cuales nos ayudaron a despertar el interés por este tema investigativo.

Utilizamos el estudio que trata acerca de Cuestionario de Fallos de Memoria de la Vida Cotidiana (MFE). Análisis de factores con población española de los autores: Pedro Montejo, Mercedes Montenegro, Manuel J. Sueiro-Abad y Evelio Huertas. Este estudio utilizó una muestra de 647 adultos jóvenes (19-64 años), indicó la existencia de una estructura de tres factores, que explicaban el 29.3 % de la varianza: Recuerdo de actividades, monitorización de la comunicación y reconocimiento. Los dos primeros factores mostraron una correlación positiva más alta entre ellos y una asociación mayor con el estado de ánimo y las quejas generales de memoria. Por el contrario, el factor reconocimiento presentó una correlación positiva más alta con la edad y negativa con el rendimiento objetivo de memoria [2].

Otro estudio sobre memoria cotidiana: Dimensiones y pautas de declive en adultos sanos por Dra. Inés Casado Verdejo y Dra. Carmen Bárcena Calvo. En este estudio en un primer momento participaron 129 adultos sin patología cognitiva, de edades comprendidas entre los 48 y los 91 años. En un segundo momento, con una muestra de 510 adultos sanos de edades comprendidas entre los 48 y los 90 años, se quiso saber si existe afectación diferenciada de las distintas dimensiones de memoria cotidiana establecidas. Los resultados

permiten concluir que dicha medida pluridimensional posee propiedades psicométricas adecuadas, alfa de Cronbach de .91, y se evidencia que existen sistemas o áreas componentes de la memoria cotidiana diferencialmente resistentes al deterioro. Los fallos cognitivos auto informados indican que las áreas que más deterioro sufren con el paso de los años son el recuerdo del sitio de las cosas y la memoria de fuente, siendo la más resistente la memoria autobiográfica en ambos sexos [3].

Además, el estudio realizado por Mercedes Montenegro Peña trata de las quejas subjetivas de memoria en el envejecimiento y en adultos jóvenes: variables implicadas. Esta investigación posee diversos tipos de muestra: muestra poblacional, muestra preventiva y muestra de adultos jóvenes; la muestra poblacional es de 1637. Se observa una tendencia constante al aumento de las quejas, según avanza la edad, en la muestra poblacional de mayores (de 24,2% en 65-69 años a 57,1% en mayores de 90 años) y en adultos jóvenes. En la muestra poblacional, a medida que hay más nivel de estudios, disminuye la prevalencia de quejas de memoria, respecto al género, las mujeres manifiestan más quejas de memoria en distintas edades, pero el tamaño del efecto es muy pequeño. En este estudio la muestra poblacional, se encuentra asociación de las variables subjetivas (calidad de vida, percepción de salud y depresión o ansiedad) con las quejas. En la muestra preventiva, el Cuestionario MFE muestra correlaciones positivas con la calidad de vida y con el estado de ánimo. Se ha hallado una asociación entre las quejas y el nivel de actividad funcional: las personas totalmente dependientes tienen más del doble de porcentaje de quejas [4].

Con respecto a los resultados de las investigaciones anteriores nos parecen interesantes cada una de ellas para tomarlas en cuenta en nuestra investigación, debido a que en ella se analiza el impacto de los diferentes factores sociodemográficos en los fallos de memoria, mismos factores que nosotros analizaremos en la investigación. Los factores sociodemográficos que analizaremos con respecto a los fallos de memoria son: influencia de la edad, el sexo, grado de escolaridad, consumo de alcohol, menstruación y menopausia y enfermedades crónicas.

3. Metodología

La metodología utilizada se da mediante un estudio descriptivo, no experimental de tipo transversal, retrospectivo. Se realizó a través de encuestas a los docentes y administrativos del (CRUA) ubicado en el corregimiento de Chitré, Provincia de Herrera. La selección de la muestra se tomó de forma aleatoria simple al azar, con un nivel de confiabilidad de 95% y un margen de error de 0.5%.

Se utilizó una encuesta que contiene un total de 37 preguntas, de las cuales la primeras nueve miden datos sociodemográficos como la edad, el sexo, grado de

escolaridad, edad de la menarquia, antecedentes familiares de fallos memoria y otras enfermedades crónicas, consumo de alcohol (dos preguntas tomadas del test de Audit) y las siguientes 28 preguntas, corresponden a preguntas cerradas, las cuales a su vez están subdivididas en los tres factores ya descritos, todas evidenciado a través de las experiencias de memoria de la vida diaria; formando parte del Cuestionario de Fallos de Memoria de la Vida Cotidiana (MFE) autores Montejo, Montenegro, Sueiro-Abad, Huertas (2012).

Para efectos de esta investigación dicho instrumento fue objeto de validación de contenido por expertos y validez de constructo a través de la prueba piloto que se realizó con personas en iguales condiciones de la tomada en el estudio.

Los ítems de cada factor fueron agrupados, creando entonces las opciones de favorable (aquellos que puntuaron nunca o rara vez) y desfavorables (los que puntuaron algunas y muchas veces). Para la tabulación de los datos se utilizó el programa estadístico SPSS Statistics 24 y Excel, en el cual se elaboraron cuadros y figuras para representar en porcentajes y números los resultados obtenidos.

4. Resultados

La muestra seleccionada se categorizó por grupos de edades por sexo como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Grupo etéreo por sexo

Grupo etéreo	Total		Sexo			
	N	%	Masculino		Femenino	
Total ...	168	100	76	45	92	55
40 a 45	44	26	22	13	22	13
46 a 50	36	21	13	8	23	14
51 a 55	28	17	9	5	19	11
56 a 60	28	17	15	9	13	8
61 a 65	21	13	12	7	9	5
66 a 70	9	5	3	2	6	4
71 a 75	2	1	2	1	0	0

Como se puede ver en la tabla 1, la muestra señala que el 81% de las personas se encuentran entre las edades de 40 a 60 años siendo la mayor cantidad de personas de la muestra seleccionada. En relación con el sexo el 55% de las personas representan el sexo femenino y 45% al sexo masculino entre la población docente y administrativa.

El factor 1: Recuerdo de actividades, está compuesto de 10 preguntas, las cuales se agruparon teniendo como resultado que el 49.5% es favorable, por lo tanto no presentan olvido en las actividades que están acostumbrados a realizar, mientras que el 50.5% está teniendo dificultades en el recuerdo de actividades como: olvida donde ha puesto alguna cosas, ha

tenido que comprobar actividades como si apaga la luz, se le ha olvidado llevar con usted objetos que necesita, ha olvidado actividades que tenía planeado hacer anteriormente, ha querido decir algo que tiene en mente pero no logra decirlo.

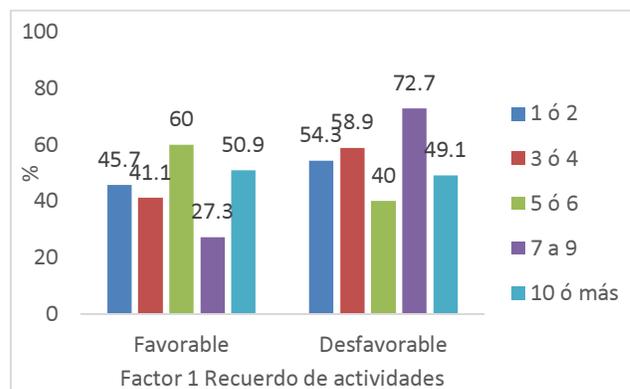


Figura 1. Factores agrupados por resultado favorables y desfavorables.

El factor 2: Reconocimiento, consta de 6 preguntas, las cuales se agruparon dando como resultado un 67.9% favorable, mientras que el 32.1% está teniendo dificultades en reconocer los lugares que han visitado, han olvidado datos personales importantes, entre otras cosas.

El factor 3: Monitorización de la comunicación, está compuesto por 12 preguntas, las cuales se agruparon, teniendo como resultado que el 60.6% es favorable, que no están presentando algún problema en los fallos de memoria; mientras que el 39.4% es desfavorable, lo que nos dice que las personas encuestadas están teniendo fallos de memoria tales como: quiere decir algo y no lo logra decir, repite la misma anécdota a la misma persona, olvida algo que ya le han leído y tiene dificultad para aprender nuevas cosas.

En el estudio titulado "Quejas subjetivas de memoria en el envejecimiento y en adultos jóvenes: variables implicadas" realizado por Montenegro (2015) [4] afirma que puede establecerse entre los factores un orden de gravedad ($F2 > F3 > F1$). Esta afirmación nos parece muy relevante debido a que obtuvimos resultados muy significativos en estos factores. Estos resultados reflejan que las personas ya están teniendo problemas en el dominio de aprendizaje y memoria, que según el DSM V (2014) [5] puede indicar la aparición de un trastorno neuro cognitivo leve.

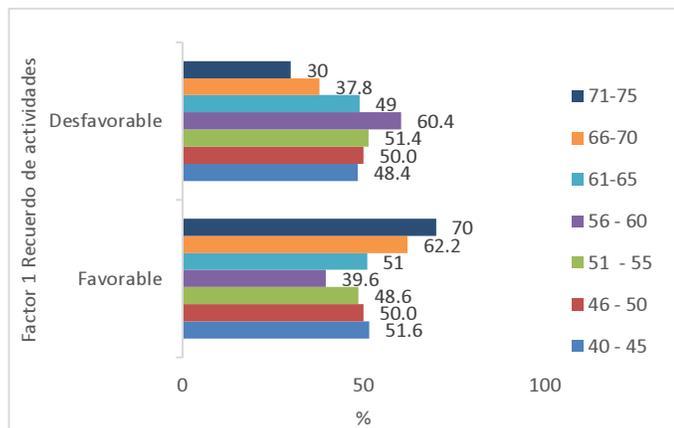


Figura 2. Factor 1, recuerdo de actividades (agrupada) por grupo etáreo.

En la figura 2 muestra el factor 1, el cual refleja el recuerdo de las actividades diarias, donde se puede observar que a medida que avanza la edad aumentan progresivamente los resultados desfavorables, en cuanto a fallos de memoria; pero en los últimos tres grupos etáreos no se ve tan reflejado debido a una minoría en la muestra.

Los resultados concuerdan con la investigación de Guerra et al. (2015) [6], ya que concluyen que a medida que aumenta la edad, la capacidad de la memoria para adquirir y retener nuevas informaciones disminuye, a pesar de conservarse otras capacidades intelectuales. Es importante destacar, que, a pesar de que en las edades de 40-45 años no deberían mostrar resultados desfavorables, se obtuvo un 48.4% en este rango, lo cual es de gran relevancia debido a que son adultos jóvenes que están presentando fallos de memoria.

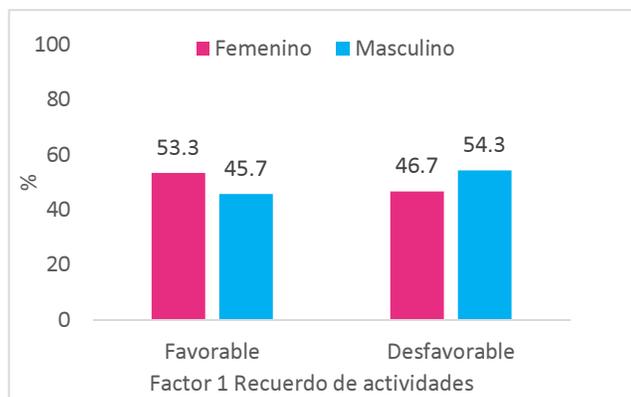


Figura 3. Factor 1, recuerdo de actividades (agrupada) por sexo.

En la figura 3, se muestra la agrupación del factor 1, recuerdo de actividades según el sexo. Como podemos ver, en cuanto a resultados favorables, el sexo femenino cuenta con 53.3 % y 45.7%, el sexo masculino. Con respecto a resultados desfavorables, vemos que el sexo femenino cuenta con 46.7% y el sexo masculino cuenta con 54.3%, es decir el sexo

masculino es el que presentó más fallos de memoria en la investigación.

Cristóvão-Calado, Broche-Pérez, & Rodríguez-Méndez, 2015) [7] en el estudio “Efectos nocivos del consumo prolongado de alcohol sobre el sistema nervioso central” concluyó que, el consumo moderado puede ser más perjudicial para los hombres que para las mujeres, siendo más grave para las féminas el consumo esporádico y crónico.

Este estudio guarda relación con lo anteriormente expuesto, debido a que el sexo masculino de acuerdo con resultados en esta investigación consume más alcohol (61.1% masculino, 38.9% femenino) y a la vez presentan más fallos de memoria que el sexo femenino.

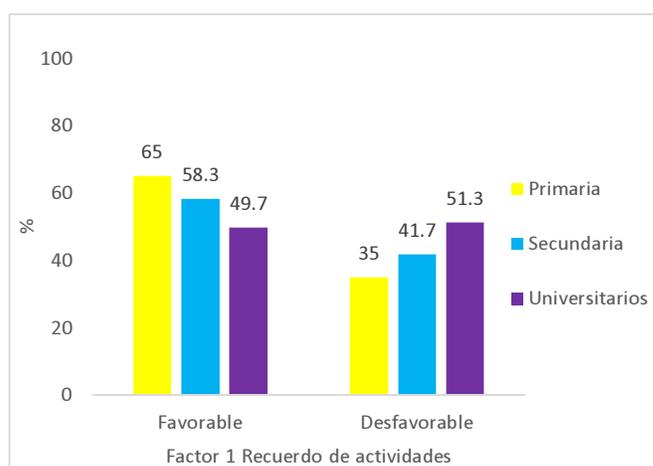


Figura 4. Factor 1, recuerdo de actividades (agrupada) por grado de escolaridad.

El factor 1 agrupado versus la escolaridad presenta un porcentaje de 51.3 desfavorable, en una muestra con un nivel máximo de escolaridad; universitario; mientras que tan solo el 35 % de la población con estudios primarios y el 41.7% con un nivel secundario de escolaridad, el factor 1 quien nos valora el recuerdo de actividades, dentro de estas primordialmente acciones cotidianas que realiza nuestra muestra.

En la investigación titulada “Predictors of dementia, the construcción of classification” realizada por Comijs (2006) como se cita en Montenegro [4], se obtienen un mayor número de quejas de memoria en las personas con nivel de escolaridad alto; esto probablemente relacionadas con una autovaloración exigente y disminución de la percepción de bienestar, lo que conllevaría a mayores quejas de memoria. Estas afirmaciones coinciden con los resultados de la figura 4.

El factor 3 donde se mide monitorización de la comunicación, dentro de la figura 4 observamos un 54.2 % desfavorable en un nivel educativo secundario presentando fallos de memoria marcados en nuestra muestra, seguido de un

41.7 % por parte de los que se encuentran en un nivel de primaria y tan solo un 38.8 % desfavorable en personas con nivel universitario este factor valora aspectos de memoria y lenguaje.

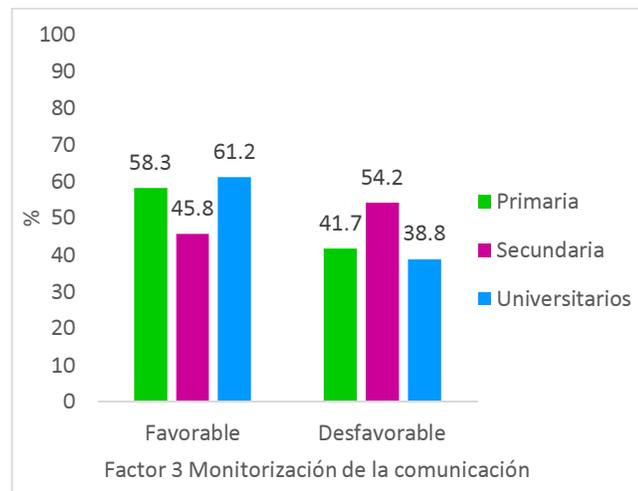


Figura 5. Factor 3, monitorización de la comunicación (agrupada), por grado de escolaridad.

En la investigación “Edad y escolaridad en sujetos con deterioro cognitivo leve” presentada por Samper, et al. (2011) [8] se encontró que las personas con escolaridad baja evidenciaron un mayor riesgo a desarrollar Deterioro Cognitivo Leve (DCL) que, en las personas con escolaridad alta, por consiguiente, se halla fuertemente relacionada la edad, la escolaridad para la incidencia del (DCL). Por otro lado, Sánchez, Moreno y García (2010) en su investigación “Deterioro cognitivo, nivel educativo y ocupación en una población de una clínica de memoria” concluyen que los hallazgos epidemiológicos indican que factores como la educación, la ocupación laboral y la ocupación del tiempo libre están relacionados con el inicio y la tasa de progresión de los déficits cognitivos en la vejez.

Los resultados de la figura 5 coinciden con las afirmaciones propuestas por Samper, et al. (2011) y Sánchez, Moreno y García (2010) [9].

Tal como se puede ver en las figuras 4 y 5, ambas están relacionadas con escolaridad, sin embargo, arrojan resultados opuestos. El impacto del nivel de escolaridad en la memoria varía según el factor en el que se enfoque.

En la figura 6 se observa una tendencia lineal creciente entre los individuos que consumen 1 ó 2; 3 ó 4; y 7 a 9 bebidas alcohólicas en la sección desfavorable con 54.3%; 58.9%; y 72.7% respectivamente.

En el estudio “Alcohol consumption and cognitive decline in early old age” realizado por Sabia, et al. (2014) [10] se concluye que el consumo excesivo de alcohol en los hombres

(≥ 36 g/dl) y en mujeres (≥ 19 g/dl) se asoció con un deterioro cognitivo mayor en comparación con el consumo de alcohol ligero a moderado.

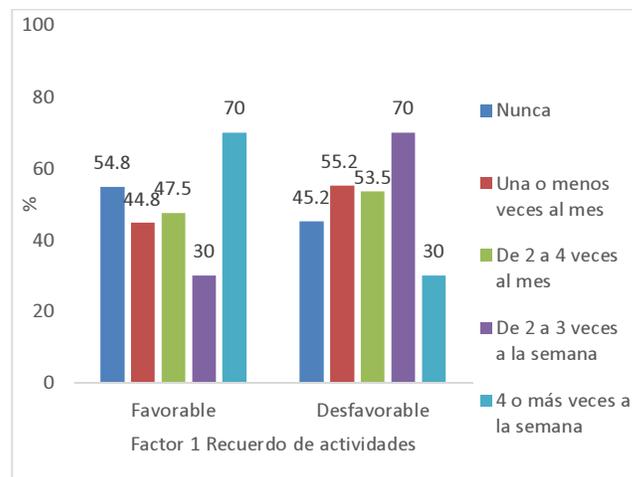


Figura 6. Factor 1, recuerdo de actividades (agrupada) por la cantidad de consumo de alcohol.

Los resultados se adecúan a lo propuesto por Sabía, et al. (2014), teniendo que a mayor cantidad de consumo de bebidas alcohólicas mayores fallos de memoria detectamos.

En la figura 6 se observa una tendencia lineal creciente entre los individuos que nunca; una o menos veces al mes; de 2 a 3 veces a la semana consumen bebidas alcohólicas en la sección desfavorable con 45%; 55.2%; y 70% respectivamente.

El estudio realizado por Piumatti, Moore, Berridge, Sarkar y Gallacher, (2018) [11] sobre “The relationship between alcohol use and long-term cognitive decline in middle and late life: a longitudinal analysis using UK Biobank” concluyen que: consumir más de una unidad estándar de alcohol en el Reino Unido por día es perjudicial para el rendimiento cognitivo y es más pronunciada en las poblaciones de mayor edad. De manera que la frecuencia y no solo la cantidad de alcohol se presenta desfavorable, así como sugiere el estudio.

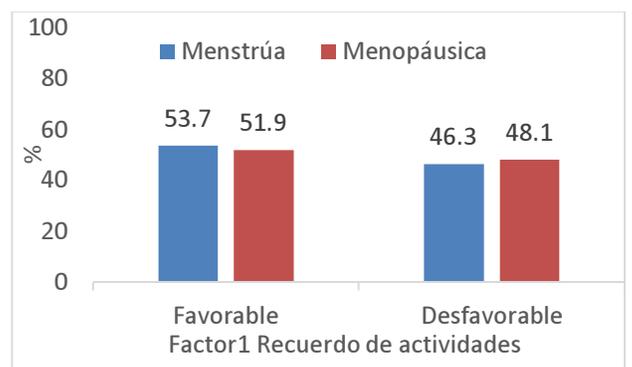


Figura 7. Factor 1, recuerdo de actividades (agrupada) por menstruación y menopausia.

Las mujeres menopáusicas tuvieron 51.9% de respuestas favorables y 48.1% de respuestas desfavorables; mientras que las mujeres que aún menstrúan obtuvieron 53.7% respuestas favorables y 46.3% de respuestas desfavorables.

Relacionado con la investigación se puede determinar que las mujeres menopáusicas presentan más fallos en la memoria que las mujeres que aún menstrúan.

Este resultado concuerda con el estudio “Tiempo transcurrido a partir de la menopausia y su repercusión en el deterioro cognitivo” realizado por Carranza-Lira y Carpio-Bárceñas (2018) [12] en el que se observó que a mayores edad y tiempo transcurrido desde el inicio de la menopausia hubo mayor afectación de la función cognitiva.

Corroboramos así el impacto de la duración de la menstruación en la vida de la mujer. Esto plantearía otra pregunta ¿riesgo beneficio de la terapia hormonal post menopausia?

Respondiendo a esta interrogante Vargas-Hernández, et al. (2013) [13] plantean que:

La terapia con estrógenos (de ahora en adelante TE) o terapia con estrógenos y progestágenos (de ahora en adelante TEP) reducen el riesgo de fracturas osteoporóticas durante la menopausia, pero incrementan el riesgo de tromboembolia, enfermedades cerebro vasculares, colecistopatías e incontinencia urinaria. La TE disminuye el riesgo de cáncer de mama (de ahora en adelante CM), y la TEP incrementa el riesgo de demencia y CM; no se recomienda terapia hormonal durante la menopausia para prevenir enfermedades crónicas.

Hechas las consideraciones anteriores, como manera de prevención de los fallos de memoria no sería recomendable la terapia hormonal postmenopáusica.

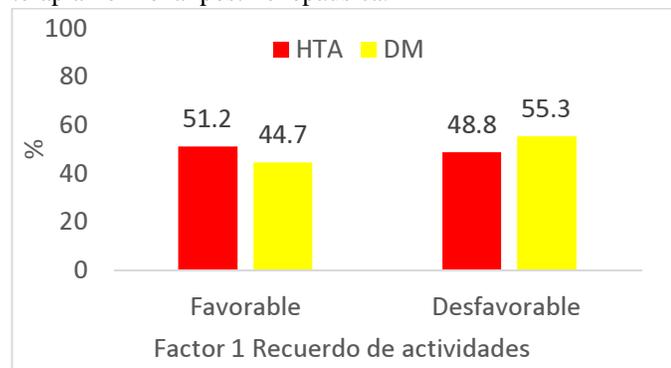


Figura 8. Factor 1, recuerdo de actividades (agrupada) por enfermedades crónicas.

Se observa que en la figura 8 las personas que padecen de hipertensión arterial, con relación al factor 1 tienen un porcentaje de 48.8 desfavorables; lo que nos indica que pueden desarrollar problemas de fallo de memoria. Todo esto coincide con Camargo-Hernández y Laguado-Jaimes (2017) [14] en su investigación sobre “El Grado de deterioro cognitivo de los

adultos mayores institucionalizados” donde afirma, que la patología que se presentó con mayor frecuencia en la población objeto fueron las cardiovasculares con un 57%, en el adulto mayor, esto quiere decir que existe fallo de memoria en la muestra en relación con el factor 1.

Además, en la figura 8 se puede observar que el 55.3% se encuentra en una situación desfavorable en cuanto a sufrir de diabetes *mellitus* relacionando con el factor 1 de recuerdo de actividad, lo que coincide con el estudio de Arjona-Villicaña, Esperón-Hernández, Herrera-Correa, & Albertos-Alpuche (2014) [15] sobre “Asociación de diabetes *mellitus* con deterioro cognitivo en adultos mayores” la población mostró deterioro cognitivo en relación a la diabetes *mellitus*, a aquellos que se les había diagnosticado diabetes, se identificó un 27,38%; esto quiere decir que aquellos que sufren de diabetes *mellitus* se les observa desde ahora fallos de memoria.

5. Conclusiones

Se ha demostrado que los fallos de memoria son un problema que ha ido en aumento y afecta a la población a nivel mundial. Según la sociedad el proceso normal del envejecimiento incluye olvidar o tardarse en recordar ciertas cosas. Sin embargo, en esta investigación se evidencia que desde las edades de 40 años ya se presenta fallos de memorias que podrían significar los indicios de un deterioro cognitivo leve.

Para muchos de los encuestados los “olvidos” son considerados como parte normal de su vida, asociándolo a acumulación de estrés, numerosos compromisos; sin embargo, es una forma leve en que se presenta el deterioro cognitivo.

Los fallos de memoria se reflejaron mayormente en el factor 1 recuerdo de las actividades diarias con un 50.5%. Sin embargo, nos resulta preocupante que se hayan obtenido resultados desfavorables elevados en los factores 2 (reconocimiento) y factor 3 (monitorización de la comunicación) con 32.1y 39.4%, respectivamente. Puesto que Montenegro (2015) afirma que puede establecerse entre los factores un orden de gravedad (F2 > F3 > F1).

Por otro lado, los resultados muestran que el consumo de alcohol influye en el déficit cognitivo que lleva a los fallos de memoria, indicando como aspectos a considerar tanto la cantidad como la frecuencia del consumo de alcohol.

El impacto del nivel de escolaridad en la memoria varía según el factor en el que se enfoque. En el factor 1, recuerdo de actividades (agrupada) a mayor nivel de escolaridad mayores fallos de memoria se obtuvo, mientras que el factor 3, monitorización de la comunicación (agrupada) a mayor nivel de escolaridad menos fallos de memoria se obtuvieron.

La menopausia es un factor de riesgo no modificable en la vida de la mujer, y los resultados dictan que este es un factor que influye negativamente en la memoria. Esto sumado a que

la prevención de este problema, la terapia hormonal postmenopáusica, conlleva más riesgo que beneficios ponen manifiesto la magnitud de este factor de riesgo.

Las enfermedades crónicas como la hipertensión arterial y diabetes *mellitus* representan un factor de riesgo para los fallos de memoria. Siendo la diabetes *mellitus* la que mostró mayores resultados desfavorables en relación con la hipertensión arterial en el factor I recuerdo de actividades (agrupada).

Son de gran relevancia estos resultados, ya que, como estudiantes de Licenciatura en Ciencias de la Enfermería, se nos ha hecho muy interesante la experiencia y sabemos que estos resultados pueden ser un semillero útil para futuras investigaciones.

Finalmente recomendamos a la clínica universitaria incorporen el APPS Entrenador de cerebro, ya que permite ejercitar rápidamente al cerebro en áreas como memoria a corto plazo, concentración, enfoque, velocidad y precisión.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, darle gracias a Dios por permitirnos completar este proyecto investigativo, siendo nuestra primera experiencia en este ámbito. Agradecemos a nuestra asesora, la profesora Delia Barrios que estuvo incondicionalmente apoyándonos y orientándonos desde el día uno hasta su culminación y presentación. Agradecemos a nuestro grupo II de Enfermería de IV año generación 2015 – 2019, del CRUA que nos apoyó durante todas las etapas de este proyecto. Seguidamente a nuestras familias por la comprensión del tiempo invertido en la investigación, al CRUA por facilitar la estructura y el acceso a la jornada de iniciación científica y al SENACYT que promueve este tipo de eventos que fortalecen el espíritu investigativo en jóvenes de la nación.

REFERENCIAS

- [1] D. Moral, «Memorias que se desvanecen,» 26 Agosto 2017. [En línea]. Available: https://impresa.prensa.com/vivir/Memorias-desvanecen_0_4834016605.html. [Último acceso: 10 Agosto 2018].
- [2] P. Montejo, M. Montenegro, M. J. Suero-Abad y E. Huertas, «Cuestionario de Fallos de Memoria de la Vida Cotidiana (MFE). Análisis de factores con población española,» Enero 2014. [En línea]. Available: <http://www.redalyc.org/pdf/167/16729452034.pdf>. [Último acceso: 9 Julio 2018].
- [3] V. I. Casado y C. C. Bárcenas, «Memoria cotidiana: Dimensiones y pautas de declive en adultos sanos,» 15 Enero 2017. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6360150.pdf>. [Último acceso: 10 Agosto 2010].
- [4] P. M. Montenegro, «Esprints,» 2015. [En línea]. Available: <https://eprints.ucm.es/38872/1/T37666.pdf>. [Último acceso: 10 Octubre 2018].
- [5] American Psychiatric Association, Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales, España: Editorial médica Panamericana, 2014.
- [6] L. A. Guerra, Z. A. Ramírez, L. A. Alvarez, B. M. Morales, G. G. Rodríguez y H. M. L. Frías, «Caracterización de la memoria en el envejecimiento: una mirada desde la neuropsicología,» 2015. [En línea]. Available: <https://biblat.unam.mx/es/revista/revista-cubana-de-neurologia-y-neurocirugia/articulo/caracterizacion-de-la-memoria-en-el-envejecimiento-una-mirada-desde-la-neuropsicologia>. [Último acceso: 10 Agosto 2018].
- [7] M. J. Cristóvão-Calado, Y. Broche-Pérez y L. Rodríguez-Méndez, «Efectos nocivos del consumo prologando de alcohol sobre el sistema nervioso central,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.medigraphic.com/pdfs/arcneu/ane-2015/ane151i.pdf>. [Último acceso: 9 Junio 2010].
- [8] N. J. A. Samper, R. J. J. Llibre, C. C. Sánchez, R. C. Pérez, J. E. Morales, P. S. Sosa y R. J. Solórzano, «Edad y escolaridad en sujetos con deterioro cognitivo leve,» Diciembre 2011. [En línea]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572011000300001. [Último acceso: 9 Julio 2018].
- [9] C. M. Sánchez, G. A. G. Moreno y O. H. L. García, «Deterioro cognitivo, nivel educativo y ocupación en una población de una clínica de memoria,» 2010. [En línea]. Available: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcp/v39n2/v39n2a09.pdf>.
- [10] S. Sabia, A. Elbaz, A. Britton, S. Bell, A. Dugravot, M. Shipley, M. Kivimaki y A. Singh-Manoux, «Alcohol consumption and cognitive decline in early old age,» 28 January 2014. [En línea]. Available: <http://n.neurology.org/content/neurology/82/4/332.full.pdf>. [Último acceso: 10 Octubre 2018].
- [11] G. Piumatti, S. Moore, D. Berridge, C. Sarkar y J. Gallacher, «Journal of Public Health,» 9 January 2018. [En línea]. Available: https://watermark.silverchair.com/fdx186.pdf?token=AQECAHi208BE49Ooan9kKhW_Ercy7Dm3ZL_9Cf3qfKAc485ysgAAAbAwggGsBgkqhkiG9w0BBwagggGdMIIBmQIBADCCAZIGCSqGSIB3DQEHATAeBgIghkGZQMEAS4wEQQMOUTeqS5KF4i8sFLHAgEQgIIBYwFI944KuUaU4ZTphWGJNuWNHVYneTxQPaNik0ke3JnFhDXy. [Último acceso: 10 Octubre 2018].
- [12] S. Carranza-Lira y P. Carpio-Bárcenas, «Tiempo transcurrido a partir de la menopausia y su repercusión en el deterioro cognitivo,» mayo 2018. [En línea]. Available: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=c806c3f6-396a-480b-830a-c47d6d0f3a09%40sessionmgr4008>. [Último acceso: 10 Octubre 2018].
- [13] V. M. Vargas-Hernández, G. Acosta-Altamirano, M. A. Moreno-Eutimio, Vargas-Aguilar, M. Victor, K. Flores-Ramos y J. M.

- Tovar-Rodríguez, «Terapia hormonal de reemplazo durante,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.medigraphic.com/pdfs/juarez/ju-2013/ju134h.pdf>. [Último acceso: 10 Agosto 2018].
- [14] K. d. C. Camargo-Hernández y E. Laguado-Jaimes, «[163] Grado de deterioro cognitivo de los adultos mayores institucionalizados en dos hogares para ancianos del área metropolitana de Bucaramanga - Santander, Colombia,» 11 Agosto 2017. [En línea]. Available: <http://revistas.udenar.edu.co/index.php/usalud/article/view/2974/pdf>. [Último acceso: 10 Agosto 2018].
- [15] R. D. Arjona-Villicaña, R. I. Esperón-Hernández, G. M. Herrera-Correa y N. E. Albertos-Alpuche, «Asociación de diabetes mellitus con deterioro cognitivo en adultos mayores. Estudio basado en población,» 3 Enero 2014. [En línea]. Available: <http://www.medigraphic.com/pdfs/imss/im-2014/im144n.pdf>. [Último acceso: 10 Agosto 2018].

Calibración de sensor de humedad aplicado a sustrato de fibra de coco comercial comandado por programación en *ARDUINO*

Calibration of humidity sensor applied to substrate of coir trade led by *ARDUINO* programming

Eval Sanchez^{1}, Paola Ruiloba¹, Luis Morales¹, Erick Sanchez¹*

¹Licenciatura en Informática – Facultad de Informática - Universidad Tecnológica Oteima (sede Chiriquí)

Resumen Se desarrolló un experimento para calibrar un sensor de humedad, gestionado por código fuente en ARDUINO, con el propósito de identificar condiciones mínimas y máximas de humedad en el sustrato de coco comercial, procesar la información y mediante lógica abrir o cerrar una válvula solenoide que controla el paso del agua en un sistema de irrigación. Los procesamientos de los valores obtenidos con el sensor se relacionaron con el estado de humedad del sustrato, desde saturación hasta condición en seco, siendo estos valores porcentuales indicativos del nivel de humedad de la muestra. Se establecieron 10 niveles de humedad conocida y dos tratamientos: sin homogeneizar(T1) y homogeneizando del sustrato(T2). Mediante estadística básica se observa que hay menor dispersión de los datos si el sustrato está homogeneizado, lo cual es indicativo de la importancia de la ubicación del sensor en el sustrato en condiciones de campo.

Palabras Clave Sustrato de coco, humedad, arduino, riego.

Abstract An experiment was developed to calibrate a humidity sensor, managed by source in ARDUINO, in order to identify conditions minimum and maximum humidity in the substrate of commercial coconut, to process the information and by logic open or close a solenoid valve that controls the flow of water in an irrigation system. The values obtained with sensor processing related to a State of humidity of the substrate, from saturation to condition dry, being these percentage values indicative of the moisture level of the sample. 10 levels of known humidity and two treatments were established: without homogenizing of the substrate (T2) and homogenize (T1). Using basic statistics is observed that there is less dispersion of the data if the substrate is homogenized, which is indicative of the importance of the location of the sensor in the substrate under field conditions.

Key words Substrate of coconut, humidity, arduino, irrigation.

* Corresponding author: eval.sanches@gmail.com

1. Introducción

1.1 Alimentos sanos y las huertas de traspatio

Los huertos y granjas familiares son sistemas de producción de alimentos para el autoconsumo que contribuyen a mejorar la seguridad alimentaria y la economía de los pequeños agricultores y poblaciones en situación de riesgo, siendo su implementación muy válida para mejorar la dieta familiar. Según su dimensión y nivel de productividad pueden llegar a proporcionar una variedad de alimentos de origen vegetal y animal durante el año. Los productos del huerto y la granja permiten a la familia consumir su propia producción, lo cual significa un ahorro con relación a su adquisición en el mercado [1].

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS):

- La ingesta insuficiente de frutas y verduras es uno de los 10 factores principales de riesgo de mortalidad a escala mundial.
- Se calcula que la ingesta insuficiente de frutas y verduras causa en todo el mundo aproximadamente un 19% de los cánceres gastrointestinales, un 31% de las cardiopatías isquémicas y un 11% de los accidentes vasculares cerebrales [2].

Tabla 1. Resultados de la encuesta realizada en el distrito de san félix, provincia de chiriquí, sobre el consumo de alimentos sanos, a 100 pobladores entre 35 a 90 años

Preguntas	Respuestas (%)	
	Sí	No
1. Actualmente, ¿Tiene cultivos agrícolas?	20	80
2. Cuando usted era niño (a) ¿Cultivaban sus alimentos?	90	10
3. ¿Tiene en su casa espacio para sembrar ?	55	45
4. ¿Cultivar sus propios alimentos , resulta más saludable que comprarlos ?	100	0
5. ¿Tiene algún conocimiento de cómo cultivar?	40	60
6. ¿El internet le puede ofrecer información para que usted cultive sus propios alimentos?	95	5
7. Si se le capacita en como cultivar sus propios alimentos, ¿ usted lo haría?	55	45
8. ¿Cuál es la mayor limitante para que usted cultive sus alimentos?	80 Riego	20 Plagas

El bienestar nutricional requiere alimentos variados, nutritivos y sanos para satisfacer las necesidades alimentarias de todos los miembros de la familia durante el año. Obtener mejores provisiones de alimentos y bienestar nutricional es mucho más que producir alimentos suficientes. Se requieren también recursos tales como: tierra, agua, semillas, mano de obra, herramientas, capacitación y conocimientos sobre técnicas apropiadas de producción, procesamiento y almacenamiento de los alimentos producidos [3].

Mediante una encuesta realizada en el corregimiento de San Félix, provincia de Chiriquí, por jóvenes de la localidad [4], orientada a conocer las limitaciones para la ingesta de alimentos sanos, se determinó que una de las mayores limitaciones para el cultivo de huertos caseros era la disposición para realizar el riego de los cultivos. Se sabe que para alcanzar niveles de producción deseables se deben asegurar un conjunto de insumos básicos dentro de los cuales se requiere el agua como diluyente e hidratante, cuyo déficit en el suelo es el factor principal que impide que los cultivos alcancen su potencial de productividad [5].

La encuesta refleja que una gran porción de la población consume productos comprados del comercio, una pequeña cantidad los cultiva para autoconsumo y unos pocos cultivan para la venta. Los comensales mencionan que si los productos

incrementan su costo, estos no tienen otra oferta para su adquisición.

1.2 Alternativas tecnológicas para el riego de huerta automatizada

Siendo el riego la mayor limitante para el cultivo de productos agrícolas por la poca disposición de tiempo para su ejecución regular, lograr la automatización del mismo parece ser la clave para promover la agricultura de traspatio en esta localidad.

Existen soluciones tecnológicas que facilitan el riego de los cultivos, como son los relojes temporizadores o *timers*, estos son dispositivos los cuales controlan el riego configurándoles un intervalo de tiempo predeterminado, pero esto no siempre es la mejor opción, ya que estos dispositivos no consideran algunas variables como la humedad del suelo, el sustrato, la velocidad del viento y la radiación solar del entorno, entre otros, que afectan la evaporación y la evapotranspiración [6].

Con el propósito de considerar los efectos aditivos a nivel del sustrato donde se desarrolla el sistema radical de la planta, se desea evaluar la alternativa de usar un sensor de humedad, que trabaje en ambiente Arduino, el cual es una plataforma electrónica de código abierto (open-source) basada en *hardware* y *software* flexibles y fáciles de usar. Arduino puede reconocer el entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores y puede afectar a su entorno mediante el control de dispositivos [7].

2. Marco teórico

2.1 Sistema de riego por goteo

El riego por goteo está despertando cada día mayor interés, debido a las múltiples ventajas que ofrece desde el punto de vista de la economía del agua, como por el efecto benéfico en el desarrollo de los cultivos y en los niveles de producción. Entre las principales atribuciones de este método se pueden destacar:

- a) Humedecimiento parcial del suelo, lo que se vuelve en un importante ahorro del agua.
- b) Amplia y exacta distribución uniforme del agua.
- c) Se puede emplear la fertilización localizada, junto al riego.
- d) Flexibilidad en los horarios de riego, normalmente los tiempos de aplicación son bajos.
- e) Los volúmenes de descarga son bajos lo que se traduce en una economía del bombeo [8].
- f) Otros autores [9] mencionan sus inconvenientes:
- g) Alto costo de instalación.
- h) Alto costo de mantenimiento.
- i) Dificultad de dar lavados en profundidad.
- j) Posibilidad de salinización del suelo.
- k) Mayor preparación técnica del agricultor.
- l) Necesidad de fertilizantes totalmente solubles en agua.

m) Necesidad de alto grado de filtración.

Sin embargo, el gran ahorro de agua que produce, permitiendo regar zonas áridas o semiáridas con escasez de agua o con agua de baja calidad, junto con la posibilidad de fertirrigar, aumentando la calidad y cantidad de las cosechas, hace que el riego localizado por goteo sea cada vez más utilizado.

Ambos autores coinciden en el ahorro de agua y de otros recursos que aumentan significativamente el ahorro en agroinsumos, aunado a la alta productividad permiten productos a menor costo y más accesibles.

Los componentes principales de una instalación de riego por goteo son los siguientes [10]:

- ✓ Embalse de regulación o el tanque de almacenamiento.
- ✓ Cabezal de riego.
- ✓ Red de riego o de distribución.
- ✓ Goteros.
- ✓ Elementos de control.

Siendo el elemento de control el que regula el paso de líquidos y sus diluciones, siendo las electroválvulas las de uso generalizado: cuando una válvula hidráulica se comanda mediante un sistema eléctrico, se convierte en una electroválvula. Esto permite simplificar mucho la automatización de la red de riego, automatizando la apertura y cierre de las válvulas de la instalación mediante impulsos eléctricos generados por un programador de riego.

El uso de las electroválvulas facilita la automatización del riego, mejora la aplicación del agua y agroinsumos, independizando este proceso de la ejecución por parte del hombre. Sin embargo, debe tener un sistema de control que permita ejecución del riego con premeditación.

2.2 Sustratos de cultivo

La producción exitosa de plantas de alta calidad en macetas, recipientes o contenedores requiere de una comprensión del ambiente único encontrado en la maceta y como éste es afectado por las propiedades físicas y químicas de los sustratos utilizados, resultando los procesos exacerbados por el limitado volumen disponible en comparación al suelo en su estado natural [11].

Según el autor, una planta que crece en el campo comparada con otra que crece en una maceta se expone generalmente a un ambiente más estresante y de cambios constantes, esta dinámica se ejemplifica a continuación:

- ✓ Una planta en plena actividad de crecimiento puede extraer toda el agua disponible en un recipiente común en uno o dos días.
- ✓ Después de un riego, el sustrato se satura desde el fondo del recipiente, y las raíces de esa zona permanecen sin aire.
- ✓ No es sino hasta que la planta utiliza suficiente agua, que se crean espacios a ocuparse por aire.

- ✓ Al secarse el sustrato, la concentración de sales en la solución de suelo puede aumentar a niveles altos.
- ✓ Nutrientes, tales como el nitrógeno y potasio se pierden por absorción de la misma planta y otra parte por lixiviación, pudiendo llegar a ser rápidamente abatidos si no son abastecidos periódicamente.
- ✓ Las temperaturas de un sustrato en una maceta, particularmente aquellas de colores oscuros, pueden fluctuar a veces hasta en 30 °C entre el día y la noche.

Con lo antes expuesto se visualiza algunos cambios a los cuales son expuestas las raíces de las plantas sea en sustratos o en el medio natural o suelo. Es aquí donde toma importancia el amortiguar estas fluctuaciones con sistemas automatizados que de manera premeditada mantengan las condiciones de crecimiento y se minimicen las inconveniencias para el mismo.

2.3 ARDUINO

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en *hardware* y *software* fácil de usar. Las placas Arduino pueden leer entradas y convertirlo en una salida. Puede decirle a su tablero qué hacer, enviando un conjunto de instrucciones al microcontrolador en el tablero. Para hacerlo utiliza el lenguaje de programación Arduino y el *software* Arduino, basado en el procesamiento [12].

El Arduino al ser una plataforma de prototipos electrónica de código abierto con costos accesibles, nos permite crear un prototipo de sistema que trabaja sobre una válvula para los sistemas de riego compatibles.

La plataforma *online* de Arduino contiene una sección de foro del cual muchos aspirantes, y profesionales programadores comparten sus ideas para creaciones de códigos generales o específicos.

Las piezas de Arduino también son relativamente simples de conseguir en línea, inclusive permite la compra de kits con las especificaciones necesarias para cada uno de los experimentos que se tenga planeado trabajar.

La mayor ventaja que provee trabajar con Arduino es que a la hora de armar el sistema, uno puede buscar el esquema del proyecto en el foro o crearlo utilizando el programa de *Fritzing*. Esta es una iniciativa de *hardware* de código abierto que hace que los productos electrónicos sean accesibles como material creativo para cualquier persona. Ofrece una herramienta de *software*, un sitio *web* comunitario y servicios en el espíritu de *Processing* y Arduino, fomentando un ecosistema creativo que permite a los usuarios documentar sus prototipos, compartirlos con otros, enseñar productos electrónicos en un aula y diseñar y fabricar pcbs profesionales [13].

El programa *Fritzing* le ofrece al usuario crear un modelo virtual experimental con el cual hará las conexiones de todo el *hardware* del sistema sin correr el riesgo de dañar las piezas y

al mismo tiempo probar su funcionalidad con el código a compilar.

3. Materiales y método

3.1 Módulo de ARDUINO

Para el ensamble del Módulo Arduino se emplearon:

- ✓ Modulo reloj de tiempo real (RTC DS1307)
- ✓ Modulo sensor humedad en suelo
- ✓ Válvula solenoide de agua 12VDC, 1/2 pulg
- ✓ Módulo relay 2CH con optoacoplador
- ✓ *Jumpers* Hembra-Hembra 20cm
- ✓ *Jumpers* Macho-Macho 20cm
- ✓ *Kit* 4 gorras para botones
- ✓ Resistencia 100K Ohm 1/4W -5%
- ✓ Resistencia 1k Ohm -5%
- ✓ Interface serial I2C para pantalla LCD

De estos los componentes necesarios para obtener los datos fueron el sensor de humedad del suelo, unidad de almacenamiento de los datos, pantalla LCD y los cables de conexión. Los datos que brinda el sensor son en tiempo real, de manera que muestra los datos en la pantalla LCD de manera inmediata.

Para fabricar el sistema donde se conecta el sensor de humedad del suelo se utiliza el siguiente *hardware*:

- ✓ Sensor de humedad del suelo YL-69
- ✓ Placa Arduino UNO R3 Elego
- ✓ Cables de red
- ✓ Placas protoboard
- ✓ Pantalla LCD 1602 con módulo I2C
- ✓ Fuente de poder de 5v

El sensor obtiene datos y los almacena en la placa Arduino, se requiere también de un diagrama eléctrico para realizar las conexiones, el *software* necesario para instalar el programa en la placa arduino y diseñar el diagrama eléctrico son:

- ✓ Programa Arduino 1.8.5
- ✓ *Driver* USB de reconocimiento de la placa Arduino
- ✓ *Fritzing* 0.9.3

El sustrato donde trabajará el sensor es un sustrato de fibra de coco certificado, este ya dispone de especificaciones de uso:

- ✓ Saco de cultivo de fibra de coco DUTCH PLANTIN [13]

Como anexo a la unidad de componentes, se decidió agregar un módulo de reloj que muestra la hora. El módulo que guarda la fecha y la hora es: Módulo RTC I2C DS1307.

El sensor de humedad del suelo está conectado a una *protoboard*, donde están las conexiones de suministro eléctrico y la pantalla LCD. En la *protoboard* se conectan los cables de datos que se conectan a la placa Arduino.

Para obtener datos de la humedad del suelo, el sensor se entierra en el sustrato, e interpreta la información mediante señales eléctricas, el sensor interpreta esta señal de forma instantánea, luego envía los datos a la placa Arduino que es en

donde está instalado el programa, y finalmente la placa muestra los datos de humedad del suelo en la pantalla LCD.

Para la preparación del sustrato, el pesaje y humedecimiento se empleó:

- ✓ Vasos plásticos transparentes de polipropileno #107de 280cc/9,5oz Marca: Arcoíris 2008 C.A.
- ✓ Sustrato de fibra de coco estandarizado en Saco De Cultivo De Doble Capa, Marca: Dutch Plantin:
- ✓ Balanza electrónica de 5kg de capacidad, 1g de apreciación±0.5, 1,5V de potencia, Marca, PRONTO.
- ✓ Agua potable para consumo humano Marca: AQUAVIVA BOTTLING COMPANY. INC.

3.2 Metodología

3.2.1 Experimento de sustrato no homogeneizado(T1)

- ✓ Elaboración y caracterización de las muestras para calibrar: Para calibrar el sensor de humedad del suelo, se diseñó un primer experimento empírico donde fue evaluado la relación agua: sustrato en la cual este llegaría a saturación, bajo las siguientes consideraciones:
 - ✓ Relación de sustrato seco (RSS): relación en la cual no se ha adicionado líquido alguno a 20gr de sustrato tal cual viene en el saco, relación: 0:1, 0gr de agua en 20 gr de sustrato.
 - ✓ Relación de saturación del sustrato(RSSat): entendiéndose como saturación la relación en la cual 20 gr de sustrato seco, una vez humedecido este no incrementaría más de tamaño y todo su espacio poroso estarían llenos de agua, se evidencia por la lámina de agua que se observa en su parte superior, esta RSSat se alcanzó al añadir 100gr de agua a 20gr de sustrato seco, 5:1, para un peso final de 120g totales(figura#1).
 - ✓ Muestras para evaluación de humedad: las muestras fueron elaboradas colocando en vasos plásticos transparentes 20gr de sustrato de coco, humedeciéndolo a razón de un incremento de 20 gr de agua a la primera muestra de sustrato seco, relación 1:1. 40 gr de peso de muestra, las restantes 8 muestras se les realizó un incremento de 10gr de agua a cada una, hasta totalizar 120gr, relación 5:1. (ver figura1).

Tabla 2. Peso, relación agua: sustrato y estimación de humedad de las muestras de sustrato de coco para calibración de sensor comandado por programación en Arduino

Peso de la muestra (gr)	Relación agua: sustrato			Valores estimados $Y=(Xx100)/120$ (%)
	Agua (gr)	Sustrato (gr)	Relación	
20 Seco	0	20	0:1	16,6
40	20	20	1:1	33,3
50	30	20	1,5:1	41,6
60	40	20	2:1	50

70	50	20	2,5:1	66,7
80	60	20	3:1	58,3
90	70	20	3,5:1	75
100	80	20	4:1	83,3
110	90	20	4,5:1	91,6
120	100	20	5:1	100
Saturado				

Se estimó mediante ecuación lineal los posibles porcentajes de humedad presentes en la muestra considerando la de 120g la de 100% de saturación, todos los poros ocupados por agua.

Calibración de sensor con muestras no homogenizadas: Una vez elaboradas y caracterizadas las muestras de sustrato se procedió a la evaluación de las muestras en cinco puntos: en cada borde del vaso en cruz y en el centro, introduciendo el sensor verticalmente, las lecturas fueron recogidas de la pantalla una vez estabilizada la lectura.

Al evaluar los datos obtenidos en el T1 se observó una alta dispersión de estos, lo cual fue relacionado con la poca homogeneidad del humedecimiento, presentándose áreas más humedad que otras y unas totalmente secas.

3.2.1.1 Experimento de sustrato homogeneizado(T2)

Al detectarse la poca homogeneidad de la muestra y lo disperso de los datos se procedió al desarrollo de un segundo tratamiento donde se homogeneizó la muestra mediante:

1. El desalojo del sustrato del vaso.
2. Mezclado del sustrato mediante cinco (05) movimientos envolventes para su homogeneización.
3. La muestra de sustrato homogeneizada fue retornada al vaso.
4. Todas compactadas con cinco movimientos verticales para su estandarización.

Todo el procedimiento fue ejecutado por la misma persona para disminuir la variabilidad en el manejo, procedió a la medición de humedad tal cual el procedimiento descrito en el T1.



Figura 1. Muestras de sustrato de fibra de coco con diferentes niveles de saturación de agua.

4. Resultados y Discusión

4.1 Ensamblado y programación del sistema ARDUINO.

A continuación se presenta el diagrama basado en el modelo virtual creado en *Fritzing*, el sistema va conectado de la siguiente manera (figura 2).

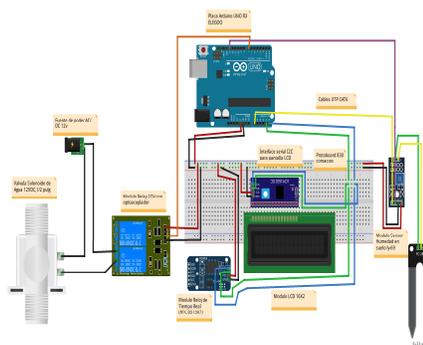


Figura 2. Imagen en *Fritzing*, del modelo virtual del sistema de control para riego, con sensor de humedad comandado por ARDUINO.

La construcción del sistema de riego varía dependiendo del área de trabajo, en este caso, el sistema óptimo para este experimento fue la siguiente figura 3y 4.



Figura 3. Vista física de sistema de control de riego comandado por ARDUINO en un recipiente plástico para su resguardo, nótese pantalla de información con hora y % de humedad.



Figura 4. Sensor de humedad durante el proceso de calibración.

Código fuente para gestionar el sensor de humedad en el sistema ARDUINO:

```
#include <Wire.h>
#include <RTClib.h>
#include <LCD.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#define I2C_ADDR 0x3F

LiquidCrystal_I2C lcd(I2C_ADDR,2, 1, 0, 4, 5, 6, 7);
RTC_DS1307 RTC;
int porcentaje;
int oldmos=-1;
void setup() {
    Wire.begin();
    RTC.begin();
    lcd.begin(16,2);
    lcd.clear();
    RTC.adjust(DateTime(__DATE__,__TIME__));
    Serial.begin(9600);
    pinMode(8,OUTPUT);
    pinMode(9,OUTPUT);
    pinMode(13,OUTPUT);
    pinMode(7,OUTPUT); //pin donde esta conectado el relay
    lcd.begin(16,2); // Inicializar el display con 16 caracteres
    2 líneas
    lcd.setBacklightPin(3,POSITIVE);
    lcd.setBacklight(HIGH);
}

void loop() {
```

```
    DateTime now = RTC.now();
    porcentaje=1023-analogRead(0);//Lee el valor de humedad
    del suelo del pin A0, aqui se encuentra conectada la entrada de
    datos del sensor.
    porcentaje=map(porcentaje, 0, 1023, 0, 100); //convierte el
    valor de humedad en formato de porcentaje y asi se puede
    vizualizar en la pantalla LCD.
    if (oldmos!=porcentaje){
```

```
        lcd.home();
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print("Control De Riego");
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("    HS:");
        lcd.print(porcentaje);
        lcd.print("%");
```

```
        lcd.setCursor(0,16);
        if(now.hour()<10){
            lcd.print("0");
        }
        lcd.print(now.hour(), DEC);
        lcd.print(' ');
        if(now.minute()<10){
            lcd.print("0");
        }
        lcd.print(now.minute(),DEC);
        lcd.print(':');
        if(now.second()<10){
            lcd.print("0");
        }
        lcd.print(now.second(),DEC);
        }
        //Instruccion que controla la apertura y cierre de la válvula
        selenoide atravez de un relay.
        if (porcentaje <30){
            //si el porcentaje de humedad es menor que 30, entonces la
            válvula se abre.
            digitalWrite(7, LOW);
        }
        else if (porcentaje =70){
            digitalWrite(7, LOW);
        }
        else{
            //Si el porcentaje de humedad esta muy algo(70%) se cierra
            la válvula.
            digitalWrite(7,HIGH);
        }
        delay(1000);
    }
```

A continuación, se presentan los resultados de ambos tratamientos T1(tabla #3 y figura #5) y T2(tabla #4 y figura #6):

Tabla 3. T1- Peso, relación agua: sustrato no homogeneizado y medición de humedad de las muestras para calibración de sensor comandado por programación en ARDUINO

Peso de la muestra (gr)	Relación	Mediciones						s
		1	2	3	4	5	\bar{y}	
20 Seco	0:1	4	4	4	4	4	4	0
40	1:1	43	40	34	28	50	39	7.53
50	1,5:1	52	43	46	34	27	40,4	8.86
60	2:1	61	56	34	42	54	49,4	9.91
70	2,5:1	65	60	59	59	64	61,4	2.57
80	3:1	65	65	55	65	65	63	4
90	3,5:1	80	75	71	74	76	75,2	2.92

100	4:1	75	76	76	76	74	75,4	0.8
110	4,5:1	80	79	76	76	79	78	1.67
120	5:1	82	78	80	80	80	80	1.26
Saturado								3.95

Evaluando los datos obtenidos tabla 3 se observó una alta dispersión de los mismos, lo cual fue relacionado con la poca homogeneidad del humedecimiento, presentándose áreas más húmedas que otras y unas totalmente secas.

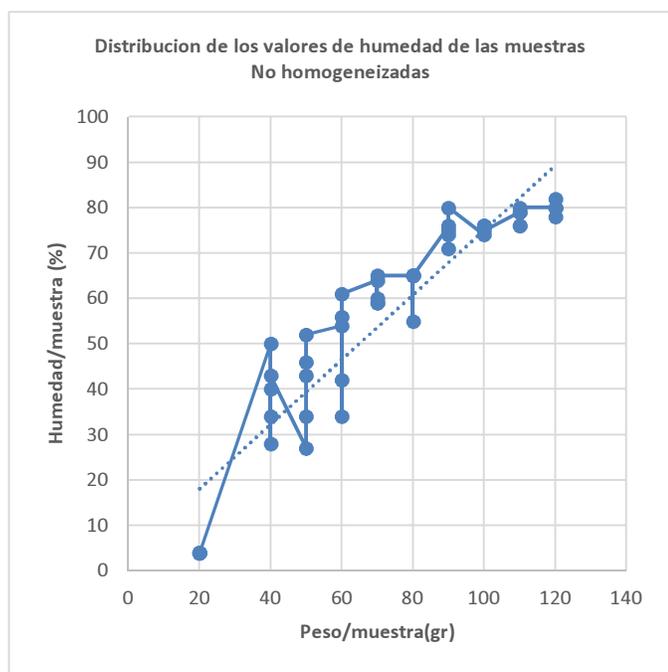


Figura 5. Distribución de las mediciones de humedad con sensor comandado por ARDUINO, en muestra no homogénea (T1).

Se observa cómo se dispersan los datos alrededor la línea de tendencia, lo cual es corroborado por una media de la desviación estándar de 3.96 unidades figura 5.

Tabla 4. T2- Peso, relación agua: sustrato homogeneizado y medición de humedad de las muestras de para calibración de sensor comandado por programación en ARDUINO

Peso de la muestra (gr)	Relación	Mediciones						s
		1	2	3	4	5	\bar{y}	
20 Seco	0:1	4	4	4	4	4	4	0
40	1:1	23	23	24	24	26	24	1.1
50	1,5:1	28	28	28	29	29	28.4	0.49
60	2:1	37	33	37	38	34	35.8	1.93
70	2,5:1	45	45	48	49	43	46	2.19
80	3:1	55	60	51	57	59	56.4	3.2
90	3,5:1	63	66	68	65	66	65.6	1.62

100	4:1	72	70	72	72	71	71.4	0.8
110	4,5:1	79	79	75	75	76	76.2	1.46
120	5:1	81	80	73	80	80	78.8	2.92
Saturado								1.67

Para el tratamiento T2 (tabla #4), los valores de humedad medidos se ajustan mejor a la línea de tendencia (figura #6), lo cual es corroborado por un menor promedio del coeficiente de variación 1.67 unidades.

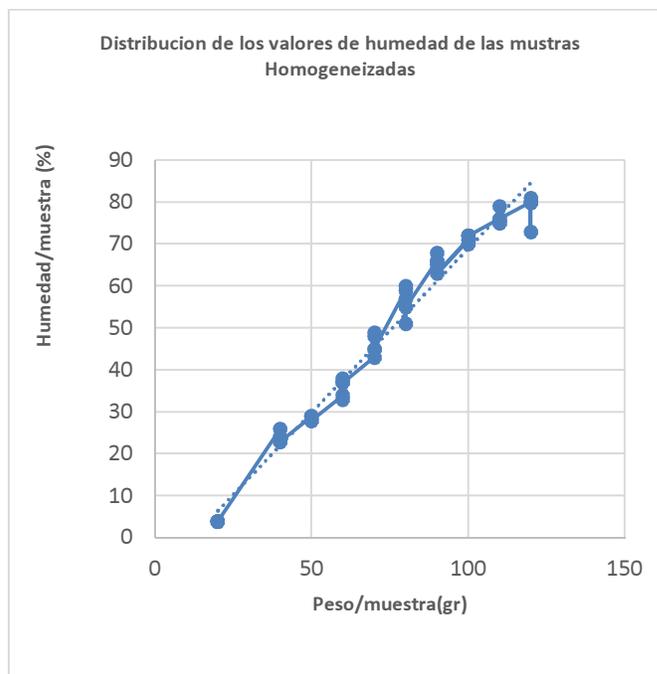


Figura 6. Distribución de las mediciones de humedad con sensor comandado por ARDUINO, en muestra homogénea (T2).

Los datos obtenidos en ambos tratamientos reflejan tendencias similares, sin embargo, el T1 con una mayor dispersión de estos que en T2, resultando la media de sus desviaciones de 3.95 y 1.95 unidades, respectivamente. Esto puede ser explicado por la poca uniformidad del humedecimiento del sustrato seco en la muestra inicialmente, lo cual fue mejorado una vez mezclado y uniformizado el nivel de humedad de la muestra, disminuyendo en un 51.6% la dispersión de los datos, es decir, los datos de % de humedad medidos por el sensor son más confiables.

Esto concuerda con otro estudio en Navarra, quien, evaluando un sistema de riego automatizado por ARDUINO en suelo de huerta, plantea que tanto los intervalos de evaluación (tiempo), como la ubicación en el medio de cultivo deben definirse con cuidado para poder recuperar información confiable [15]. Debe tenerse claro que la automatización busca librar al humano de una tarea que debe ser ejecutada con calidad, mediante los sistemas de automatización escogidos, y

la recolección de la información apropiada es fundamental para la toma de decisiones planteadas en un programa.

5. Conclusión y recomendación

Se concluye:

- ✓ El hardware del sistema ARDUINO, fue ensamblado adecuadamente para recibir información del sensor de humedad.
- ✓ El software de lectura de datos provenientes del sensor de humedad del sistema ARDUINO, se programó adecuadamente para procesar la información requerida.
- ✓ La calibración del sensor de humedad es un proceso necesario a objeto de conocer los rangos de trabajo y su relación con la humedad del sustrato a medir.
- ✓ La homogenización de la humedad del sustrato, disminuyó la desviación de los datos, acercando el valor promedio al valor real de humedad existente.
- ✓ El sensor de humedad recoge eficientemente la información.
- ✓ Se recomienda:
- ✓ El sensor de humedad como elemento de recolección de información debe ubicarse en un área representativa del bulbo de humedad a evaluar, para que su aporte de información sea confiable y refleje la condición media del sustrato.
- ✓ Realizar la calibración del sensor en varios sustratos a objeto de dar mayor amplitud de uso al sensor.
- ✓ Continuar con la fase siguiente de la investigación para evaluar la capacidad de suministro confiable del riego a cultivos cuya humedad sea evaluada por el sistema ARDUINO.
- ✓ Incorporar otros elementos para su correspondiente evaluación por el sistema arduino para una gestión integral no solo de humedad y otros factores que expliquen la evaporación y evapotranspiración del cultivo.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos la confianza y el apoyo dispensado a este proyecto por la rectora Nixa Gnaegi de Ríos, nuestro asesor el

Prof. Erick Sánchez y la Coordinación de Investigación de la Universidad Tecnológica OTEIMA.

REFERENCIAS

- [1] FAO, Roma, 2000, mejorando la nutrición a través de huertos y granjas familiares, http://redmujeres.org/biblioteca%20digital/mejorando_nutricion_huertos_granjas.pdf.
- [2] World health organization. fomento del consumo mundial de frutas y verduras <http://www.who.int/dietphysicalactivity/fruit/es/index1.html>.
- [3] Los efectos positivos de las huertas familiares sobre la salud de la familia y los medios de vida sostenibles <http://www.fao.org/docrep/008/y5112s/y5112s04.htm>
- [4] P. Ruiloba. Estudio sobre el consumo de hortalizas para una alimentación mas sana de los pobladores del Corregimiento de San Félix, Distrito de San Félix, Provincia de Chiriquí, Panamá elaborado por el grupo juvenil de la Iglesia de Séptimo Día. Comunicación personal (2018).
- [5] F. Muñoz. Importancia del agua en la nutrición de los cultivos. CENICANA Carta Trimestral v.31, Nos.3y4 de 2009. Julio-diciembre. http://www.cenicana.org/publicaciones/carta_trimestral/ct2009/ct3y4_09/ct3y4_09_p16-18.php
- [6] <https://www.arduino.cc/>.
- [7] M. Liotta et al. Manual de capacitación: riego por goteo. UCAR. 2015 1ª ed. 22p.
- [8] A. Mendoza, Riego por goteo. CENTA. 2013.91p.
- [9] Riego localizado. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación-Ministerio para la Transición Ecológica.
- [10] V. Plana. MANEJO Y MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES DE RIEGO LOCALIZADO. Consejería de Agricultura y Agua Centro Integrado de Formación y Experiencias Agrarias de Lorca Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.2008. 32p.[11] R. Cabrera PROPIEDADES, USO Y MANEJO DE SUSTRATOS DE CULTIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTAS EN MACETA. Revista Chapingo Serie Horticultura 5(1): 5-11, 1999.
- [12] <https://www.arduino.cc/>
- [13] <http://fritzing.org/home/>
- [14] Dutch Plantin <https://www.dutchplantin.com/wp-content/uploads/2018/07/saco-de-cultivo.pdf>
- [15] D. Bermúdez (2014) RIEGO DE HUERTA AUTOMATIZADO POR ARDUINO <https://academica-e.unavarra.es/xmlui/handle/2454/13166>

Propuesta de agente “Drone” para mitigar las infracciones de tránsito de tipo circulación por los hombros, en la Vía Interamericana, específicamente desde la estación Puma de Rousseau hasta el Xtra de Arraiján y viceversa

Proposal of a "Drone" agent to mitigate infractions of traffic-type traffic on the shoulders, on the Inter-American Highway, specifically from the Puma de Rousseau station to the Xtra de Arraiján and viceversa

Ivan Hidalgo¹, Yudeiska Peralta², Héctor Rodríguez³, Nirali Ahir⁴, Cecilio Niño⁵

¹Licenciatura en Ingeniería de Sistemas Computacionales. ²Licenciatura en Negocios Internacionales. ³Licenciatura en Ingeniería Electrónica y Comunicaciones. ⁴Licenciatura en Negocios Internacionales. -Universidad Interamericana de Panamá

Resumen Este proyecto de investigación estudia la mala práctica de transitar por los hombros que está afectando principalmente el área de Panamá Oeste, y a la vez presentamos una idea de proyecto como propuesta para mitigar el problema apoyado en una alternativa tecnológica gracias a los avances de la computación, la electrónica digital, la inteligencia artificial, entre otros. Los objetivos principales del proyecto *Agente “Drone”* son los siguientes: automatizar la gestión de inspección, modernizar el proceso de aplicación de boletas, disminuir la cantidad de infracciones y a la vez erradicar la coima para este tipo de infracción. Nuestra hipótesis dice: “El 50% o más de los conductores que transitan por los hombros no son sancionados”, el enfoque de la investigación es cuantitativo y la metodología tiene un diseño transversal, aplicamos instrumentos como la encuesta, observación en campo, entre otros instrumentos de investigación. Además, identificamos los requerimientos básicos para llevar a cabo el proyecto en el tramo del estudio e investigamos sobre las tecnologías actuales usando como referencia las empresas más grandes en cuanto a diseño y desarrollo de tecnologías para “Drone” se refiere. También investigamos sobre las aplicaciones en otros países y los indicadores van en incremento, no solo en los países más desarrollados. Entre las principales aplicaciones encontramos implementaciones en los sectores: agricultura, seguridad pública, logística, y otros.

Palabras clave Circulación por los hombros, “Drone”, infracción de tránsito, Panamá Oeste.

Abstract This research project studies the bad practice of traveling on the shoulders that is affecting mainly the Western Panama Area. At the same time, a project idea is proposed to mitigate the problem supported by a technological alternative thanks to advances in computing, digital electronics, artificial intelligence, among others. The main objectives of the “Drone Agent” project are the following: automate the management of inspection, modernize the process of application of tickets, reduce the number of infractions and at the same time eradicate the bribe for this type of infraction. Our hypothesis says: “50% or more of the drivers who pass through the shoulders are not sanctioned”, the focus of the research is quantitative and the methodology has a cross-sectional design. We apply instruments such as the survey, observation in the field, among other research instruments. In addition, we identify the basic requirements to carry out the project in the study section and investigate current technologies using as reference the largest companies in terms of design and development of technologies for “Drone”.

Keywords Circulation by the shoulders, Drone, traffic infraction, Panamá West.

* Corresponding author: ivan.uip@outlook.com

1. Introducción

La provincia de Panamá Oeste, en los últimos años está siendo cada vez más explotada con proyectos de viviendas, por ende, la cantidad de automóviles que transitan por esas áreas

crece a un ritmo imparable. Según datos de la Contraloría General de la República, en Panamá Oeste había unos 26,717 automóviles en 2016, pero en la actualidad la cifra debe ser más grande. Sin embargo, no se cuenta con informes recientes. Prueba de ello es que el 5 de diciembre de 2016 la Autoridad

de Tránsito y Transporte Terrestre (ATTT), en coordinación con la Dirección Nacional de Operaciones del Tránsito de la Policía Nacional (DNOTPN), implementó una medida de inversión de carriles con el objetivo de agilizar el flujo vehicular, que a la fecha se mantiene.

Todo este crecimiento vehicular se traduce en la necesidad de una infraestructura vial más completa. En aproximadamente dos años se espera culminar el proyecto de ampliación de la carretera Panamericana a ocho carriles desde el puente de las Américas-Arraiján.

Mientras tanto, los conductores movidos ya sea por la necesidad o por irresponsabilidad, cometen infracciones de tipo circulación por el hombro, a pesar de estar prohibido y que es un riesgo para la vida de los conductores, pasajeros y terceros. Según datos de la ATTT en el periodo que va desde enero a julio de 2017 se cometieron 5,775 infracciones de tipo circulación por el hombro, lo que supone un gran trabajo para los inspectores de tránsito. Sin embargo, se considera que estas cifras subestiman la realidad, ya que la cantidad de infracciones que no se logran aplicar a diario está reflejado en los resultados de la encuesta que aplicamos y lo planteamos en nuestra hipótesis.

Es evidente lo que está ocurriendo en los hombros del tramo en estudio, y es un hecho que la forma de tratar esta problemática no es efectiva. Actualmente existe mucha tecnología que puede contribuir a la solución de problemas de este tipo, problemas donde asignar un recurso humano es muy costoso, desgastante, estresante para los inspectores y poco efectivo.

2. Idea de Proyecto

Idea principal: El *Agente “Drone”* trabaja como herramienta o medio para automatizar el proceso de la aplicación de boletas, de tipo circulación por el hombro, y así disminuir la brecha que los inspectores de tránsito no pueden cubrir.

¿Cómo funcionaría el *Agente “Drone”*?

El *Agente “Drone”* ejecutaría tareas rutinarias previamente diseñadas durante su desarrollo, aplicando algoritmos pensados para cada tarea, que se traducirían en un lenguaje de programación de computadoras. En principio trabajaría en piloto automático, con opción de ser controlado por un inspector capacitado o piloto autorizado.

Ejemplos de las tareas del *agente “Drone”*

1. Efectuar vuelos rutinarios desde una coordenada (x) hacia una coordenada (y).
2. Método de captura: consistiría en tomar fotografías a las placas de los conductores infractores, mediante un algoritmo de toma de decisiones.
3. Llegar a la estación base, descargar los datos, información e imágenes de su recorrido.

¿Cómo funcionaría el sistema?

Se diseñaría un sistema que se encargue de gestionar los datos, información, imágenes descargadas por los “*Drones*” en

la estación base. En principio no es un sistema tan grande, porque tendría tareas muy específicas y la idea es que se integre con lo ya existente en ATTT.

El sistema sería operado por una persona, quien será la responsable de revisar los datos, información e imágenes descargadas por los “*Drones*”, antes de proceder con la aplicación de la boleta electrónica, dicho de otra manera: boleta en formato digital. También en la fase diseño del sistema se contemplaría dejar pistas de auditoría, para facilitar una posterior auditoría del sistema. Además, el sistema dispondría de controles, para evitar el uso inadecuado en la medida de lo posible.

Ejemplos de las tareas del sistema

1. Aplicar boletas de forma automatizada mediante un enlace de comunicación a los sistemas de la ATTT.
2. Enviar una copia de la boleta y evidenciar al conductor infractor, por medio de correo electrónico y/o mensajería instantánea. Para esta acción se podría solicitar acceso a otras BDIN base de datos de interés nacional, por ejemplo: base de datos de entidades como el municipio de Panamá, Panamá Oeste.

2.1 Requerimientos tecnológicos

En la actualidad existe la tecnología necesaria para el proyecto *Agente “Drone”*, por ejemplo la Compañía DJI ofrece drones de clase industrial para diferentes sectores.



Figura 1. “Drone” matrice 600 pro.

La compañía, además, ofrece diversos componentes, por ejemplo, controladores de vuelo que disponen de un robusto algoritmo de control de vuelo ideal para controlar una amplia gama de aviones multirrotor industriales y de bricolaje, proporcionando estabilidad profesional. El controlador de vuelo ofrece características como: fiabilidad, amplio alcance, sistema de amortiguación de vibraciones, estabilización de actitud, caja negra, batería inteligente, entre otros.



Figura 2. Controlador de vuelo para “Drone”.

Requerimientos para el proyecto:

- Distancia requerida 9.6 km (desde la estación Puma

de Rousseau hasta el Xtra de Arraiján).

- Velocidad de avance ~56 km/h / ~35 millas/h (aproximadamente).
- Controlador de vuelo (para garantizar la seguridad, fiabilidad, automatización).
- (+/-) 6 rotores.
- Conexión a internet.
- Una cámara de ultra alta definición (4K).
- Resistencia al viento.
- Resistencia a la lluvia (debido a condiciones climáticas de Panamá).
- Tiempo promedio de vuelo 30 minutos (baterías).

3. Metodología

Nuestro proyecto investigativo tiene un enfoque cuantitativo, trabajamos con un diseño transversal. Por ello aplicamos instrumentos de investigación como la encuesta, a los residentes del Área Oeste de forma directa y apoyándonos en la tecnología con el empleo de formulario en línea. También la observación en campo, donde se evidenció una gran cantidad de conductores que transitan por los hombros. Además, recopilamos información sobre aplicaciones de “Drones” en otros países y los requerimientos tecnológicos.

3.1 Ecuación

Para calcular el tamaño de la muestra se utilizó una ecuación. A partir de una población finita que fue extraída de informes estadísticos oficiales de la Contraloría General de la República, obtuvimos el valor de “p” aplicando una prueba piloto previamente a la presente investigación. Tras efectuar los cálculos se obtuvieron los siguientes resultados:

$$p = \frac{x}{n} \text{ el valor de fue: } 0.6$$

$$n = \frac{Z^2 pq N}{NE^2 + Z^2 pq} \text{ el tamaño de la muestra fue: } 287$$

n es el tamaño de la muestra;

Z es el nivel de confianza;

p es la variabilidad positiva;

q es la variabilidad negativa;

N es el tamaño de la población;

E es la precisión o el error.

4. Resultados

4.1 Análisis infográfico

En la figura 3 se muestran los resultados de las preguntas encuestadas 1 y 2.

¿Ha transitado usted por los hombros en alguna ocasión?

1. Se puede apreciar en este indicador que el 46,4% de los encuestados indican haber utilizado los hombros.
2. Este indicador nos muestra que un 80,4% de los encuestados lo utilizan, porque no han sido multados.



Figura 3. Resultados de la encuesta preguntas 1 y 2.

La figura 4 nos muestra tres indicadores, referentes a las preguntas 3, 4, 5 de la encuesta.

3. Nos indica que un 25,2% de encuestados indica hay tráfico pesado en horario de 5:00 a.m. – 6:30 a.m. Un 36,5% indica que se intensifica más en horario de 6:30 a.m. – 9:00 a.m.
4. Este indicador nos dice que un 63,3% de encuestados posee licencia tipo C.
5. En este se puede apreciar y determinar que un 60,9% de los encuestados están de acuerdo con una solución tecnológica al problema.

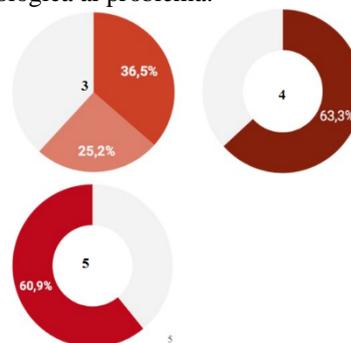


Figura 4. Resultados de la encuesta preguntas 3, 4 y 5.

La encuesta nos arrojó resultados y opiniones muy interesantes de los infractores y no infractores, tomamos las 5 preguntas más relevantes y las otras preguntas fueron:

¿Sabe usted cuál es el costo de la infracción al transitar por los hombros?

El 92,5% respondió que no sabe.

¿Considera usted, que conducir por los hombros es un tema de cultura y formación?

El 86,6% respondió afirmativamente.

¿Conoce usted cuál es el verdadero objetivo de los hombros en las carreteras?

El 89,5% conoce correctamente el objetivo del hombro.

4.2. Prueba de Hipótesis

Además, efectuamos la prueba de hipótesis para corroborar los resultados de nuestra investigación.

Planteamiento de hipótesis nula y la hipótesis alternativa:

- **Ho; p= 0.5**
- **H1; p≠0.5**

Hidalgo (et al): Propuesta de agente "Drone" para mitigar las infracciones de tránsito de tipo circulación por los hombros, en la Vía Interamericana, específicamente desde la estación Puma de Rousseau hasta el Xtra de Arraiján y viceversa

Selección del nivel de significancia:

- $\alpha = 0.10$

Selección del estadístico de prueba:

$$Z = \frac{p - P}{\sqrt{(p)\left(\frac{q}{n}\right)}}$$

$$Z = \frac{0.855 - 0.50}{\sqrt{(0.50)\left(\frac{0.50}{116}\right)}} = 7.65$$

Regla de decisión

- Si $-1.645 \leq Z \leq 1.645$ No se rechaza H_0
- Si $Z < -1.645$ ó si $Z > 1.645$ Se rechaza H_0

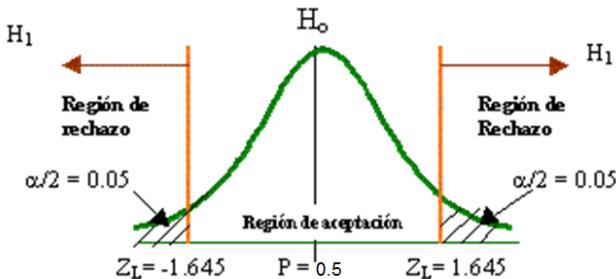


Figura 5. Gráfica de la prueba de hipótesis.

El resultado final producto de esta prueba fue 7.65, por lo tanto nuestra hipótesis fue aceptada. Dicho resultado deja en evidencia la magnitud del problema.

5. Conclusiones

En las encuestas realizadas a los residentes del área Oeste podemos concluir que la afectación que se está presentando en el tramo de la Vía Interamericana, desde la estación Puma de Rousseau hasta el Xtra de Arraiján, se debe en gran parte a la infracción vehicular que hay en el área Oeste, aunado a la construcción de múltiples barridas y residenciales.

La mayoría de los residentes encuestados indican usar el hombro de la carretera como una solución para evitar el congestionamiento vehicular y también porque no es eficiente el sistema de aplicación de boletas y/o la certeza del castigo.

Esperamos que el proyecto *Agente "Drone"* pueda ser considerado una opción viable por las autoridades competentes. Este aportaría un apoyo importante en cuanto a terreno cubierto, así como capturador de datos necesarios para el estudio requerido y la posterior aplicación de sanciones a los infractores. Durante la realización de este estudio notamos que los conductores que no infringen las leyes del tránsito, aclaman que se aplique sanción a los infractores.

6. REFERENCIAS

- [1] Amazon.com Inc., "Determining Safe Access with a Best-Equipped, Best-Served Model for Small Unmanned Aircraft Systems," *NASA UTM 2015 Next Era Aviat.*, 2015.
- [2] Contraloría General de la República, "Instituto Nacional de Estadística y Censo - Panamá." [Online]. Available: https://www.contraloria.gob.pa/inec/Publicaciones/Publicaciones.aspx?ID_SUBCATEGORIA=22&ID_PUBLICACION=851&ID_IDIOMA=1&ID_CATEGORIA=4. [Accessed: 11-Jul-2018].
- [3] Diario La Voz, "La Municipalidad utilizará drones para monitoreo urbano." [Online]. Available: <http://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/la-municipalidad-utilizara-drones-para-monitoreo-urbano>. [Accessed: 02-Jul-2018].
- [4] Editorial por la democracia, "Constructora Meco y Acciona ganan contrato de \$335 millones para ampliación puente de las Américas-Arraiján." [Online]. Available: https://www.prensa.com/sociedad/Constructora-Meco-Acciona-ampliacion-Américas-Arraijan_0_4717778185.html. [Accessed: 13-Jul-2018].
- [5] SERTV, "Inicia operativo de inversión de carriles - Sistema Estatal de Radio y Televisión," 2016. [Online]. Available: <http://sertv.gob.pa/noticias-nacional-fm/item/38536-inicia-operativo-de-inversion-de-carriles>. [Accessed: 13-Jul-2018].
- [6] M. States, "International Civil Aviation Organization Unmanned Aircraft System Traffic Management (UTM) Request for Information DRONE ENABLE, ICAO's Unmanned Aircraft

Prototipo de sistema inteligente basado en patrones de ondas cerebrales para prevenir accidentes de tránsito

Intelligent system prototype based on brainwave patterns to prevent traffic accidents

Amelia M. Brugiati^{1*}, Marvin X. González¹, Denzel H. Cornejo¹, Cristian I. Pinzón²

¹Licenciatura en Ingeniería de Sistemas y Computación, Centro Regional de Veraguas – Universidad Tecnológica de Panamá,

²Facultad de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Centro Regional de Veraguas – Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen Este artículo presenta el prototipo de sistema inteligente basado en patrones de ondas cerebrales para prevenir accidentes de tránsito, que, mediante un sensor colocado en la cabeza del conductor, monitoriza los patrones de ondas cerebrales los cuales son enviados en tiempo real vía Bluetooth a una placa Raspberry Pi para ser procesados con estrategias de aprendizaje automático y de esta forma enviar una alerta visual y sonora cuando detecta el estado de somnolencia en el conductor. Para la construcción del prototipo se recogieron datos de cuatro personas en tres estados distintos, mientras estaban despiertas, somnolientas y dormidas. El conjunto de datos fue procesado con cuatro algoritmos de aprendizaje supervisado: vecinos más cercanos, máquina de soporte vectorial, árboles de decisión, bosques aleatorios; siendo este último el que mejores resultados mostró alcanzando un 82.05% de precisión al diferenciar los tres estados anteriormente mencionados. El costo estimado del sistema es de 210 USD, resultando un sistema económico con relación a otros existentes en el mercado.

Palabras clave Accidentes de tránsito, bitalino, sistema inteligente, inteligencia artificial, aprendizaje automático, ondas cerebrales, Raspberry Pi, somnolencia.

Abstract This article presents the prototype of an intelligent system based on patterns of brain waves to prevent traffic accidents, by which, through a sensor, placed on the driver's head, monitors the patterns of brain waves that are sent in real time via Bluetooth to a Raspberry Pi to be processed with machine learning strategies. In this way it allows to send a visual and sound warning when it detects the state of drowsiness in the driver. For the prototype construction, data of four people were collected while they were awake, drowsy and asleep. The data set was processed with four supervised learning algorithms: nearest neighbors, support vector machine, decision trees and random forests; the last one was the one that obtained the best result, reaching 82.05% accuracy when differentiating the three different states. The estimated cost of the system is 210 USD, resulting an economic system in relation to others existing in the market.

Keywords Traffic accidents, bitalino, intelligent system, artificial intelligence, machine learning, brain waves, Raspberry Pi, drowsiness.

* Corresponding author: abrugiati97@gmail.com

1. Introducción

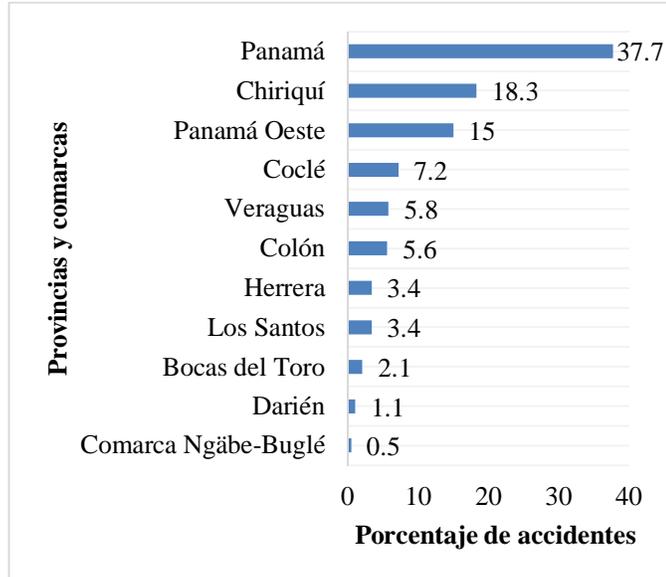
La demanda de transporte y de movimiento de las personas constituyen necesidades básicas para el desarrollo económico de un país. Sin embargo, entre más tiempo permanece una persona al volante mayor, es el riesgo de disminuir su concentración y reacción debido al cansancio y sueño, atentando contra la vida del conductor, pasajeros y peatones.

La somnolencia ha sido una de las principales causas de accidentes en países como Estados Unidos, donde según la estimación de la Administración Nacional de Seguridad del

Tráfico en las Carreteras (NHTSA), casi 56000 choques en el año 2006 estuvieron relacionados con el estado de somnolencia al conducir, representando el 20% del total de accidentes [1].

En Panamá, para el año 2017 datos arrojados por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) indicaron que se registraron 56847 accidentes de tránsito, reflejando un aumento del 2.5% respecto al año anterior [2], lo que significa que alrededor de cada 13 minutos ocurre un accidente en distintos puntos del país, concentrándose en su mayoría en la provincia de Panamá (Gráfica 1).

Aunque no se lleven registros estadísticos de las causas de accidentes de tránsito en el país, diariamente se observan en los titulares nacionales accidentes causados por la somnolencia al volante [3], [4].



Gráfica 1. Porcentaje de víctimas en accidentes de tránsito en la república de Panamá, según provincia y comarca indígena: año 2017. Fuente: INEC.

Sobre la base de datos estadísticos alarmantes, en cuanto al número de accidentes de tránsito, se plantea la siguiente pregunta de investigación. Utilizando la tecnología existente, ¿Cómo se pueden monitorizar los patrones de ondas cerebrales de un conductor para determinar el estado de somnolencia y alertarlo cuando se esté durmiendo?

Las secciones en las que se divide la investigación son: contexto, materiales y métodos, resultados y discusión, trabajo futuro y conclusiones.

2. Contexto

La somnolencia [5] se puede considerar como un estado de transición entre el sueño y la vigilia, que se manifiesta como la falta de atención y deterioro del rendimiento mental o físico. Aquellos conductores que manejan en un estado de somnolencia tienen una mayor probabilidad de sufrir un accidente comparado con individuos que se encuentran en un estado de alerta o despiertos [6]. Por lo tanto, la detección temprana de la somnolencia es esencial para la prevención de accidentes.

Debido a los antecedentes mencionados se han desarrollado distintos tipos de proyectos para la detección temprana de la somnolencia en los conductores, utilizando principalmente sensores no invasivos.

2.1 Sensores basados en características visuales

La mayoría de las investigaciones realizadas en esta área se basan en el reconocimiento facial utilizando técnicas de inteligencia artificial para seguir la posición de la cabeza de los conductores y detectar la frecuencia de parpadeos o expresiones faciales [7]. Otras líneas de investigación se han centrado en reconocer patrones peligrosos de conducción como los cambios de carril y zigzag, utilizando sensores de giro dentro del vehículo [8].

2.2 Sensores basados en características no visuales

Las nuevas tecnologías proporcionan nuevos equipos, entre estos, *hardware* que permite medir distintos aspectos de la fisiología humana como la actividad neuronal, movimientos oculares, diámetro de la pupila, actividad cardíaca, temperatura corporal, entre otros [9].

Una de las técnicas que se pueden utilizar en la detección del comportamiento de conducción somnolienta es la electroencefalografía [1], la cual de manera no invasiva registra la actividad eléctrica del cerebro, generando uno de los indicadores más potentes para detectar el comportamiento de un conductor.

Estas señales del cerebro por si solas no brindan información relevante, para esto deben ser analizadas para encontrar distintos patrones de comportamiento. En la actualidad, se ha buscado apoyo en técnicas de inteligencia artificial (IA) para el análisis de estas, en especial en el área de aprendizaje automático (ML, por sus siglas en inglés).

El aprendizaje automático es una rama de la IA, la cual aplica distintos algoritmos para establecer relaciones entre un gran conjunto de datos y generar información. Estos conjuntos de datos abarcan un dominio de problema existente que los distintos algoritmos ya sean de aprendizaje supervisado o no supervisado [10] utilizan para construir un modelo general, permitiendo que se generen nuevas predicciones con cierto grado de precisión en nuevos casos.

El objetivo principal de este trabajo de investigación es el diseño y construcción de un prototipo de sistema inteligente capaz de monitorizar las ondas cerebrales de los conductores y alertar en caso de riesgo de sueño al volante.

3. Materiales y métodos

3.1 Selección de las herramientas

Para la construcción del sistema inteligente se utilizaron distintos componentes tanto de *hardware* como *software*; en los siguientes puntos se describen los mismos.

3.1.1 Bitalino

La placa Bitalino [11] es un pequeño dispositivo de bajo costo el cual integra un conjunto de sensores para la adquisición de bioseñales. Es capaz de transmitir los datos

recogidos a distintos dispositivos en tiempo real mediante conexiones inalámbricas (figura 2a). Para la selección de este dispositivo se comparó con tres dispositivos que fueran capaces captar valores relacionados con la actividad cerebral (tabla 1). Entre estos se encontraban *Mindwave* de *Neurosky* [12], *Open BCI* [13] y *Emotiv Epoc* [14], resultando seleccionada la placa *Bitalino* principalmente por su disponibilidad, versatilidad y bajo precio.

• **Sensor EEG**

Dentro del conjunto de sensores que contiene la placa *Bitalino* se encuentra el sensor de electroencefalografía o EEG (figura 1). Este sensor utiliza una configuración bipolar para ayudar a eliminar el ruido de las regiones musculares donde se coloquen los electrodos [15]. Para poder utilizar este sensor se necesitan tres electrodos: uno positivo encargado de captar la señal, uno negativo para ayudar a la eliminación del ruido y uno de referencia que debe ser colocado en una región no muscular. Su funcionamiento se basa en detectar el potencial eléctrico del electrodo positivo y compararlo con el de referencia. El resultado es un valor análogo que va desde 0 a 1023, llegando a captar un máximo de 1000 valores por segundo. Estos valores son almacenados por la placa *Bitalino* y enviados a la placa *Raspberry Pi* para que sean procesados.

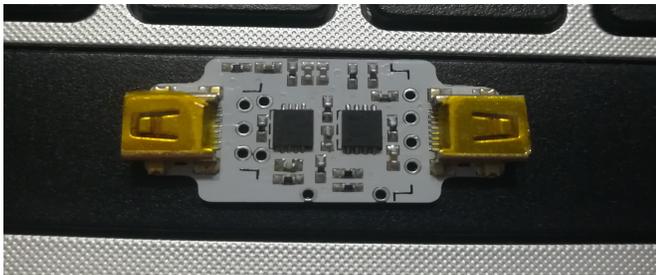


Figura 1. Sensor EEG del conjunto de sensores de la placa *Bitalino*.

3.1.2 Raspberry Pi

Raspberry Pi es un computador pequeño y de bajo costo (50.00 USD) (figura 2b). La placa cuenta con el sistema operativo de *software* libre *Raspbian* [16] para su funcionamiento, la misma tiene una gran capacidad para compilar y ejecutar programas escritos en distintos lenguajes [17]. Para el desarrollo de este proyecto se utilizó el modelo 3B ya que incluye conexión *bluetooth* facilitando la transferencia y recepción de datos.

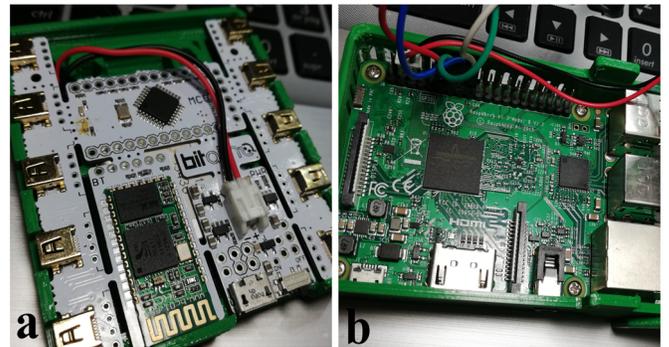


Figura 2. [a] Placa *Bitalino* para recolección de datos. [b] Placa *Raspberry Pi* utilizada para procesar datos recibidos por la placa *Bitalino*.

3.2 Participantes

Para obtener el conjunto de datos se seleccionaron cuatro personas entre estos hombres y mujeres entre las edades de 25 a 56 años. Ninguno de los participantes utilizó medicamentos ni consumieron alcohol, *cafeína* o alguna bebida energética durante la recolección de datos.

Tabla 1. Comparación de dispositivos enfocados en la adquisición de señales cerebrales

	Precio (USD)	Canales	Ventajas	Desventajas
BITalino	149.99	Canal Bipolar con frecuencias de muestreo de 1, 10, 100 y 1000 Hz.	Adquisición de señales EEG, EMG, ECG y EDA. API's de desarrollo completas.	Falta de información sobre librerías para procesar los datos.
Mindwave	99.99	Un solo canal monopolar ubicado en FP1 con una frecuencia de muestreo de 512 Hz.	Detección de parpadeos y nivel de concentración. Multiplataforma.	Escasez en el mercado.
Open BCI	499.99	8 canales con frecuencia de muestreo de 16 kHz.	Posibilidad de almacenar datos en una tarjeta MicroSD. Compatibilidad con <i>Arduino</i> .	Precio elevado.
Emotiv Epoc	399.99	14 canales con una frecuencia de muestreo de 2000 Hz.	Compatibilidad con sistemas móviles.	Datos cifrados y se debe pagar un precio adicional por obtención de señales en bruto.

3.3 Recolección de datos

A cada uno de los participantes se le tomaron datos en tres condiciones distintas, por cinco segundos en intervalos de un minuto, realizándose en total 15 mediciones por cada participante; cinco mediciones mientras conducían en horas de la tarde y noche, cinco cuando presentaban somnolencia en un estado de reposo y cinco cuando estaban completamente dormidos.

Los datos fueron recogidos mediante un conjunto de electrodos colocados en la cabeza de cada participante (figura. 3) y conectados a la placa Bitalino. Estos datos sin procesar se enviaron a la placa Raspberry Pi que se encargó de procesarlos y segmentarlos mediante un código escrito en el lenguaje de programación Python [17]. Este código utilizó un módulo denominado *Biosppy* (Procesamiento de bioseñales en Python) [18], el cual clasificaba los datos en cinco características distintas.



Figura 3. Recolección de datos en conductores utilizando la placa Bitalino.

A los datos obtenidos se les asignó una clase manualmente dependiendo el estado del conductor (tabla 2). En total se obtuvo una matriz de datos de 2341 filas por cinco columnas. Estos datos se guardaron en un archivo CSV (del inglés *comma-separated values*) para poder ser procesados.

Tabla 2. Extracto del conjunto de datos procesados por la librería *Biosppy*, donde las cinco primeras columnas representan las características extraídas y la última representa la clase a la cual pertenece

theta	alpha_low	alpha_high	beta	gamma	clase
6.37	6.79	16.39	96.30	23.07	despierto
12.02	17.69	26.46	96.30	23.07	despierto
5.87	6.62	3.57	5.07	1.46	somnoliento
5.87	10.04	2.56	5.07	1.61	somnoliento
0.45	2.19	1.89	0.93	0.45	dormido
1.31	2.19	2.42	1.58	0.46	dormido

3.4 Entrenamiento del sistema

El objetivo principal del aprendizaje automático es generar predicciones de un nuevo conjunto de datos a partir de un modelo previamente entrenado. Teniendo el conjunto de datos clasificados en cada clase (despierto, somnoliento y dormido)

se separaron en datos de entrenamiento y prueba. Los datos de entrenamiento alimentaron los algoritmos para la extracción de conocimiento y el conjunto de datos de prueba evaluó la precisión del algoritmo.

Para la construcción del modelo se seleccionaron cuatro algoritmos de aprendizaje supervisado [10] y se utilizó la librería *Sklearn* de Python [18] para la implementación de estos, que con su conjunto de herramientas permitió el análisis de los datos obtenidos; estos algoritmos fueron: vecinos más cercanos (KNN) [19], máquina de soporte vectorial (SVM) [20], árboles de decisión [21] y bosques aleatorios (RF) [22].

En el caso del algoritmo de KNN se construyó un programa para identificar el valor de K con el que se obtenía una mejor precisión. Además, para conocer el rendimiento de cada algoritmo se construyó una matriz de confusión [23] para visualizar con que precisión clasificaba cada uno de los datos en las tres clases definidas.

3.5 Construcción del prototipo

Teniendo el sistema entrenado con el algoritmo que obtuvo la mejor precisión se procedió a construir el prototipo el cual funciona de la siguiente manera: la placa Bitalino capta los datos recibidos por los electrodos colocados en la cabeza del conductor (figura 4) y por medio de una conexión Bluetooth los envía a la placa Raspberry Pi conectada a una salida tipo USB de cinco voltios (5v) del auto; luego de captados los datos, son procesados y llevado al algoritmo previamente entrenado que clasifica la clase de la nueva muestra.

Dependiendo de su clasificación, se envía una señal visual (verde=despierto, amarillo=somnoliento o rojo=dormido) mediante un led RGB conectado a los pines GPIO [24] de la placa Raspberry Pi; además, si el sistema detecta el estado “dormido” en el conductor, envía también una alerta sonora por medio del conector de audio de la placa. Este proceso se realiza en intervalos de un minuto indefinidamente hasta que la placa se desconecte.

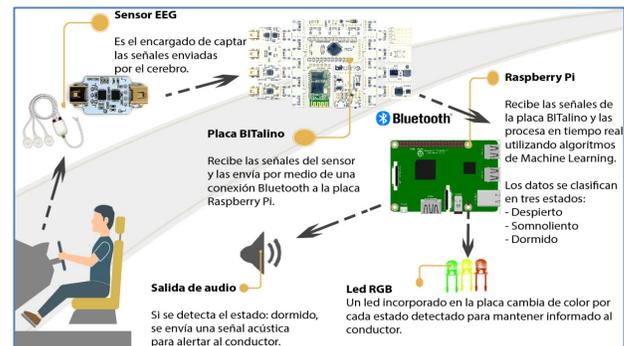
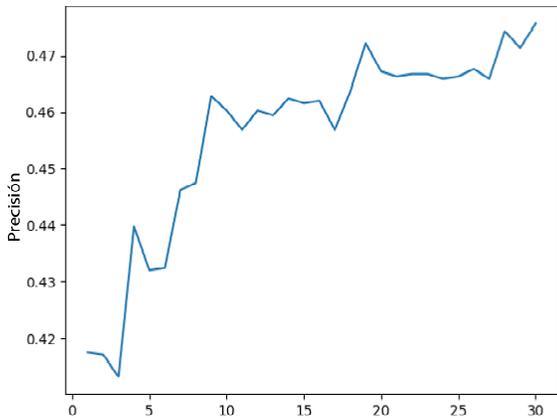


Figura 4. Diseño propuesto del prototipo con sus componentes.

4 Resultados y discusión

En el caso del algoritmo KNN se procesaron los datos con distintos valores para K (gráfica 2) para seleccionar el que mejor precisión mostraba. En base a los datos generados se

construyó el modelo, el cual obtuvo una precisión máxima de 67.52%, por lo cual se descartó su uso.



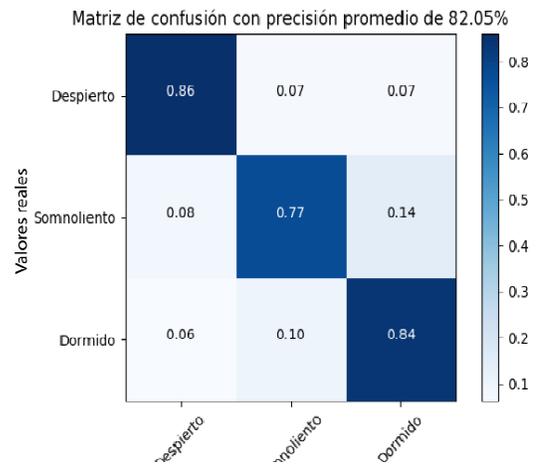
Gráfica 2. Valores de K para algoritmo de KNN donde el eje de las x representa el valor de K y el eje y la precisión obtenida en cada iteración.

En la tabla 3 se observan los algoritmos utilizados y la precisión para clasificar los datos de cada uno, siendo el algoritmo de bosques aleatorios el que mejores resultados obtuvo, alcanzando una precisión del 82.05%.

Tabla 3. Algoritmos de aprendizaje supervisado utilizados con la precisión máxima obtenida

Algoritmo utilizado		Precisión
Vecinos más cercanos con K=15		47.33%
SVM	Lineal	46.29%
	Gaussiano	64.11%
Árbol de decisión		67.52%
Bosques aleatorios		82.05%

Al ser bosques aleatorios el que mejor resultado presentó (82.05%), se construyó una matriz de confusión para visualizar el comportamiento de los datos (gráfica 3) utilizando este algoritmo y se pudo observar que presentaba un nivel más bajo de precisión cuando diferenciaba entre los estados de somnoliento de dormido, bajando hasta el 77%. Sin embargo, mostraba niveles altos de para clasificar los estados despierto y dormido.



Gráfica: el eje x representa las clases reales a las que pertenecen los datos y el eje y las predicciones realizadas por el algoritmo de bosques aleatorios para nuevas muestras.

5 Trabajo futuro

Para mejorar los resultados y confiabilidad del prototipo se pretende utilizar los sensores adicionales de la placa Bitalino, para procesar otras bioseñales, como son: electromiografía (EMG) y electrocardiografía (ECG) de manera simultánea.

Además, en conjunto a las ondas cerebrales monitorizar los rasgos faciales del conductor, haciendo uso de técnicas de procesamiento de imágenes.

Por otra parte, utilizar otros sensores existentes en el mercado para evaluar el rendimiento comparado con la placa Bitalino.

En relación con esta última placa mencionada, se puede diseñar un modelo en forma de casco donde puedan ubicarse los cables que esta tiene para disminuir la molestia que estos puedan causar mientras se conduce.

6 Conclusiones

A nivel mundial los accidentes de tránsito provocados por la somnolencia generan estadísticas significativas cada año y Panamá no escapa de esta realidad.

Utilizando la tecnología disponible en el mercado se pueden desarrollar proyectos enfocados a la prevención de accidentes de tránsito y los cambios en las ondas cerebrales de las personas son una forma para generar alertas mientras se conduce.

En la realización del proyecto se identificaron las tecnologías *hardware* y *software* necesarias para la lectura y procesamiento de ondas cerebrales y en base a estas se diseñó el prototipo de sistema inteligente para prevenir accidentes de tránsito utilizando estrategias de aprendizaje automático.

La implementación del algoritmo de bosques aleatorios arrojó mejores resultados en el nivel de precisión para predecir nuevas muestras, en comparación a los otros tres utilizados.

El prototipo construido alcanzó un nivel de precisión de un 82.05%, para predecir una nueva muestra en los estados de un conductor despierto, somnoliento y dormido.

Los resultados se pueden mejorar cambiando los parámetros de los algoritmos de ML.

La monitorización de ondas cerebrales que presenten variaciones mientras se conduce, pueden ayudar a la detección temprana del cansancio, lo cual, con la debida reacción del sistema, puede alertar al conductor y así prevenir un posible accidente.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la profesora María Luisa Vélez por apoyarnos en la adquisición de las tecnologías y en la realización del proyecto. Al doctor José Carlos Rangel por la orientación referente a temas de *machine learning*.

REFERENCIAS

- [1] M. S. Wang *et al.*, “Drowsy behavior detection based on driving information,” *Int. J. Automot. Technol.*, vol. 17, no. 1, pp. 165–173, 2016.
- [2] Instituto Nacional de Estadística y Censo, “Comentario,” 2018. [Online]. Available: <https://www.contraloria.gob.pa/inec/archivos/P8851CO-MENTARIOS-2017.pdf>. [Accessed: 16-Sep-2018].
- [3] Redacción web, “Choca y vuelca vehículo en la vía Transistmica, tras quedarse dormido al volante,” *Crítica Panamá*, Panamá, 03-Jan-2018.
- [4] V. E. Rodríguez, “Hombre pierde la vida al colisionar con un árbol en Santiago,” *Panamá América*, Panamá, 05-Aug-2018.
- [5] E. Rosales Mayor and J. R. De Castro Mujica, “Somnolencia: Qué es, qué la causa y cómo se mide,” *Acta Médica Peru.*, vol. 27, no. 2, pp. 137–143, 2010.
- [6] J. Vicente, P. Laguna, A. Bartra, and R. Bailón, “Drowsiness detection using heart rate variability,” *Med. Biol. Eng. Comput.*, vol. 54, pp. 927–937, 2016.
- [7] W.-B. Horng and C.-Y. Chen, “A Real-Time Driver Fatigue Detection System Based on Eye Tracking and Dynamic Template Matching,” *Tamkang J. Sci. Eng.*, vol. 11, no. 1, pp. 65–72, 2008.
- [8] E. Jeong, C. Oh, and I. Kim, “Detection of Lateral Hazardous Driving Events using In-vehicle Gyro Sensor Data,” *KSCE J. Civ. Eng.*, vol. 17, no. 6, pp. 1471–1479, 2013.
- [9] M. Kandemir, “Learning Mental States from Biosignals,” Aalto University, 2013.
- [10] M. Awad and R. Khanna, “Machine Learning,” in *Machine Learning*. In: *Efficient Learning Machines*, California: Apress, Berkeley, CA, 2015, pp. 1–18.
- [11] H. P. Da Silva, A. Lourenço, A. Fred, and R. Martins, “BIT: Biosignal Igniter Toolkit,” *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 115, no. 1, pp. 20–32, 2014.
- [12] NeuroSky, “MindWave Mobile,” 2004. [Online]. Available: <http://neurosky.com/>.
- [13] OpenBCI, “OpenBCI,” 2015. [Online]. Available: <http://openbci.com/>.
- [14] Emotiv, “EMOTIV EPOC,” 2011. [Online]. Available: <https://www.emotiv.com/>.
- [15] Biosignalsplux, “Electroencephalography (EEG) Sensor Data Sheet,” 2015. [Online]. Available: https://biosignalsplux.com/datasheets/EEG_Sensor_Data-sheet.pdf. [Accessed: 24-Sep-2018].
- [16] Raspberry Pi Foundation, “Installing operating system images - Raspberry Pi Documentation.” [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.org/documentation/installation/installing-images/README.md>. [Accessed: 13-Jun-2018].
- [17] M. Richardson and S. Wallace, *Getting Started with Raspberry Pi*. Maker Media, Inc, 2013.
- [18] R. Garreta and G. Moncecchi, *Scikit-learn: Machine Learning in Python*, vol. 12. 2013.
- [19] R. S. Zack, C. Tappert, and S.-H. Cha, “Performance of a long-text-input keystroke biometric authentication system using an improved k-nearest-neighbor classification method.” 2010.
- [20] T. Yu, J. Debenham, T. Jan, and S. Simoff, “Combine Vector Quantization and Support Vector Machine for Imbalanced Datasets,” in *Artificial Intelligence in Theory and Practice*, Springer US, 2006, pp. 81–88.
- [21] T. Keck, “FastBDT: A Speed-Optimized Multivariate Classification Algorithm for the Belle II Experiment,” *Comput. Softw. Big Sci.*, vol. 1, no. 1, p. 2, Nov. 2017.
- [22] Y. Zhou and G. Qiu, “Random Forest for Label Ranking,” vol. 112. 2018.
- [23] scikit-learn developers, “scikit-learn user guide Release 0.19.2,” 2018.
- [24] Paragon Internet Group Ltd, “Raspberry Pi Pinout,” 2015. [Online]. Available: <https://pinout.xyz>. [Accessed: 17-Jun-2018].

Análisis y caracterización de señales eléctricas del cerebro utilizando interfaz cerebro computador

Analysis and characterization of electrical signals of the brain using computer brain interface

Emmanuel Batista^{1*}, Sofía Serracín¹, Luis Gómez¹, Rodney Moreno¹, Iveth Moreno²

¹Licenciatura en Ingeniería Electromecánica, Centro Regional de Chiriquí– Universidad Tecnológica de Panamá

² Facultad de Ingeniería Eléctrica, Centro Regional de Chiriquí – Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen Los diferentes procesos de la actividad cerebral pueden percibirse como señales eléctricas. Algunas de ellas pueden generar potenciales en el cuero cabelludo. Estos potenciales pueden ser captados mediante un sistema de Electroencefalograma (EEG). En el caso de actividad motora (relacionada a movimientos de brazos, piernas y otros) se presenta actividad en las regiones motoras y sensoriales conocidas como ritmos sensoriomotores (SMR) en las bandas de frecuencia mu (8 a 12 Hz) y de una parte de la banda Beta (de 18 a 30 Hz), incluso, si es solo la imaginación del movimiento. Con esto en cuenta, el siguiente artículo busca la diferenciación e identificación de la intención del movimiento (imaginación motora), en base a los cambios de energía en las bandas de energía previamente mencionados y análisis topográfico, para establecer si esta actividad eléctrica es viable para generar outputs en sistemas de control a partir de ella.

Palabras clave BCI, imaginación motora, interfaz cerebro computador, ritmos sensoriomotores, SMR.

Abstract Different processes of cerebral activity can be perceived as electrical signals. Some of them can generate potentials over the scalp. These potentials can be captured through an electroencephalogram (EEG) system. In case it's motor activity (related to arm, legs and other limb movements), regions associated with motor and sensorial tasks present a variation in activity, called sensorimotor rhythms (SMR), and is observed in the mu (8 – 12 Hz) and part of Beta (18 – 30 Hz) band frequencies, even if it's only the movement imagination. The next article looks for the differentiation and identification of the movement intention (motor imagination), in base to the changes in energy of the bands previously mentioned and topographical analysis, to establish if this electrical activity is viable to generate outputs in control systems.

Keywords BCI, motor imagination, brain computer interface, sensorimotor rhythms, SMR.

* Corresponding author: emmanuel.batista@utp.ac.pa

1. Introducción

El cerebro en su actividad genera múltiples señales asociadas a procesos específicos (i.e. funciones diferentes) dependiendo de la región de generación [1], señales que pueden proyectarse como voltajes en el cuero cabelludo y que transmiten la intención del usuario [2]. Esta energía eléctrica puede ser registrada por un sistema de electroencefalograma (EEG). Este es el sistema de registro más utilizado en los sistemas de interfaz cerebro-computador (BCI, *brain computer interface*), no solo debido a que es de carácter no invasivo, sino también por ser menos costoso y más sencillo de implementar que otros [2]. Un sistema BCI, se define como un sistema en el que se crea una interfaz a partir de un elemento que adquiere

señales eléctricas del cerebro (e.g. EEG, ECoG, LFP, MEG u otras [2] [3] [4]) y un computador que mediante diferentes algoritmos procesa y traduce dichas señales para ser utilizadas como comandos de control en tiempo real en distintas aplicaciones [5]. La actividad generada por las distintas tareas mentales de un individuo tiene patrones dependiendo del tipo de proceso, que pueden ser identificados (i.e. se les puede extraer características) realizando análisis en diferentes dominios como el tiempo y la frecuencia, para encontrar relaciones como tiempos de ocurrencia de eventos específicos en la señal o una secuencia de estos eventos, entre otras características. Esto implica una gran cantidad de cálculos y, por ende, mucho tiempo de proceso en las computadoras (i.e. procesador).

Por esta razón el siguiente estudio explora la posibilidad de identificar actividad asociada a imaginación motora por medio del análisis de los ritmos sensoriomotores (SMR), los cuales están asociados a tareas motoras, buscando utilizar el promedio de la diferencia global de potenciales o energía acumulada en las bandas de frecuencia alfa y beta en μV^2 a intervalos discretos (e.g. 1-3 segundos) como característica, en conjunto con la identificación de las regiones de generación de potenciales, mediante el uso del sistema BCI de EEG Cyton de OpenBCI de 8 canales [6].

1.1 Los ritmos sensoriomotores (SMR)

Los ritmos sensoriomotores son señales oscilatorias en la corteza asociadas a procesos de actividad motora y sensorial como el movimiento o la imaginación del movimiento y se observa en ritmos μ (8 – 12 Hz) y beta (18 – 30 Hz). De forma general, cuando ocurre imaginación motora de un miembro (como un brazo) se refleja la actividad sensoriomotora en el hemisferio contralateral al miembro de interés. Esta actividad se manifiesta como un ERD (Desincronización relacionada a evento) [7], que es una disminución en la energía a una banda de frecuencia determinada en la posición específica de generación. Dentro de los ritmos μ los SMR tienen dos comportamientos para tener en cuenta, en donde presenta algunas variaciones en la actividad. De 8 – 10 Hz ocurre ante cualquier clase de comportamiento motor, y de 10 – 13 Hz la actividad ERD se restringe topográficamente a la zona de generación, mientras que dicha zona de generación es rodeada de ERS (Sincronización relacionada a evento), que contrario al ERD, es un aumento en el nivel de energía en la señal. En la banda Beta, se presenta igualmente ERD, pero posteriormente se observa actividad ERS [8], [9].

1.2 El sistema Cyton OpenBCI

El sistema Cyton de OpenBCI es una placa open-source diseñada con el fin de poder registrar actividad eléctrica corporal (e.g. actividad electroencefalográfica [EEG], eléctrica muscular o electromiográfica [EMG] y cardíaca [ECG]) para fines de demostración, desarrollo ingenieril o investigación [6] y [10]. En su aplicación para EEG el sistema registra potenciales eléctricos reflejados en el cuero cabelludo a partir de ocho electrodos sensores que se posicionan en diferentes regiones de generación de la cabeza. El sistema incluye una serie de *softwares* que permiten almacenar y procesar muestras, y configurar filtros y graficar las señales de cada electrodo de forma que pueda estudiarse esta actividad eléctrica [11]. Además, posee múltiples herramientas que permiten funciones como crear mapas topográficos de las señales (i.e. mapas de distribución de potenciales), determinar estados de concentración, entre otras funciones.

2. Métodos

2.1 Sujetos de estudio

Los sujetos seleccionados son tres individuos sin ninguna función motora o cerebral comprometida. Son adultos sanos pertenecientes a un proyecto de Interfaz Cerebro Computador.

2.2 Adquisición de data y procesamiento

La adquisición de los datos se realiza utilizando el equipo EEG de BCI de ocho canales de OpenBCI. Estos canales comprenden los electrodos FP1, FP2, C3, C4, P7, P8, O1 y O2, siguiendo el sistema 10 – 20 de la convención internacional [12]. Tras la adquisición de los datos, todos los datos relativos a un proceso específico asignado, son promediados y se obtienen sus desviaciones estándar.

2.3 Diseño del experimento y tarea

El sujeto se sienta en una posición ergonómica en una silla (figura 1), y se calibra inicialmente el sistema, de forma que los electrodos queden en contacto con el cuero cabelludo y se le aplica un filtro rechaza banda a las señales de los sensores, mediante el *software* de OpenBCI para extraer la interferencia de las señales de 60 Hz de la línea de alimentación. El usuario se sitúa frente a una pantalla sin moverse y realiza las indicaciones que se le indican en la pantalla por medio de símbolos, palabras y sonidos. Son dos videos, uno diseñado para realizar imaginación motora del levantamiento extendido del brazo izquierdo y otro video para el brazo derecho. La secuencia de instrucciones es la siguiente:

Inicialmente hay tres segundos de espera en que no se hace nada, donde se inicializa el experimento con imagen en la pantalla “Inicio del experimento”, proceden tres segundos de descanso en los cuales el sujeto cesa cualquier actividad consciente mental, con la palabra en pantalla “Descanso”. Le siguen tres segundos de imaginación del movimiento (brazo izquierdo o derecho dependiendo del video), el cual se muestra en la pantalla como una flecha en la dirección del brazo que debe moverse. Posteriormente tres segundos de parpadeo, indicados con la palabra “Parpadeo”. La secuencia activa (trial) de tres segundos para descanso, tres segundos para imaginación de movimiento y tres segundos de parpadeo anteriormente mencionada, se repite tres veces. Luego de tres repeticiones de dicha secuencia se cierran los ojos diez segundos para descansar la vista (en caso de personas que se le reseque rápidamente los ojos), mediante la orden en pantalla “Cierre los ojos”, al término de los diez segundos suena un pitido grave y de bajo volumen, que indica al usuario que abra los ojos. Se repite nuevamente la secuencia activa tres veces y ocurre otro período de diez segundos de descanso de la vista. Finalmente, la secuencia activa vuelve a ocurrir, pero solo una vez, sumando un total de diez trials y tras ello se indica en la pantalla “Fin del experimento”.



Figura 1. Calibración de los sensores EEG.

2.4 Análisis de energía en banda de frecuencia

Los ritmos en los cuales se refleja la actividad sensoriomotora útil para EEG son los mu, de 8 – 12 Hz y parte de los ritmos Beta de 18 – 30 Hz. Teniendo esto en cuenta, se puede enfatizar en disminuciones de energía como los ERD y de esta forma identificar la imaginación de movimiento del sujeto observando los niveles de energía a tales frecuencias y su distribución topográfica de actividad entre 10 – 13 Hz.

3 Resultados

Utilizando el sistema de OpenBCI, se obtuvieron mapas topográficos de la actividad EEG relacionada a la imaginación motora. En ellos, se observó de forma marcada el comportamiento de ERD en forma contralateral a la imaginación motora del miembro. Esto es, que en la región motora del hemisferio izquierdo cerebral se percibió un menor nivel de energía cuando se realizó imaginación del movimiento del brazo derecho (figura 2); y que en la región motora del hemisferio derecho cerebral se percibió un menor nivel de energía cuando se realizó imaginación del movimiento del brazo izquierdo (figura 3). Por otro lado, durante el intervalo de descanso se presentó simetría de potenciales entre hemisferios (figura 4).

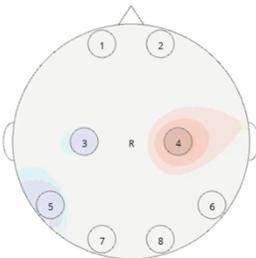


Figura 2. Mapa topográfico de la actividad: Imaginación motora, brazo derecho. Desincronización izquierda.

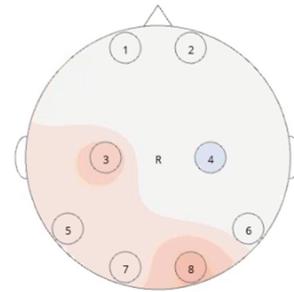


Figura 3. Mapa topográfico de la actividad: Imaginación motora brazo izquierdo. Desincronización derecha.

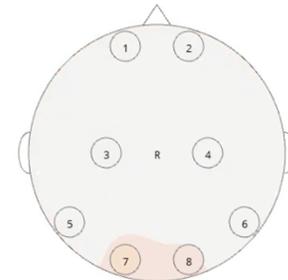


Figura 4. Mapa topográfico de la actividad: Descanso.

En cuanto al análisis en frecuencia, la energía de bandas demostró algunas diferencias esenciales entre las diferentes tareas cerebrales (descanso e imaginación motora).

En el proceso de imaginación motora, tanto el brazo izquierdo como el derecho presentaron una tendencia en la que Alfa tiene mayor nivel de Energía que Beta, como se observa en la figura 5a y figura 5b.

Por otro lado, en la tarea de descanso se observó que la banda Beta presentaba mayor nivel de energía que la banda Alfa (figura 5c).

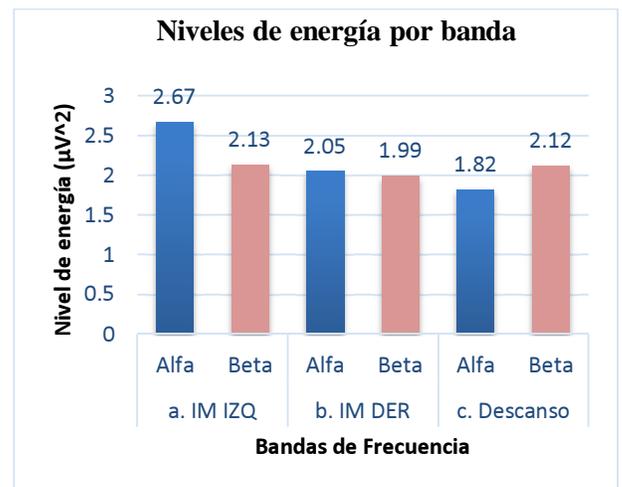


Figura 5. Niveles de energía por banda de frecuencia de: a. Brazo izquierdo. Desviación estándar en Alfa: 0.2376; Beta: 0.1068. b. Brazo derecho. Desviación estándar en Alfa: 0.2577; Beta 0.1894. c. Descanso. Desviación estándar en Alfa: 0.1206; Beta 0.1739.

4 Discusión

Muchos estudios realizados en el campo BCI buscan analizar la actividad SMR a partir del uso de porcentajes de sincronización y desincronización en las energías de banda [13]. Por otro lado, para este estudio se ha buscado una alternativa que utilice los potenciales sin una normalización previa y sin el uso de porcentajes, utilizando la interfaz gráfica de OpenBCI. De esta forma se pueden ahorrar recursos del procesador.

Si bien el estudio demostró ser viable, aún se encuentra en etapa de desarrollo, por lo que se espera realizar pruebas con una población mucho mayor para desarrollar un posterior estudio para aplicaciones prácticas con imaginación motora.

5 Conclusiones

- Se puede diferenciar en base a los análisis topográficos en que zona del cerebro se ve reflejada mayor y menor actividad, según el proceso de imaginación motora de cada brazo, mediante comportamiento de la desincronización contralateral.
- Los niveles de energía por bandas de cada una de las tareas muestran una tendencia a mayor magnitud en la banda Alfa (respecto a la Beta) en la imaginación motora de ambos brazos; por otro lado, en el descanso se observa un mayor nivel de energía en la banda Beta (respecto a Alfa).
- El uso de los niveles de energía de bandas para asociar a outputs (comandos) de sistemas de control, solo es viable realizando de forma conjunta, un análisis topográfico del comportamiento de los ERDs.

AGRADECIMIENTO

Estos estudios se realizan gracias a financiamiento de la SENACYT, dentro de la convocatoria I+D 2015 del proyecto BCI N° 86-2016-4IDDS15-0994, “Desarrollo de un sistema domótico basado en una interfaz cerebro-maquina para dar soporte a personas con movilidad reducida”.

Referencias

- [1] L. E. Miller y N. Hatsopoulos, «Neuronal Activity in Motor Cortex and Related Areas,» de *BCI Principles and Practices*, New York, Oxford University Press, 2012, p. 15.
- [2] P. L. Nunez, «Electric and Magnetic Fields Produced by the Brain,» de *BCI Principles and Practices*, New York, Oxford University Press, 2012, pp. 45-46.
- [3] R. Kristeva-Feige, C. Fritsch y J. T. Carl-HermanLücking, «Effects of attention and precision of exerted force on beta range EEG-EMG synchronization during a maintained motor contraction task,» *J. Clinical Neurophysiology*, vol. 113, n° 1, pp. 124-131, 2002.
- [4] T. Camilo, D. Günter, T. Robert, S. Susumu, K. Conrad y H. Mark, «Event-related desynchronization and movement related cortical potentials ECoG and EEG,» *J. Clinical Neurophysiology*, vol. 93, n° 5, pp. 380-389, 1994.
- [5] D. J. McFarland y J. R. Wolpaw, «EEG-based brain-computer interfaces,» *Curr. Opin Biomed*, vol. 4, pp. 194-200, 2017.
- [6] OpenBCI, «OpenBCI Shop,» [En línea]. Available: <https://shop.openbci.com/collections/frontpage/products/cyton-biosensing-board-8-channel?variant=38958638542>.
- [7] G. Pfurtscheller y A. Aranibar, «Evaluation of event-related desynchronization (ERD) preceding and following voluntary self-paced movement,» *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, vol. 46, n° 2, pp. 138-146, 1979.
- [8] G. Pfurtscheller, «Central beta rhythm during sensorimotor activities in man,» *Clin. Neurophysiol.*, vol. 51, n° 3, pp. 253-264, 1981.
- [9] C. Keinrath, S. Wriessnegger, G. R. Müller-Putz y G. Pfurtscheller, «Post-movement beta synchronization after kinesthetic illusion, active and passive movements,» *Int. J. Psychophysiol.*, vol. 62, n° 2, pp. 321-327, 2006.
- [10] OpenBCI, «Open Brain Computer Interface,» [En línea]. Available: <https://openbci.com/>.
- [11] OpenBCI, «OpenBCI Software,» [En línea]. Available: <http://docs.openbci.com/OpenBCI%20Software/00-OpenBCISoftware>.
- [12] American Electroencephalographic Society, «American Electroencephalographic Society Guidelines for Standard Electrode Position Nomenclature,» *Journal of Clinical Neurophysiology*, vol. 8, n° 2, pp. 200-202, 1991.
- [13] M. Tariq, L. Uhlenberg, P. Trivailo, K. S. Munir, and M. Simic, “Mu-beta rhythm ERD/ERS quantification for foot motor execution and imagery tasks in BCI applications,” *8th IEEE Int. Conf. Cogn. Infocommunications, CogInfoCom 2017 - Proc.*, vol. 2018-January, no. CogInfoCom, pp. 91-96, 2018.

Visualización y detección cuantitativa del cáncer de piel utilizando sensores de temperatura por resistencia

Quantitative visualization and detection of skin cancer using resistance temperature sensors

Raul E. Franceschi F.^{1*}, Marlen Elisa¹, Veleiro Herrera², Haydée Osorio³

¹ Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica de Panamá

² Licenciatura en Ingeniería Naval, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica de Panamá

³ Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen FUNDACÁNCER indica que el cáncer de piel ocupa el cuarto lugar entre los de mayor incidencia en Panamá. Al investigar los métodos de diagnóstico actuales, se ha descubierto que todavía es una prueba puramente cualitativa, basada únicamente en la inspección visual. Después de un efecto de enfriamiento sobre la epidermis, las lesiones benignas tienen una recuperación térmica similar a la piel normal, mientras que la recuperación térmica de la lesión maligna se termoregula en un intervalo de tiempo menor. El objetivo principal es diseñar un dispositivo costo efectivo para añadir un valor cuantitativo a los métodos actuales mediante el contacto físico sobre la piel.

Palabras clave Cáncer de piel, melanoma, efecto de enfriamiento, termoregulación, matriz de termistores, mapa térmico, valor cuantitativo.

Abstract FUNDACÁNCER indicates that skin cancer ranks fourth among the highest incidence in Panama. By investigating current diagnostic methods, it has been discovered that it is still a purely qualitative test, based solely on visual inspection. After a cooling effect on the epidermis, the benign lesions have a thermal recovery similar to normal skin, while the thermal recovery of the malignant lesion is thermoregulated in a shorter time interval. The main objective is to design a cost-effective device to add a quantitative value to current methods through physical contact on the skin.

Keywords skin cancer, melanoma, cooling effect, thermoregulation, thermistors matrix, heat map, quantitative value.

* Corresponding author: raul.franceschi@outlook.com

1. Introducción

En los últimos años se ha dado un aumento en la tasa del cáncer de piel. En América Latina se presenta en los países que se encuentran cerca de la línea ecuatorial, de los cuales Panamá forma parte. La causa aparenta ser obvia, mayor exposición en tiempo y en intensidad a los rayos ultravioletas durante la exposición al sol en las playas, piscinas y días de campo. Sin embargo, no se toma en cuenta la exposición que se tiene durante las actividades cotidianas [1].

En la culminación de la XV Campaña de Prevención y Detección Temprana del Cáncer de Piel, organizada por la Fundación Pro Enfermos del Cáncer (FUNDACÁNCER) con el apoyo de la Asociación Panameña de Dermatología y de la Dra. Rosa España de Villanueva, jefa de la clínica de piel Irene Escoffery del Instituto Oncológico Nacional, de un total de 259 casos atendidos, 48 casos fueron detectados con cáncer de piel [2].

Luego del desarrollo de la jornada “Soy Skin Checker” del laboratorio La Roche-Posay, con el apoyo de otros laboratorios

tales como: Sesderma, Siedfried, Cantabria, Roemmers, Bioderma, Avene, Quimifar y Suiphar; la directora ejecutiva de FUNDACÁNCER, Alexandra Castro Novey, en el acto de cierre de la XVI campaña, expresó que de 1,069 personas atendidas, lograron detectar 109 casos de cáncer de piel [3].

En el 2018, con el apoyo de la Dra. M. Quelquejeu, Dr. R. Villanueva, Dra. D. Tejada, Dr. J. González, Dr. F. Díaz, Dra. G. Archbold y Dra. S. Sánchez, médicos que formaron parte de la XVII campaña, se dió una detección de 17 nuevos casos de cáncer de piel de un total de 328 personas atendidas [4].

A partir de estos resultados, FUNDACÁNCER indica que el cáncer de piel ocupa el cuarto lugar entre los de mayor incidencia en el país, el cual es superado por el de próstata, mamá y cérvico uterino. Por lo tanto, el cáncer de piel es uno de los tumores más frecuentes en Panamá.

2. Planteamiento del problema

Panamá es un país en el cual, prácticamente, hay sol los 365 días del año; en consecuencia, la importancia de protegerse de

los efectos nocivos del mismo es todavía mayor. El sol y sus efectos son un factor de riesgo en el desarrollo anormal de lunares y manchas en la piel, que luego pueden tornarse en afecciones graves como el melanoma o el cáncer de piel.

El melanoma es inofensivo si se detecta temprano; sin embargo, todavía reclama cientos de miles de vidas alrededor del mundo anualmente. La investigación de clínicas en los EE.UU. muestra que solo alrededor de 1 de 50 biopsias de la piel en realidad tenían cáncer. Estos dos factores significan que el melanoma se diagnostica erróneamente y, a menudo, se detecta demasiado tarde. Al investigar los métodos de diagnóstico actuales se ha descubierto que todavía es una prueba puramente cualitativa, basada únicamente en la inspección visual.

Esta es la razón por la cual se está innovando con nuevas tecnologías para la rápida detección de melanomas, especialmente herramientas no invasivas de diagnóstico tales como la dermatoscopia [5]. La dermatoscopia permite identificar estructuras de la piel no identificables a simple vista. Datos precisos sobre la temperatura del cuerpo humano y la piel pueden proporcionar una gran cantidad de información sobre los procesos responsables de la termorregulación, en particular sobre la desviación de las condiciones normales, a menudo causada por la enfermedad.

C. Herman y M. P. Cetingul en el 2010 desarrollaron una técnica de visualización y detección cuantitativa del cáncer de piel utilizando imágenes térmicas dinámicas, en otras palabras, llegaron a la conclusión de que la actividad metabólica de la lesión puede ser detectada por imágenes infrarrojas. Su método demostró que los melanomas se pueden identificar en una etapa temprana al medir una respuesta transitoria térmica de la piel después de aplicar una excitación de enfriamiento.

Con base en las imágenes térmicas dinámicas, observaron una diferencia de temperatura durante la recuperación térmica en la región de la lesión maligna, mientras que las lesiones pigmentadas benignas exhibieron una recuperación térmica similar a la piel sana circundante. Esto sugiere que las lesiones benignas tienen una recuperación térmica similar a la piel normal, mientras que la recuperación térmica de la lesión maligna es diferente [6].

Esta técnica de imágenes térmicas dinámicas ofrece ventajas e inconvenientes, representa un compromiso entre la eficacia y la precisión frente a la facilidad de uso y el costo. Por lo tanto, el objetivo principal de esta investigación es diseñar un dispositivo costo efectivo para añadir un valor cuantitativo a los métodos actuales mediante el contacto físico sobre la piel; con el fin, de optimizar su precisión y disminuir el descubrimiento tardío de los melanomas.

3. Diseño del prototipo

El propósito principal del dispositivo es ayudar a los médicos para detectar melanomas mediante la creación de un mapa térmico de la región de interés en la piel. Proporcionar

una medida cuantitativa para mejorar el método de diagnóstico, el cual es puramente cualitativo e ineficiente.

El diseño consiste en un transductor, un convertidor analógico-digital y un procesador de *software*. El transductor es una matriz 2X2 de termistores que son colocados en la piel con el propósito de tomar medidas de la temperatura corporal en tiempo real.

Como transductor se utilizó el sensor de temperatura por resistencias denominado DHT22, el cual es un sensor digital de temperatura que utiliza un termistor para medir la superficie de la piel. Este transmite una señal digital a 0.5 Hz cada 2 segundos, y realiza lecturas de temperatura desde los -40°C hasta los 80°C con $\pm 5^\circ\text{C}$ de precisión [7].

A medida que la temperatura de cada termistor varía, el voltaje a través del circuito cambia, enviando una señal a través de un circuito de acondicionamiento para filtrar y ampliar la señal antes de ser digitalizada por un microcontrolador.

El microcontrolador consiste en un *Arduino Uno*, el cual es una placa basada en ATmega328P. Tiene 14 pines digitales de entrada/salida (de los cuales seis se pueden usar como salidas PWM), seis entradas analógicas, un cristal de cuarzo de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación y un botón de reinicio [8].

La señal captada por el *Arduino Uno* se envía a MATLAB a través de comunicación serial para ajustarse a las curvas paramétricas del termistor [9].

Inicialmente los sensores realizan un reconocimiento para determinar la temperatura del ambiente. Finalizado el reconocimiento, inicia la primera etapa que consiste en tomar diez muestras con cada sensor durante 40 segundos para determinar la temperatura promedio de la piel.

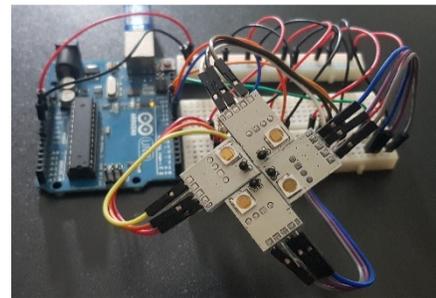


Figura 1. Prototipo para la detección del cáncer de piel.



Figura 2. Lesión pigmentada en el codo del paciente.

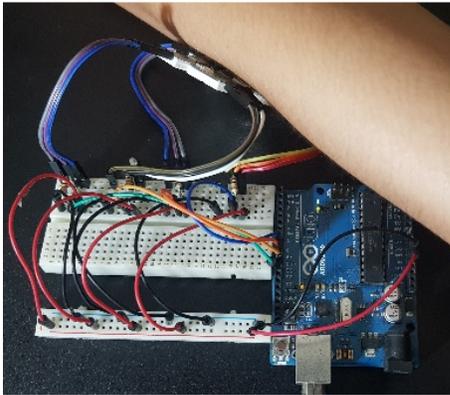


Figura 3. Validación experimental del prototipo.

En la tabla 1 se muestran los valores censados por los cuatros termistores. Analizando los resultados, se determina que la variación de las medidas no es considerable; por lo tanto, podemos inferir que el margen de error en la precisión es insignificante.

TABLA 1. Muestras captadas por la matriz de termistores durante la fase inicial

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T ₁	33.6	33.8	34.3	34.3	33.7	34.0	34.4	34.5	33.7	34.0
T ₂	34.5	34.5	33.8	34	34.5	34.6	33.8	34.1	34.6	34.6
T ₃	33.9	34.1	34.6	34.7	33.9	34.2	34.6	34.7	33.9	34.2
T ₄	34.6	34.8	34.0	34.2	34.7	34.8	34.0	34.2	34.7	34.8

Posteriormente, en tiempo real, el *software* muestra la obtención de los valores de la temperatura y un mapa térmico que refleja los valores promedio obtenidos por los sensores. El objetivo del mapa de calor es que se puedan interpretar con sencillez las zonas de mayor temperatura.

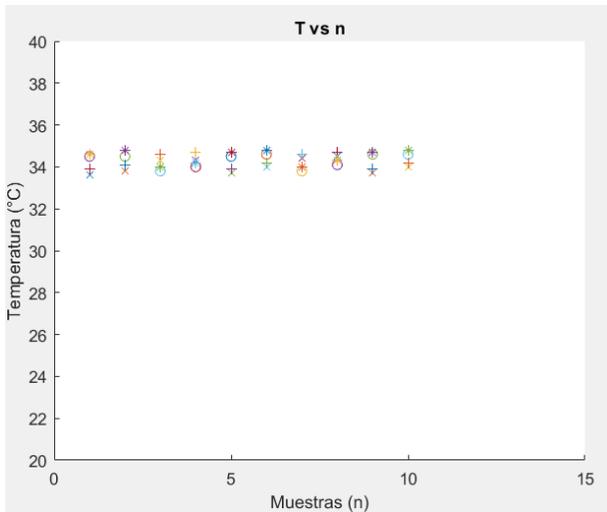


Gráfico 1. Muestras captadas por la matriz de termistores en tiempo real.

Al analizar los datos obtenidos, el prototipo logra su objetivo; captar datos de la temperatura de la piel con

precisión. Por consiguiente, se asimila a los dispositivos que analizan lesiones en la piel.

4. Funcionamiento

La fase inicial consiste en monitorear con la matriz de termistores la temperatura del recinto donde se realizarán los exámenes y la superficie de la piel donde está ubicada la lesión pigmentada del paciente.

El protocolo para capturar datos al utilizar los termistores inicia al realizar una medición con los sensores de temperatura por resistencia DHT22. Los datos son almacenados y procesados para generar un mapa térmico de la región de interés.

En la segunda fase, el área de la piel que contiene la lesión se enfría durante 60 segundos. Después del proceso de enfriamiento, se retira la herramienta para permitir que la piel se termoregule durante dos a tres minutos al ser expuesta a la temperatura ambiente. Durante la fase de recuperación, se realizan mediciones nuevamente y los datos son almacenados y procesados en MATLAB.

En la última etapa, el mapa térmico de la dos fases se evalúa con el fin de obtener la distribución de la temperatura de la región de interés, y se analizan los valores de las temperaturas sensadas por los termistores para determinar cuáles mostraron una diferencia de temperatura significativa durante los minutos en los cuales se aplica la prueba, para una posterior toma de decisiones por parte de los dermatólogos.

5. Modelo matemático

El desarrollo del modelo matemático es de suma importancia en el estudio de problemas médicos. En esta sección se describirá el modelo computacional en el cual se ha de simular un melanoma maligno. El volumen de control fue diseñado según las respectivas especificaciones propuestas utilizando el *software* de diseño asistido por computadora Inventor Professional [10].

La lesión seleccionada para este estudio consiste en un melanoma maligno invasivo. La lesión es superficial tipo de ensanchamiento Breslow con un nivel Clark II. La profundidad del tumor está directamente relacionada con el pronóstico del melanoma. Los tumores más gruesos tienen un mayor acceso a los vasos linfáticos; por lo tanto, pueden llegar a hacer metástasis.

El Breslow describe la profundidad de la penetración de un melanoma en la piel. El nivel de Clark es un sistema de clasificación que describe el nivel de invasión anatómica del melanoma, el nivel II significa que el melanoma ha invadido la segunda capa de la piel, la dermis [11].

El tejido de la piel se modela en cinco capas, vistas desde la superficie son: epidermis, dermis papilar, dermis reticular, capa de grasa y músculo. Estas capas son caracterizadas por un conjunto de propiedades termofísicas, las cuales son necesarias para modelar los procesos de transferencia de calor en la piel humana. Estas propiedades, así como los espesores de las capas

de la piel se resumen en la tabla 1. La ecuación diferencial de biocalor descrita por Pennes [12] se usa para describir la distribución de temperatura en cada una de las cinco capas de tejido para ($n = 1, 2, 3, 4, 5$):

$$q_n c_n \frac{\partial T_n}{\partial t} = k_n \nabla^2 T_n + \rho_b c_b \omega_b (T_b - T_n) + Q_n \quad (1)$$

$$h_{n-1} < y < h_n, h_0 = 0$$

Donde ρ, C, T, k y Q denotan la densidad del tejido, el calor específico del tejido, la temperatura del tejido, la conductividad térmica del tejido y la generación de calor metabólico por unidad de volumen, respectivamente. ρ_b, C_b, T_b y ω_b representan la densidad de la sangre, el calor específico de la sangre, la temperatura de la sangre arterial y la tasa de la perfusión de la sangre, respectivamente.

TABLA 2. Espesor de las capas y propiedades termofísicas

	h	C	k	ρ	ω_b	Q
Epidermis	0.1	3589	0.235	1200	0	0
Dermis papilar	0.7	3300	0.445	1200	0.0002	368.1
Dermis reticular	0.8	3300	0.445	1200	0.0013	368.1
Grasa	2	2674	0.185	1000	0.0001	368.3
Músculo	8	3800	0.51	1085	0.0027	684.2
Lesión	-	3852	0.558	1030	0.0063	3680

La ecuación (1) se resuelve mediante la imposición apropiada de condiciones de contorno en la superficie de la piel, y para la temperatura y flujo de calor en cada capa de la piel. Además se consideró un enfriamiento de la superficie de la piel y una posterior recuperación térmica de la lesión y el tejido sano circundante.

Para lograr esto se asume que para $t < 0$ están presentes las condiciones de estado estacionario del tejido y la superficie superior de la piel está expuesta a la condición de contorno a convección natural. Esta solución de estado estacionario sirve como la condición inicial para estudiar los efectos del enfriamiento y recuperación térmica durante la fase de enfriamiento.

En la simulación, la piel se enfría durante un minuto, después de un minuto, la condición de contorno constante de temperatura se retira y la superficie de la piel es nuevamente expuesta a convección natural con el fin de que se permita que la piel regrese a su temperatura original. Este procedimiento se denomina termoregulación [13].

El software matemático MATLAB fue utilizado en el análisis para resolver el modelo matemático. Se utiliza la herramienta de ecuaciones diferenciales parciales para emplear las técnica de elementos finitos con el fin de resolver las ecuaciones diferenciales acopladas para las cinco capas de la piel sometidas a apropiadas condiciones de contorno [14].

6. Resultados

Como volumen de control se consideró un sólido de $15 \times 12 \times 10.5 \text{ mm}$ el cual replica un fragmento de la piel. Incrustado en el sólido coexiste un melanoma maligno invasivo de 2 mm de diámetro y 0.5 mm de profundidad.

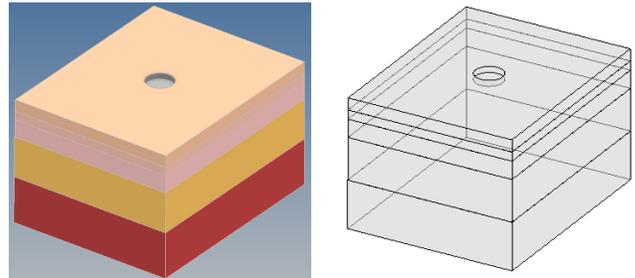


Figura 5. Diseño del volumen de control en Inventor Professional y exportado a MATLAB.

La solución propuesta por MATLAB para la ecuación de calor se da por métodos numéricos al discretizar el sólido por elementos finitos, para esto es necesario el planteamiento de una malla basada en triangulaciones.

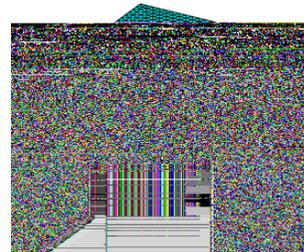


Figura 6. Mallado del sólido basado en triangulaciones.

Las cuatro paredes del sólido se asumen como adiabáticas, la parte superior del volumen se encuentra con un flujo de calor convectivo dado por $q_{conv} = h(T_\infty - T)$ donde q_{conv} es el flujo de calor disipado por la superficie, T_∞ es la temperatura del medio igual a 297 K , T es la temperatura promedio de la superficie de la piel igual a 303 K y h es el coeficiente convectivo, dado por el caso de estudio, es igual a $10 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. La parte inferior del volumen se mantiene en un estado estacionario a una temperatura de 310 K (temperatura de la sangre).

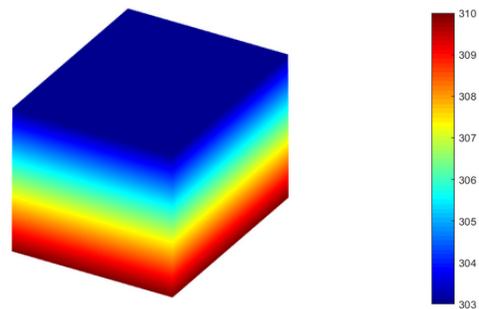


Figura 7. Análisis térmico del volumen de control para condiciones iniciales.

Dado que el tumor no se puede detectar sin el efecto de enfriamiento, el área de la piel que contiene la lesión se enfría durante un minuto. En esta segunda etapa se cambia la condición de frontera en la superficie del volumen de control a una temperatura constante de 286K con el motivo de simular el enfriamiento aplicado a la lesión.

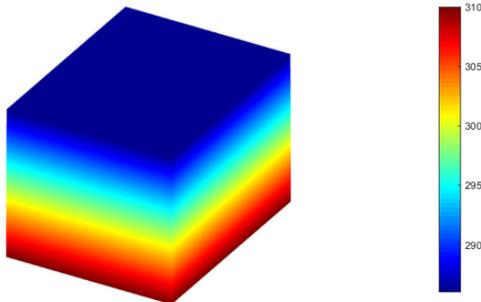


Figura 8. Análisis térmico del volumen de control durante el efecto de enfriamiento.

En la simulación de la etapa de recuperación, se plantean las condiciones de la primera etapa con la diferencia de que las condiciones iniciales de distribución de temperatura son las obtenidas por la segunda etapa.

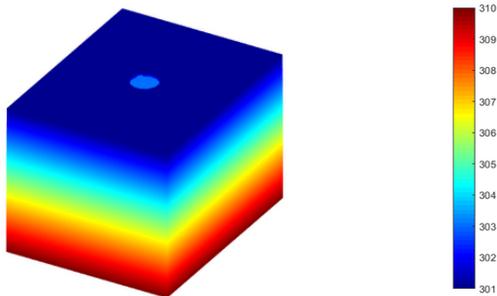


Figura 9. Análisis térmico del volumen de control después de la termorregulación.

La simulación muestra una significativa diferencia de temperatura entre el tejido sano y el centro de la lesión durante la recuperación térmica (figura 5). Este resultado apoya la hipótesis de que el aumento de la actividad metabólica de la lesión del melanoma puede ser detectado por termistores, puesto que la diferencia en la respuesta térmica entre el tejido sano y el maligno es significativa.

La respuesta de la lesión maligna en la fase de termorregulación muestra una temperatura de 304K; en cambio, el tejido sano presenta una temperatura promedio de 301K. Esto indica que el melanoma se termoregula en un intervalo de tiempo menor que la piel sana.

7. Conclusiones

Los resultados muestran que la respuesta térmica proporciona información valiosa, el tiempo de la

termorregulación es crítico para la identificación de los parámetros claves de la lesión.

El diseño, que se basa en el contacto físico con termistores, en comparación con el método de detección por imágenes térmicas dinámicas, es una alternativa de bajo costo para la posible detección de melanomas en la piel.

Gracias al tipo de termistores económicos empleados, el prototipo está diseñado para obtener con precisión diferencias de hasta 0.6 grados debido a su factor de precisión de $\pm 0.5\%$.

En consecuencia, demostramos que es útil para tomar medidas precisas de la temperatura corporal en la dermis con el fin de lograr la detección del cáncer de piel utilizando la metodología de enfriamiento del área de interés de la piel.

Por lo tanto, así como se puede medir la actividad metabólica de un melanoma por imágenes térmicas dinámicas, la lesión puede llegar a ser detectada por nuestro prototipo basado en sensores de temperatura por resistencia.

8. Planes Futuros

El objetivo es optimizar el prototipo, con el fin de iniciar pruebas médicas a pacientes para validar el funcionamiento del dispositivo según la simulación realizada, a fin de que el dispositivo llegue a ser validado como una herramienta de bajo costo para contribuir al diagnóstico del cáncer de piel.

Además, se investigará en qué otras regiones del cuerpo el dispositivo puede ser utilizado para detectar de manera cuantitativa el cáncer; por ejemplo, las tiroides, la cual es una glándula ubicada en el cuello.

REFERENCIAS

- [01] Mayo, M. "Cáncer de piel, ¿cómo prevenirlo?" Ministerio de Salud de la República de Panamá. [Online]. Disponible en: <http://minsa.gob.pa/noticia/cancer-de-piel-como-prevenirlo> [2018].
- [02] Castro A. "Cierre de la XV Campaña de Concienciación, Prevención, Detección Temprana del Cáncer de Piel y Melanoma". Instituto Oncológico Nacional. [Online]. Disponible en: <http://www.ion.gob.pa/cierre-de-la-xv-campana-de-concienciacion-prevencion-deteccion-temprana-del-cancer-de-piel-y-melanoma-2016/> [2016].
- [03] Castro A. "Culmina XVI Campaña de Prevención y Detección Temprana del Cáncer de Piel". FUNDACÁNCER. [Online]. Disponible en: <https://www.fundacancerpanama.org/culmina-xvi-campana-de-prevencion-y-deteccion-temprana-de-cancer-de-piel/> [2017].
- [04] Castro A. "Cierre XVII Campaña de Prevención y Detección Temprana del Cáncer de Piel". FUNDACÁNCER. [Online]. Disponible en: <https://www.fundacancerpanama.org/cierre-xvii-campana-de-prevencion-y-deteccion-temprana-de-cancer-de-piel/> [2018].
- [05] Gellet A., Swetter S., Brooks K., Demierre M. y Yaroch A. "Screening early detection and trends for melanoma: current status and future directions". *JAAD*, 57(4), 555-572. (2007)
- [06] Herman C. y Centigul M. P. Visualización y detección cuantitativa de cáncer de piel utilizando imágenes térmicas dinámicas. *J. Vis. Exp.*, 51(2679), 1-4. (2011)

- [07] Adafruit. DHT22 temperature-humidity sensor + extras. Adafruit. [Online]. Disponible en: <https://www.adafruit.com/product/385> [2018]
- [08] Arduino. "Arduino IDE 1.8.7". [Software]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>.
- [09] Mathworks Inc. (2018). "MATLAB r2018b" [Software]. Disponible en: https://la.mathworks.com/academia/student_version.html?s_tid=hp_ff_p_studen.t
- [10] Autodesk Inc. (2018). "Inventor Professional 2018" [Software]. Disponible en: <https://www.autodesk.com/education/free-software/inventor-professional>.
- [11] F.I. Greene, C.C. Compton, A.G. Fritz, J.P. Shah, D.P. Winchester. "Melanoma of the Skin". AJCC Cancer Staging Atlas Part V. Springer, pp. 207-216. (2006).
- [12] H. H. Pennes. "Analysis of tissue and arterial blood temperature in the resting human forearm". J. Appl. Physiol. 1. 93-122. (1948).
- [13] M. Pirtini Centigul, C. Herman, R.M. Alani. "A heat transfer model of skin tissue for the detection of lesions: sensitivity analysis". Phys. Med. Biol. 55. 5933-5951. (2009).
- [14] MathWorks Inc. (2018). Partial Differential Equation Toolbox for Thermal Analysis (3.0) [Toolbox]. Disponible en: <https://la.mathworks.com/products/pde.html?requestedDomain>.

Prototipo de caja de curado inicial para muestras de cilindros de concreto

Prototype of the initial curing box for samples of concrete cylinders

Juleidys Vergara¹, María Gutiérrez¹, Randy Hernández¹, Carlos Pérez¹, Francisco Cedeño^{2*}
¹Licenciatura en Ingeniería Civil, Centro Regional de Azuero, Universidad Tecnológica de Panamá
²Facultad de Ingeniería Civil, Centro Regional de Azuero, Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen El proceso de curado de cilindros de concreto debe estar regido por los estándares establecidos por la ASTM (American Standards for Testing Materials) y la FHA (Federal Highway Administration). Actualmente varios laboratorios que ofrecen el servicio de curado incumplen en ciertos aspectos. “Curado inicial: Inmediatamente después del moldeado y el acabado, las muestras se deben almacenar durante un período de hasta 48 horas en un rango de temperatura de 16 a 27 ° C [60 a 80 ° F] y en un ambiente que impida la pérdida de humedad del espécimen” [1]. De acuerdo con la ASTM, es posible plantear diferentes procedimientos siempre y cuando se satisfagan dichas observaciones. Nuestro proyecto pretende solucionar ciertos aspectos incumplidos en las prácticas comunes en el muestreo de cilindros de concreto, mediante un prototipo para el curado inicial del concreto que permita mantener los especímenes en un rango de temperatura aceptable y que permita llevar a cabo un buen curado de los cilindros, ya sea en unas instalaciones fijas o en sitio. El prototipo consiste en el aislamiento de los cilindros de concreto en una caja de almacenamiento conectada a una unidad de enfriamiento con celdas de peltier alimentado por una fuente y manejado por un microcontrolador de temperatura. Buscando que el concreto durante su fraguado mantenga una temperatura adecuada para obtener la resistencia de diseño, ya que “Diferentes autores han documentado una ligera tendencia a la disminución de la resistencia a compresión a largo plazo cuando aumenta la temperatura de curado, además de la posibilidad de que se produzca microfisuración”[4].

Palabras clave Curado, concreto, humedad, restricciones, norma, resistencia, sistema de enfriamiento.

Abstract The process of curing concrete cylinders must be governed by the standards established by the ASTM (American Standards for Testing Materials) and the FEA (Federal Highway Administration). Currently there are several laboratories that offer the curing service fail in certain aspects. [1] "Initial Curing: Immediately after molding and finishing, samples should be recorded for a period of 48 hours in a temperature range of 16 to 27 ° C [60 to 80 ° F] and in an environment that prevents the loss of moisture of the specimens ". According to the ASTM, it is possible to raise different procedures as long as those observations are satisfied. Our project addresses the needs of the incubators in the common practices in the sampling of concrete cylinders, by means of a prototype for the initial curing of the concrete that allows keeping the specimens in an acceptable temperature range and that allows to carry out a good Cylinder curing service, either in fixed installations or on site. The prototype consists of the isolation of the concrete cylinders in a storage box connected to a cooling unit with pellet cells powered by a source and operated by a temperature microcontroller. For the resistance of the resistance to humidity, the difference in resistance to the temperature of its resistance that occurs microcracking. "[4]

Keywords Curing, concrete, humidity, restrictions, norm, resistance, cooling system.

* Corresponding author: franciscocedeno3@gmail.com

1. Introducción

“El concreto es una mezcla de arena, grava, roca triturada, u otros agregados unidos en una masa rocosa por medio de una pasta de cemento y agua. En ocasiones, uno o más aditivos se agregan para cambiar ciertas características del concreto, tales como la ductilidad, durabilidad y tiempo de fraguado. Al igual que la mayoría de los materiales pétreos, el concreto tiene una

alta resistencia a la compresión y una muy baja resistencia a la tensión” [1].

El concreto juega un papel esencial en historia de la construcción. En un principio cuando el hombre inició a levantar edificaciones mediante materiales como la arcilla o pétreos, aparece como exigencia la formación de pastas que mantuvieran unidos los elementos y dieran lugar a estructuras estables.

Existen aspectos con los que un buen concreto debe cumplir dependiendo a las especificaciones para las que será aplicado como la resistencia, durabilidad y manejabilidad. Es muy importante tomar en cuenta que una fase fundamental para obtener un concreto ideal es la fase de curado inicial.

Las pruebas estándares de medición de hormigón indicadas por la ASTM (American Standards for Testing Materials) establecen un rango de temperatura para las muestras de 16 a 27 °C y para mezclas con resistencias superiores a 6000 psi, temperaturas entre 20 y 26 °C, especifica en la norma ASTM C31 / C31M-18a en el punto 10.1.2 de la misma, el curado inicial, “Inmediatamente después del moldeado y el acabado, las muestras se deben almacenar durante un período de hasta 48 horas en un rango de temperatura de 16 a 27 °C [60 a 80 °F] y en un ambiente que impida la pérdida de humedad del espécimen. Para mezclas de concreto con una resistencia especificada de 40 MPa [6000 psi] o superior, la temperatura de curado inicial debe estar entre 20 y 26 °C [68 y 78 °F]” [1]. Estos parámetros deben ser verificados *in situ*. Al comprobar que las condiciones del concreto cumplen con los parámetros establecidos, nos encontramos que el costo de las pruebas es elevado. Este proyecto tiene como objetivo, regular la temperatura a la que serán sometidas las muestras y obtener una unidad transportable, aplicando los principios necesarios para lograr dichas condiciones a un costo más accesible.

El curado inicial a los cilindros de concreto, no solo lo recomienda ASTM (American Standards for Testing Materials), sino, que lo recomienda también la [3] FHA (Federal Highway Administration), como parte de las prácticas comunes en el muestreo de cilindros de concreto.

2. Alternativas

“Varios procedimientos se pueden usar durante el período de curado inicial para mantener las condiciones de humedad y temperatura especificadas. Se debe usar un procedimiento apropiado o combinación de procedimientos (Nota 7). Proteja todas las muestras de la luz solar directa y, si se usan, dispositivos de calefacción radiante. La temperatura de almacenamiento se controlará mediante el uso de dispositivos de calefacción y refrigeración, según sea necesario. Registre la temperatura usando un termómetro de máximo a mínimo. Si se usan moldes de cartón, proteja la superficie exterior de los moldes del contacto con arpillera húmeda u otras fuentes de agua.

Se puede crear un ambiente de humedad satisfactorio durante el curado inicial de las muestras mediante uno o más de los siguientes procedimientos: (1) sumergir inmediatamente las muestras moldeadas con tapas de plástico en agua saturada con hidróxido de calcio, (2) almacenar en cajas de madera o estructuras, (3) coloque en fosas de arena húmedas, (4) cubra con tapas de plástico removibles, (5) coloque dentro de bolsas

de plástico, o (6) cubra con láminas de plástico o placas no absorbentes si se toman medidas para evitar el secado y la arpillera húmeda es utilizado dentro del recinto, pero se evita que la arpillera entre en contacto con las superficies de hormigón. Se puede controlar un entorno de temperatura satisfactorio durante el curado inicial de las muestras mediante uno o más de los siguientes procedimientos: (1) uso de ventilación, (2) uso de hielo, (3) uso de dispositivos de calefacción o enfriamiento controlados por termostato, o (4) uso de métodos de calentamiento tales como estufas o bombillas. Se pueden usar otros métodos adecuados siempre que se cumplan los requisitos que limitan la temperatura de almacenamiento de la muestra y la pérdida de humedad” [1].

3. Materiales y Métodos

La unidad de la caja de curado inicial del concreto está formada por cuatro componentes: sistema de enfriamiento, registro de datos de temperatura, poder o fuente y la cámara de almacenamiento de cilindros.

3.1 Enfriamiento

Consta de disipadores de calor de aluminio, cuatro celdas de *peltier*, cables eléctricos, caja de madera de 30x30x30 cm, cuatro reglitas de madera de 1x1x30 cm, cuatro ventiladores de computadoras, cola blanca, gel térmico, conectores eléctricos de 2”, microcontrolador de temperatura, tornillos, tuercas, esquineras de acero.

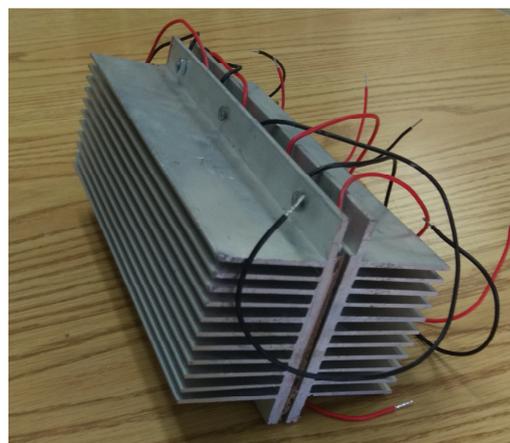


Figura 1. Unidad de enfriamiento.

El sistema de enfriamiento es de madera de 30x30x30 cm. Esto se ubica en un compartimiento intermedio cerrado dentro de la caja de madera. En esta sección se colocan unidades de enfriamiento y extractores de calor. La unidad de enfriamiento está formada por dos disipadores de calor de aluminio y cuatro celdas de *peltier* unidas con gel térmico. Esto se ubica en un compartimiento intermedio cerrado dentro de la caja de

madera. Los ventiladores y extractores son ubicados de manera que permitan conducir el aire frío del sistema de enfriamiento hacia la cámara de almacenamiento de cilindros y para expulsar el aire caliente del sistema de enfriamiento hacia el exterior o viceversa.



Figura 2. Prototipo de unidad de enfriamiento y microcontrolador de temperatura y encendido.

3.2 Registro de datos de temperatura

Consta de un dispositivo que mide la temperatura y la guarda en una memoria con capacidad para 16000 lecturas con un rango que puede variar entre $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $85\text{ }^{\circ}\text{C}$, para verificar que la misma se mantiene en el rango de valores especificados por la norma antes mencionada.

3.3 Poder

Consta de una batería de carga profunda “Las baterías de ciclo profundo son diferentes que las baterías automotrices plomo-acido. Las baterías de coche no deben ser utilizadas en sistemas de energías renovables. Las placas de una batería de automóvil son delgadas, lo que permite tener más placas dentro de una batería y por tanto más superficie de contacto. La extensa superficie permite una mayor descarga necesaria para arrancar un vehículo. La construcción de una batería de ciclo profundo se hace con placas más gruesas las cuales pueden retener la carga durante largos períodos de tiempo con una descarga continua y regulada” [2], con el equipo de registro de datos de temperatura se tomaron lecturas a un juego de 6 cilindros sin hacer ningún tipo de curado inicial para determinar aproximadamente el tiempo que deben trabajar los equipos de enfriamiento y así calcular el tamaño de la batería requerida, las cuales estuvieron por debajo de la temperatura máxima permitida alrededor de una hora y media según la gráfica 1 durante un periodo de medición de más de 25 horas.

3.4 Almacenamiento de cilindros

Materiales: carriolas, paredes de poliestireno recubiertas de aluminio, ángulos de acero, soldadura 6011. La misma contendrá las muestras cilíndricas de concreto aislándolas del ambiente exterior y ayudando a controlar la temperatura del aire que rodea a las muestras.



Figura 3. Base de la unidad de almacenamiento de cilindros.

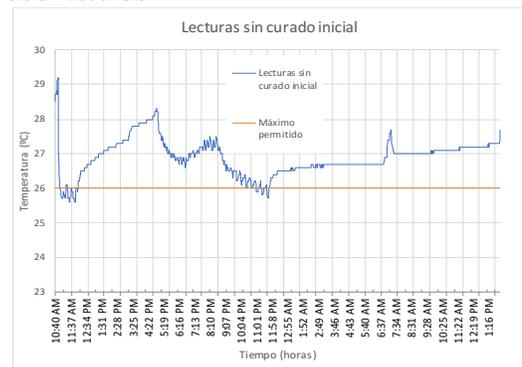
En la figura 3 se muestra la base para almacenar los cilindros, con capacidad máxima para seis especímenes.



Figura 4. Paneles de poliestireno recubiertos de aluminios.

La figura 4 muestra los paneles de poliestireno para colocar como paredes de la cámara de almacenamiento.

4 Resultados



Gráfica 1. Lectura sin control de temperatura.

La gráfica 1 muestra las lecturas de temperatura sin intervención de mecanismos que colaboren con el cumplimiento de la norma con respecto al rango de temperatura (16 a 27 °C). Estas pruebas fueron realizadas en el Centro Regional de Azuero de la Universidad Tecnológica de Panamá y es muy notorio que en esta región las temperaturas se mantuvieron por un lapso de aproximadamente 24 horas, por encima de la temperatura máxima permitida por la ASTM (26-27° C).

5 Conclusiones

- El impacto sobre la comunidad científica será significativo, debido a que se demostrará que en nuestro país se pueden hacer investigaciones para resolver problemas importantes. Se probó que el proyecto es viable a un bajo costo y que si se obtienen las patentes correspondientes se puede generar ingresos.
- Nuestro proyecto contribuye a cubrir una omisión a la norma de curado de los cilindros de concreto que tienen la mayoría de los laboratorios de ensayo de materiales de los países tropicales. Algunos de estos laboratorios no están cumpliendo en tener un control de la temperatura del aire alrededor de los cilindros mientras se lleva a cabo el curado inicial. El prototipo cumple teóricamente con las condiciones de trabajo especificadas por la norma, pero el tamaño, peso y materiales utilizados para la confección de este pueden ser mejorados. Para futuros trabajos podemos probar diferentes tipos de materiales, baterías o arreglos de los dispositivos usados en nuestro prototipo.
- Actualmente se intenta modificar aspectos en la unidad de enfriamiento que es la parte fundamental para que esta propuesta sea viable. Sin embargo, es necesario trabajar conjuntamente con especialistas de otras áreas como la ingeniería electromecánica y la ingeniería eléctrica para que aporten sus conocimientos al mejoramiento del proyecto.

AGRADECIMIENTO

“Agradecemos a Cecilio Solís y Cindy Santamaría por su asistencia técnica” y a Mijail Bernal por el apoyo financiero para la realización de este proyecto.” *Nota: agregar estos datos, que fueron extraídos para la competencia*

REFERENCIAS

- [1] American Standards for Testing Materials. (2018, Jun.). “ASTM C31 / C31M-18a”. [Online]. 5(10), pp. C31C31M.27953 Available: <https://compass.astm.org/download/C31C31M.27953.pdf> [Jun. 12, 2018].
- [2] Websolar. (2018, Jun.). “bateria-ciclo-ciclado-profundo”. [Online]. 1(1), pp. foro Available: <http://www.websolar.com/foro/bateria-ciclo-ciclado-profundo/> [Jun. 12, 2018].
- [3] Federal Highway Administration Research and Technology. (2005, Feb.). “Guide for Curing of Portland Cement Concrete Pavements: Final Report”. [Online]. 3(1), pp. FHWA-RD-02-099. Available: <https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/infrastructure/pavements/pccp/02099/chapt3.cfm> [Mar. 8, 2016].
- [4] Memoria de Trabajos de Difusión Científica y Técnica, núm. 10 (2012) “Influencia del curado en la resistencia a compresión del hormigón: estudio experimental” ISSN 1510-7450 • ISSN (en línea) 1688-9584.

Reconocimiento de canto de aves basado en el análisis de componentes principales del espectrograma

Bird chant's recognition based on principal components analysis of the spectrogram

Jessica González¹, Jorge Padrón¹, Iván Barbero¹, Luis Custodio¹, Fernando Merchán^{2*}

¹Licenciatura en Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Tecnológica de Panamá

²Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Tecnológica de Panamá

Resumen En el presente artículo se propone un método de reconocimiento automático de canto de aves. Este método está basado en el análisis de componentes principales del espectrograma de los cantos, implementado mediante la técnica de eigenfaces. Para la preparación de la base de datos se implementó un método de detección de actividad acústica por medio de un filtro de media móvil. Se construyó una base de datos con tres cantos diferentes de tres aves: Formicivora Grisea, Harpia Harpyja y Reinita Protonotaria. Las pruebas realizadas muestran la efectividad del método propuesto, obteniéndose una tasa de reconocimiento de 100%.

Palabras clave Actividad acústica, análisis de componentes principales, canto de aves, *eigenfaces*, espectrograma.

Abstract This paper presents a method for automatic bird song recognition. This method is based on the principal components analysis (PCA) of bird chant's spectrograms, by using eigenfaces. For the database confection, we used a detection method for acoustic activity applying a moving average filter. We assembled a database of three chants of different birds: Formicivora Grisea, Harpia Harpyja and Reinita Protonotaria. The obtained results show the effectivity of the proposed method, obtaining a recognition rate of 100%.

Keywords acoustic activity, principal components analysis, bird chants, *eigenfaces*, spectrogram.

* Corresponding author: fernando.merchan@utp.ac.pa

1. Introducción

Durante los últimos años el interés por preservar la fauna en una región ha aumentado y esto se debe al alto nivel de extinción que condena a las especies más importantes de una población. En Panamá se han desarrollado organizaciones en pro de la conservación de especies, como por ejemplo la Sociedad Audubón de Panamá, la cual promueve la conservación de aves y sus hábitats, por medio de educación, observación, investigación y participación comunitaria.

La definición oficial de una especie en peligro de extinción dada por la Ley N°24 del 7 de junio de 1995, es la siguiente: "Condición en la cual una población ha sido declarada como tal, por haber quedado reducida numéricamente a un nivel crítico, o cuyo hábitat ha experimentado una modificación considerable". Una especie es declarada en peligro de extinción cuando hay un decremento de seres por más de la mitad de su población en una década o por la restricción de su hábitat a menos de 5000 km².

Las aves que se tomaron en consideración en este estudio fueron la *Harpia Harpyja*, la *Formicivora Grisea* y la *Reinita Protonotaria*.

El *Harpia Harpyja* es un ave que se encuentra en el nivel de peligro de extinción, categorizado por la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). El interés que existe por cuidar al Águila Arpía (*Harpia Harpyja*) radica en que es considerada el ave nacional de la República de Panamá, según la Ley 18 del 10 de abril de 2002.

En este trabajo se presenta un método de reconocimiento del canto de aves utilizando las componentes principales de su espectrograma. Este modo permite identificar o clasificar la especie avícola que se ingresa al sistema.

Las aves pueden reconocerse auditivamente mediante dos formas: cantos y llamados. Estos son sonidos no estacionarios. Los cantos de las aves son el medio que utilizan para relacionarse y esto tiende a ser complejo para identificar el ave que emitió el canto. Por otro lado, los llamados, son para comunicar información o señales de alarma entre miembros de la población. Normalmente los cantos están formados por "sílabas" o segmentos diferentes concatenados. Los llamados suelen estar compuestos por repeticiones de sonidos. Para el procesamiento de ambos tipos de formas se requiere detectar y segmentar los diferentes sonidos o sílabas, realizar

reconocimiento del mismo. Posteriormente se determina a que canto o llamado corresponde.

Se han realizado muchas contribuciones en el campo de reconocimiento de sonidos de aves. Estos trabajos normalmente operan a nivel de una representación en frecuencial-temporal sobre la que obtienen un conjunto de parámetros y sobre los cuales operan un método de clasificación. Por ejemplo, en [1], se utilizan los MFCC (Mel-Frequency Cepstral Coefficients) del espectrograma de canto y se obtuvieron caracterizaciones efectivas de las señales con cambios abruptos y discontinuos. Por otro lado, se realizó un estudio para el reconocimiento de las diferentes especies de piquituertos en [2]. El método consistió en grabar el canto de los piquituertos, se generó el espectrograma y se separó el ruido de el canto identificándolo por su contenido de energía. Una vez se obtuvo una señal limpia se realizó el estudio de los componentes del primer y segundo armónico, colocando estas características en un vector y clasificando el canto según el método SOM (Self Organizing Map). Este estudio es poco eficiente debido a que solo contempló los dos armónicos principales de la señal.

En [3], se utilizan dos técnicas Hidden Markov Models (HMMS) y Dynamic Time Warping (DTW) para el reconocimiento del canto del azulejo índigo y el diamante cebra. Estos últimos dos métodos son eficientes, aunque presentan baja efectividad cuando se presentan cantos de baja duración.

Este trabajo se presenta como una alternativa para el reconocimiento de sonidos de aves. Al igual que el método presentado en [2], el mismo opera a nivel del espectrograma de la señal. Sin embargo, consideramos el espectrograma como un patrón en dos dimensiones que busca caracterizar y representar. Para ello, proponemos utilizar el método de *eigenfaces*, que ha sido utilizado previamente para el reconocimiento de rostros [4]. En el mismo se parte de una base de datos de espectrogramas de las diferentes clases bajo estudio, para el presente caso los diferentes sonidos, y se efectúa un análisis de componentes principales. Estos componentes principales vienen a ser una base ortogonal con la que podemos representar cada una de las clases de espectrograma. Facilitando implementar luego un esquema de clasificación basado en los coeficientes correspondientes de cada clase en esta base ortogonal. A diferencia del método presentado en [2], se aprovecha toda la información frecuencial-temporal presente en el espectrograma y no solo las dos primeras armónicas.

El resto del artículo está organizado de la siguiente manera. La sección 2 presenta la metodología implementada en cada una de las etapas de procesamiento de las señales, a saber, la detección de sonidos de aves, la supresión de componentes de ruido y el reconocimiento. La sección 3 presenta las pruebas realizadas y resultados obtenidos. La sección 4 concluye el artículo.

2. Metodología

Para la implementación de este método se utilizó la herramienta Matlab de la compañía Mathworks. Esta brinda un lenguaje de computación técnico y una interfaz interactiva para el desarrollo de algoritmos, cálculo numérico y visualización de datos.

A continuación, describimos las tres etapas de este método: detección, supresión de ruido y reconocimiento.

1.1 Detección de sonido de aves

Para realizar el proceso de identificación de sonidos es necesario extraer los mismos de las grabaciones obtenidas en [5], base de datos de cantos de aves de nivel internacional.

Un ejemplo de estas señales es la presentada en la figura 1.

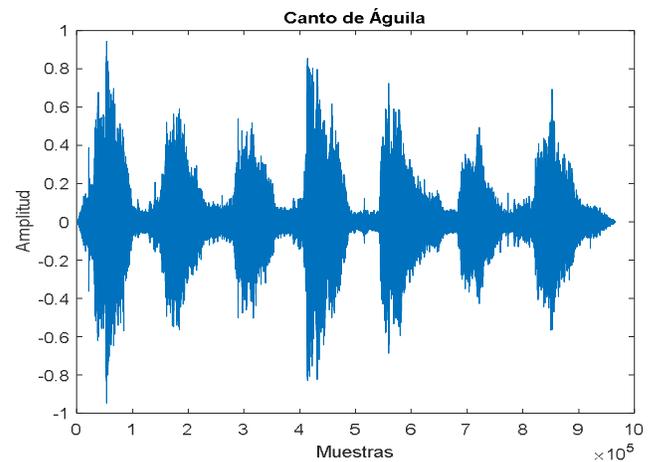


Figura 1. Grabación del canto de *Harpia Harpyja* en el dominio temporal.

Esta señal presenta espacios de tiempo en los cuales no tenemos información de interés, por lo que es necesario un método que nos permita automatizar el proceso de detección de sonido, se propone aprovechar los niveles de amplitud diferentes entre los momentos de canto y los momentos de silencio del ave. Se ha demostrado anteriormente el uso filtros promedio para el tratamiento de señales en dos dimensiones. El filtro promedio es utilizado para estimar una aproximación de la envolvente de la señal mediante la aplicación del filtrado de alto orden sobre el valor absoluto de la señal como podemos apreciar en la siguiente expresión:

$$y[n] = \sum_{i=0}^{10000} |x[n - i]| \quad (1)$$

Como se puede observar en la figura 2, se establece un umbral basado en la amplitud promedio de los periodos de silencio el cual nos sirve de referencia para poder diferenciar la amplitud en estos periodos de silencio, que corresponden al ruido de fondo, de la amplitud de los sonidos de aves, obtenido con el siguiente calculo:

$$umbral = \min(y[n]) \quad (2)$$

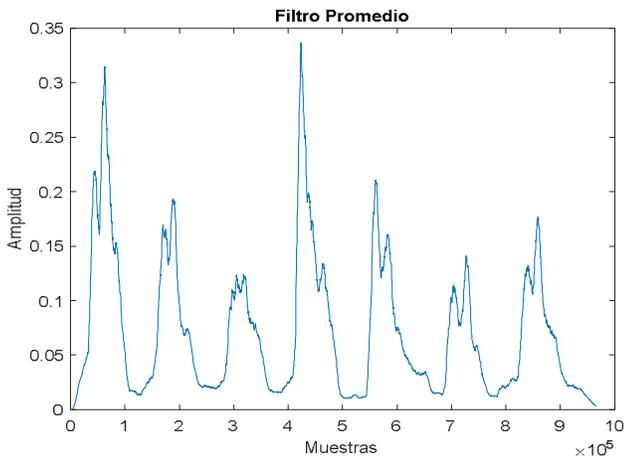


Figura 2. Señal resultante de filtro promedio.

Podemos establecer un comparador variable capaz de realizar una detección automática de estos espacios de tiempo que solo deje pasar los valores que se encuentren por encima del umbral obtenido.

En la figura 3 se puede observar una representación de los instantes de tiempo donde existen vocalizaciones de interés en la señal de audio del ave estudiada.

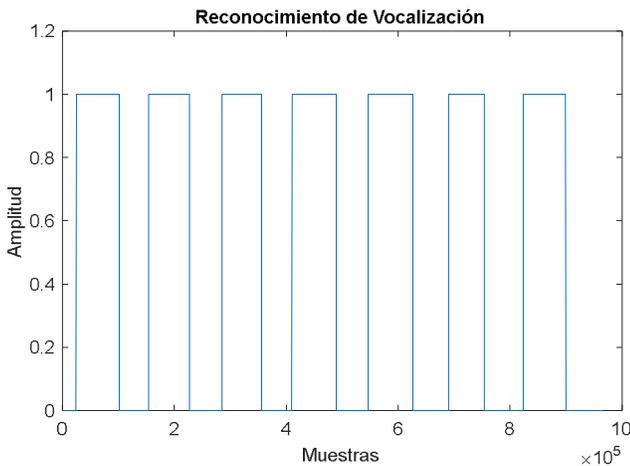


Figura 3. Reconocimiento de vocalización.

Con estas dos etapas, el cálculo de envolvente y la aplicación de umbral, podemos tener una buena representación del canto en el tiempo, pero no es suficiente para llegar a crear una clase de este canto.

1.2 Supresión de ruido

Una señal acústica contiene las componentes de interés en el dominio de la frecuencia por lo tanto se tiene que hacer un análisis de estos sonidos con respecto a su contenido en frecuencia a lo largo del tiempo. Para esto se generó un espectrograma de la vocalización que se muestra en la figura 5.

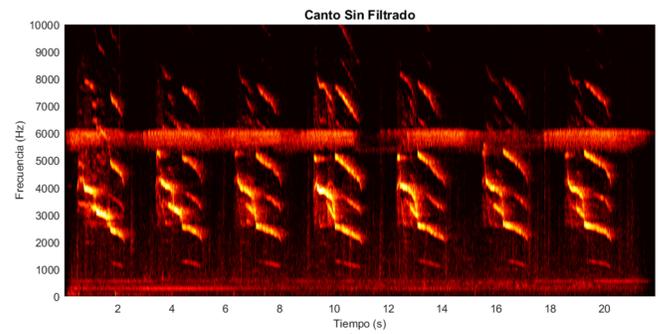


Figura 5. Espectrograma del canto del Águila Arpía.

En la figura 5 se puede observar que existe un componente de ruido de banda estrecha cerca de los 6000 Hz en esta señal. Este ruido afecta la clasificación adecuada del canto, por lo que se utilizó un filtro IIR rechaza banda con función de transferencia:

$$H(z) = \frac{(z - e^{j*2*\pi*fn})(z - e^{-j*2*\pi*fn})}{(z - 0.8e^{j*2*\pi*fn})(z - 0.8e^{-j*2*\pi*fn})} \quad (3)$$

$$\text{donde } fn = \frac{6000}{Fs}$$

Este filtro cuenta con una respuesta en frecuencia capaz de rechazar las frecuencias en la banda de 6000 Hz como se puede observar la figura 6.

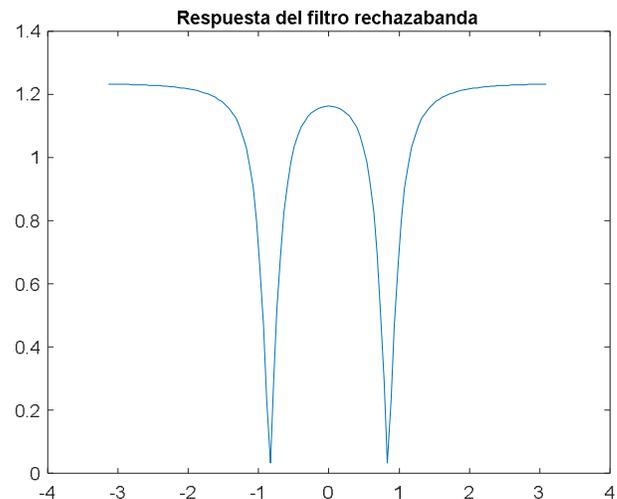


Figura 6. Respuesta en frecuencia del filtro rechaza banda.

Con estas etapas de detección de sonidos de aves y supresión de ruido se preparó una base de datos de espectrograma de tres tipos de sonidos de aves. Los sonidos son los siguientes: llamado de pedido del *Harpia Harpyja*, una sílaba del canto de la *Formicivora Grisea* y una sílaba de canto de la *Reinita Protonotaria*. Podemos ver ejemplos de estos sonidos en la figura 7, 8 y 9.

1.3 Método de reconocimiento de sonido

Para el reconocimiento de los distintos sonidos de aves se implementa un algoritmo basado en el método de *eigenfaces*, el cual está basado en el Análisis de Componentes Principales (PCA, por sus siglas en inglés). Este método de *eigenfaces* es ampliamente utilizado en el reconocimiento de rostros debido a su simplicidad y los buenos resultados obtenidos bajo condiciones controladas [4].

En nuestro análisis se utilizaron los espectrogramas característicos de cada caso, figura 7, 8 y 9, de donde se obtuvo los componentes principales, o *eigenvectors* de la matriz covarianza que mejor los representa.

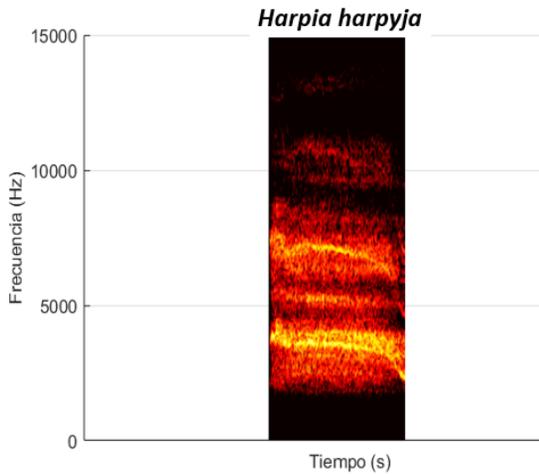


Figura 7. Tono del *Harpia Harpyja*.

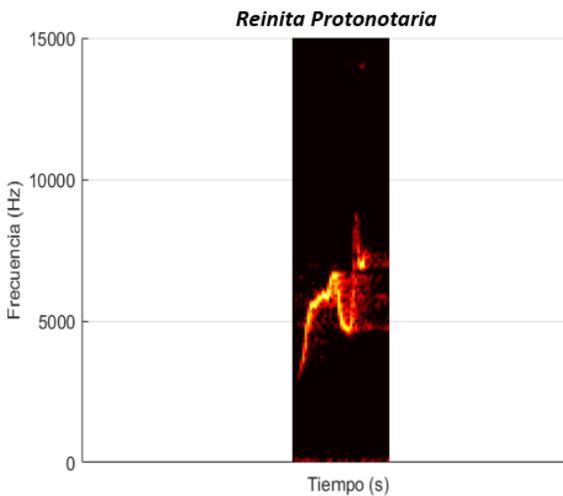


Figura 8. Sonido de la *Reinita Protonotaria*.

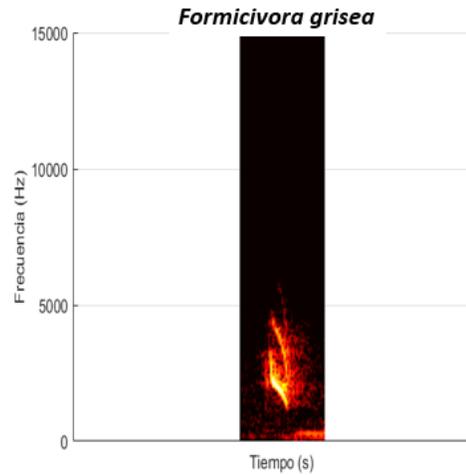


Figura 9. Sonido de la *Formicivora Grisea*.

En términos matemáticos se parte de un conjunto de imágenes de entrenamiento que corresponden a cada uno de los sonidos en la base de datos. Estas imágenes representadas por matrices cuadradas $N \times N$ son reorganizadas como vectores N^2 y definidas por la notación $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, \dots, \Gamma_{M-1}, \Gamma_M$. En este conjunto de vectores puede haber más de una imagen por tipo de canto.

El promedio Ψ de los vectores es calculado como:

$$\Psi = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \Gamma_i \quad (4)$$

Al conjunto de vectores $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, \dots, \Gamma_{M-1}, \Gamma_M$ se le resta la media como se muestra:

$$\Phi_i = \Gamma_i - \Psi \quad (5)$$

Estos vectores se agrupan en una matriz A de dimensiones $N^2 \times M$ como se muestra:

$$A = [\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \dots, \Phi_{M-1}, \Phi_M] \quad (6)$$

De la matriz A se calcula la covarianza, definida de la siguiente manera:

$$C = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \Phi_n \Phi_n^T = AA^T \quad (7)$$

La matriz covarianza C tiene un tamaño $N^2 \times N^2$, lo cual la hace muy grande como para ser procesada computacionalmente de una manera eficiente. Por ello se crea una nueva matriz L de dimensiones $M \times M$ definida de la siguiente manera:

$$L = A^T A \quad (8)$$

De la ecuación (8) se obtienen los vectores propios $v_k (k = 1, 2, 3, \dots, M)$ de la matriz L . A partir de la combinación de estos vectores propios y los vectores Φ_i se obtiene los vectores propios $u_k (k = 1, 2, 3, \dots, M)$ de la matriz covarianza C , como se muestra:

$$U = [u_1, u_2, \dots, u_M] = [\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_M][v_1, v_2, \dots, v_M] \quad (9)$$

De la matriz U solo se toman en consideración los vectores que presentan mayor energía, lo que permite reducir el tamaño de los vectores que representan cada tipo de canto en el subespacio PCA. Para el reconocimiento de cada uno de los casos se comparan los valores de entrenamiento versus los valores de prueba con la siguiente ecuación:

$$\omega_k = u_k^T [\Gamma - \Psi]; \quad k = 1, 2, 3, \dots, P \quad (10)$$

De la ecuación (11) se obtiene un nuevo vector $\Omega^T = [\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_P]$, el cual describe la contribución de cada componente principal de los espectrogramas de entrada. Este vector es utilizado en nuestro algoritmo para reconocer los patrones característicos de cada tipo de canto.

El método seguido en este caso, por su simplicidad, es la búsqueda del vector de canto que minimice la distancia euclidiana definida como:

$$E_k = \|\Omega - \Omega_k\| \quad (11)$$

donde el vector Ω_k describe la una de las clases de canto.

3. Pruebas y resultados

Se obtuvieron resultados positivos al utilizar el método de detección explicado en la sección 2.1. Este método se utilizó para las tres clases de aves dando como resultado la, señales como la mostrada en la figura 10.

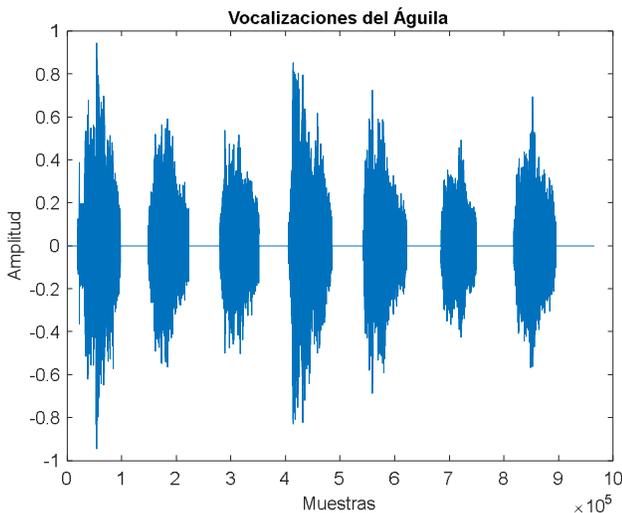


Figura 10. Vocalización del Águila Harpia Harpyja procesada.

La implementación de filtros rechaza banda fue de suma importancia para eliminar componentes no deseados que pueden llevar a una mala representación y clasificación del canto. Se puede observar el resultado de la aplicación del filtro sobre el canto del Águila *Harpia harpyja* en la figura 11. Este procedimiento se aplicó en aquellas señales que así lo requerían.

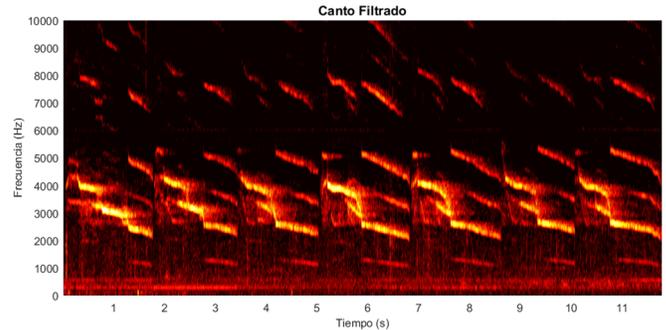


Figura 11. Canto del Águila *Harpia harpyja* filtrado.

En el experimento se utilizaron $M = 12$ muestras de espectrogramas de sonidos como base de datos de entrenamiento. Estos son: cuatro muestras de la *Formicivora Grisea*, 4 de la *Harpia Harpyja* y 4 de la *Reinita Protonotaria*. Se utilizaron $P = 12$ coeficientes asociados a los componentes principales de mayor propio. En base a esta información se generó una base de datos de pruebas con 2 sonidos de prueba para cada tipo de ave con un total de 6 señales de prueba. Cabe destacar que esta base de datos se manejó en el dominio de la frecuencia por medio del espectrograma de cada una de las señales de prueba. Además de utilizar señales de entrada con la misma cantidad de muestras con el fin de asegurar que los espectrogramas tuviesen las mismas dimensiones. Para esto se agregaron ceros antes y después de los vectores de cada señal según fuese requerido, asegurando que el sonido de ave se encontrase centrado. Esto es necesario ya que el método de *eigenfaces* es sensible a la traslación de la imagen.

Con la utilización de la ecuación (10) se pudo obtener los vectores característicos de cada ave como se muestra en la figura 12, 13 y 14.

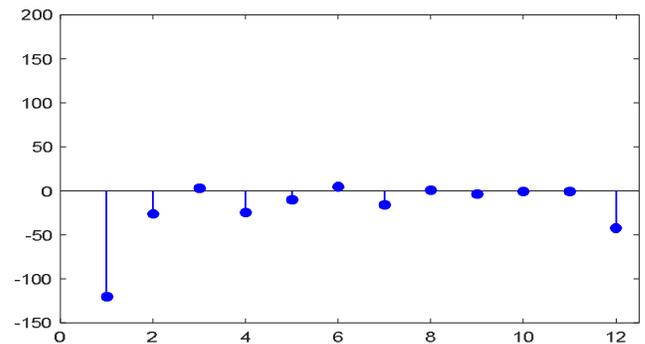


Figura 12. Vector característico de la *Harpia Harpyja*.

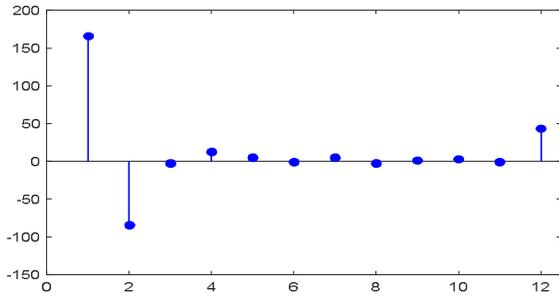


Figura 13. Vector característico del *Reinita Protonotaria*.

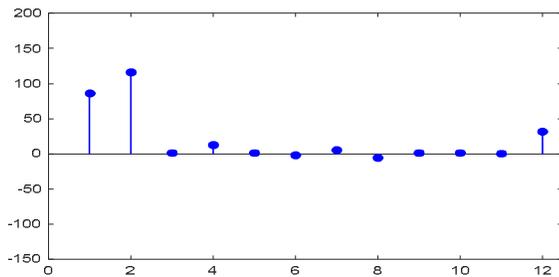


Figura 14. Vector característico de la *Formicivora Grisea*.

Para el análisis de estas señales se realizó la comparación de los vectores característicos con las señales de prueba y se usó la ecuación (11) para poder obtener la distancia euclidiana mínima, siendo esta última la base de la clasificación y determinación del tipo de canto que se registró en el sistema.

Al aplicar el esquema de clasificación propuesto, basado en la selección de la clase de sonido según distancia euclidiana mínima, las 6 señales de prueba fueron clasificadas correctamente sin obtener ningún falso positivo como puede observarse en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de 6 señales de prueba

		Señales de prueba					
		Harpia Harpyja		Reinita Protonotaria		Formicivora Grisea	
		P1	P2	P1	P2	P1	P2
Señales de entrenamiento	Harpia Harpyja	280	268	251	274	247	232
	Reinita Protonotaria	562	549	235	254	329	309
	Formicivora Grisea	525	512	299	320	233	225

4. Conclusiones

En este trabajo se ha implementado y probado el método de *eigenfaces* para el reconocimiento de espectrogramas de sonidos de aves. Los resultados obtenidos demuestran la

efectividad del método en la base de pruebas utilizadas. Quedan como perspectivas de este trabajo probar el método propuesto una base de datos de sonidos de datos más amplia y comparar el rendimiento del mismo con otros métodos.

Este método se puede mejorar complementándolo con un sistema de GPS que ayude a filtrar las probabilidades de las especies de ave según el lugar geográfico donde se detecte el canto. Esto puede ser implementado como aplicación móvil para ser utilizado en teléfonos inteligentes y otros dispositivos. El detector de cantos de ave además de tener un objetivo científico para el estudio de la fauna existe la posibilidad de un uso recreativo para los fanáticos de avistamiento de aves y de la ornitología.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a los docentes de la Facultad de Ingeniería Eléctrica por su asistencia y colaboración en el desarrollo de este trabajo de investigación.

REFERENCIAS

- [1] S. S. Chen and Y. Li, "Automatic Recognition of Bird Songs Using Time-Frequency Texture" 2013 5th International Conference and Computational Intelligence and Communication Networks, 2013, pp. 262-266.
- [2] Juha T. Tantu, Jari Turunen, Mikko Ojanen. "Automatic Classification of Flight Calls of Crossbill Species (*Loxia spp.*)", In Proceedings of the 1st International Conference on Acoustic Communication by Animals, 2003.
- [3] Joseph A. Kogan and Daniel Margoliash, "Automated recognition of bird song elements from continuous recordings using dynamic time warping and hidden Markov models: A comparative study", Journal of Acoustic Society of America, 103(4), 2185-96, 1998.
- [4] M. Turk, A. Pentland, "Eigenfaces for Recognition" Journal of Cognitive Neuroscience, vol. 3, number 1, pp.71-86, 1991.
- [5] Xeno-Canto- página web oficial. [Online]. Disponible en: <https://www.xeno-canto.org/>