

InGeni



Revista Científica y Tecnológica

| Revista de Ciencias de la Ingeniería



eISSN: 2697-3642

Volumen 6, Número 1
Enero 2023

Análisis del ADN ambiental en la determinación de la fertilidad del suelo agrícola en la provincia de Loja

(Analysis of environmental DNA in the determination of fertility of agricultural soil in the province of Loja)

Masao Nishikawa¹, Franklin Román Cárdenas² , Miguel Marín-Gómez³

¹ JICA, Loja, Ecuador

² Universidad Estatal de Bolívar, Guaranda, Ecuador

³ Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador

Masaonishikawa061748@gmail.com, froman@ueb.edu.ec, miguel.marin@unl.edu.ec

Resumen: La fertilidad del suelo se la puede determinar mediante diferentes procesos uno de estos es a través del análisis del ADN ambiental (eADN) el cual permite identificar la diversidad genética que se encuentran en dicho material, esencial en la formación y el mantenimiento de la productividad del suelo, este estudio, es el primero de su tipo en la provincia de Loja, se realizó mediante la selección de 9 áreas, en las cuales, se recogieron 26 muestras de suelo, se midió el eDNA y se estimó el número de microorganismos a partir de la cantidad de eDNA obtenido. El 35% de suelos totales (9) mostraron recuentos bacterianos mayores $6,0 \times 10^8$ células/g-suelo, el 15% (4) entre $2,0 \times 10^8$ células/g-suelo (recuentos bacterianos mínimos requeridos para la mineralización de compuestos orgánicos) y $6,0 \times 10^8$ células/g-suelo. Sin embargo, el 50% (13) restantes tenían menos de $2,0 \times 10^8$ células/g-suelo en estos suelos la mineralización con nitrógeno orgánico es extremadamente baja, encontrada en los cantones Saraguro, Paltas y Catamayo. Este estudio es importante porque identifica los recuentos bacterianos de diferentes suelos y la necesidad de incorporar microorganismos para mejorar rendimientos, gracias a la estandarización, la técnica se puede aplicar a la totalidad de los suelos de la provincia y del país.

Palabras clave: Biomasa Bacteriana, Recuentos Bacterianos, Índice de Fertilidad del Suelo.

Abstract: Soil fertility can be determined through different processes, one of these is through the analysis of environmental DNA (eDNA) which allows identifying the genetic diversity found in said material, essential in the formation and maintenance of soil productivity. soil, this study is the first of its kind in the province of Loja, it was carried out by selecting 9 areas, in which 26 soil samples were collected, eDNA was measured and the number of microorganisms was estimated from of the amount of eDNA obtained. 35% of total soils (9) showed bacterial counts greater than 6.0×10^8 cells/g-soil, 15% (4) between 2.0×10^8 cells/g-soil (minimum bacterial counts required for the mineralization of organic compounds) and 6.0×10^8 cells/g-soil. However, the remaining 50% (13) had less than 2.0×10^8 cells/g-soil in these soils mineralization with organic nitrogen is extremely low, found in the Saraguro, Paltas and Catamayo cantons. This study is important because it identifies the bacterial counts of different soils and the need to incorporate microorganisms to improve yields, thanks to standardization, the technique can be applied to all the soils of the province and the country.

Keywords: Bacterial Biomass, Bacterial Counts, Soil Fertility Index.

1. INTRODUCCIÓN

Un ambiente saludable del suelo permite el crecimiento de las plantas y la producción de los alimentos que está estrechamente relacionado con nuestra salud y nuestra vida [1], de gran importancia es la presencia de microorganismos ya que juegan un papel importante en la

descomposición de materiales orgánicos y el ciclo del carbono, nitrógeno, fósforo y varios otros nutrientes [2]

En los últimos años, la contaminación ambiental derivada del uso excesivo de químicos (fertilizantes, herbicidas fungicidas etc.) se ha convertido en un grave problema mundial [3], [4]. La provincia de Loja no es la excepción en la que el empleo de diferentes agroquímicos es de uso común en labores culturales de cultivos, como el maíz, tomate, hortalizas, para proteger a los microorganismos del suelo de los efectos nocivos de los agroquímicos, es necesario minimizar su uso, permitiendo su recuperación y su acción en diferentes actividades que ejercen en el suelo acelerando el proceso de biodegradación [5], [6]. El interés en la agricultura orgánica se incrementa a medida que aumenta la conciencia del consumidor sobre la seguridad alimentaria.

Los fertilizantes como el compost utilizado en la agricultura orgánica se pueden hacer empíricamente sin embargo es difícil ajustar sus componentes [7]. Los componentes orgánicos del suelo son utilizados por los cultivos agrícolas después de ser descompuestos por los organismos y las bacterias presentes en el suelo, es importante analizar la fertilidad del suelo enfocándose en la bioactividad de las bacterias involucradas, en la descomposición de materiales orgánicos y en la circulación de nutrientes como C, N, P y S [8], [9]. Además, la microbiota del suelo en sí procesa un conjunto lábil de nutrientes que esta potencialmente disponible para las plantas [10], [11], pero muchos de ellos son muy difíciles de separar y cultivar en un laboratorio.

Se han realizado varios intentos para extraer DNA directamente del suelo y analizar comunidades microbianas, recientemente se estableció el método para extraer eDNA, el DNA de microorganismos presentes en el medio ambiente como suelo y agua [12], mediante la utilización del método que extrae eDNA con agitación lenta (“Slow-Stirring Method”) y permite evaluar la fertilidad del suelo por la carga bacteriana presente en el mismo (biomasa bacteriana) [13].

El objetivo del presente estudio, es determinar la fertilidad del suelo de nueve cantones de la provincia de Loja. A través del análisis del eDNA, su importancia radica en la identificación de los recuentos bacterianos de diferentes suelos y la necesidad de incorporar microorganismos para mejorar rendimientos, gracias a la estandarización, la técnica se puede aplicar a la totalidad de los suelos de la provincia y del país.

2. METODOLOGÍA

Muestra: El suelo utilizado en este estudio fue recolectado en 26 campos agrícolas de nueve cantones (figura 1), Saraguro, Paltas, Celica, Alamor, Gonzanamá, Catamayo, Macará, Loja y Zapotillo, en la provincia de Loja.

Tres muestras por cantón a excepción de Gonzanamá en la que se tomó dos muestras, el suelo se recolectó a una profundidad de 5-10 cm sin la capa superficial del suelo y se eliminaron las raíces, piedras y materiales extraños, todas las muestras se almacenaron a 4°C hasta su procesamiento en el laboratorio, para extraer el eDNA, las muestras se secaron a temperatura ambiente durante una semana, luego se molieron con un mortero hasta obtener un polvo fino, y se tamizaron usando una malla de 1 mm.

Microbiota del suelo, se midió analizando eDNA extraído por el método de “Slow-Stirring Method” [13] que es un método simple y rápido de agitación lenta para extraer eDNA de los suelos mediante agitación física suave con tratamiento químico.

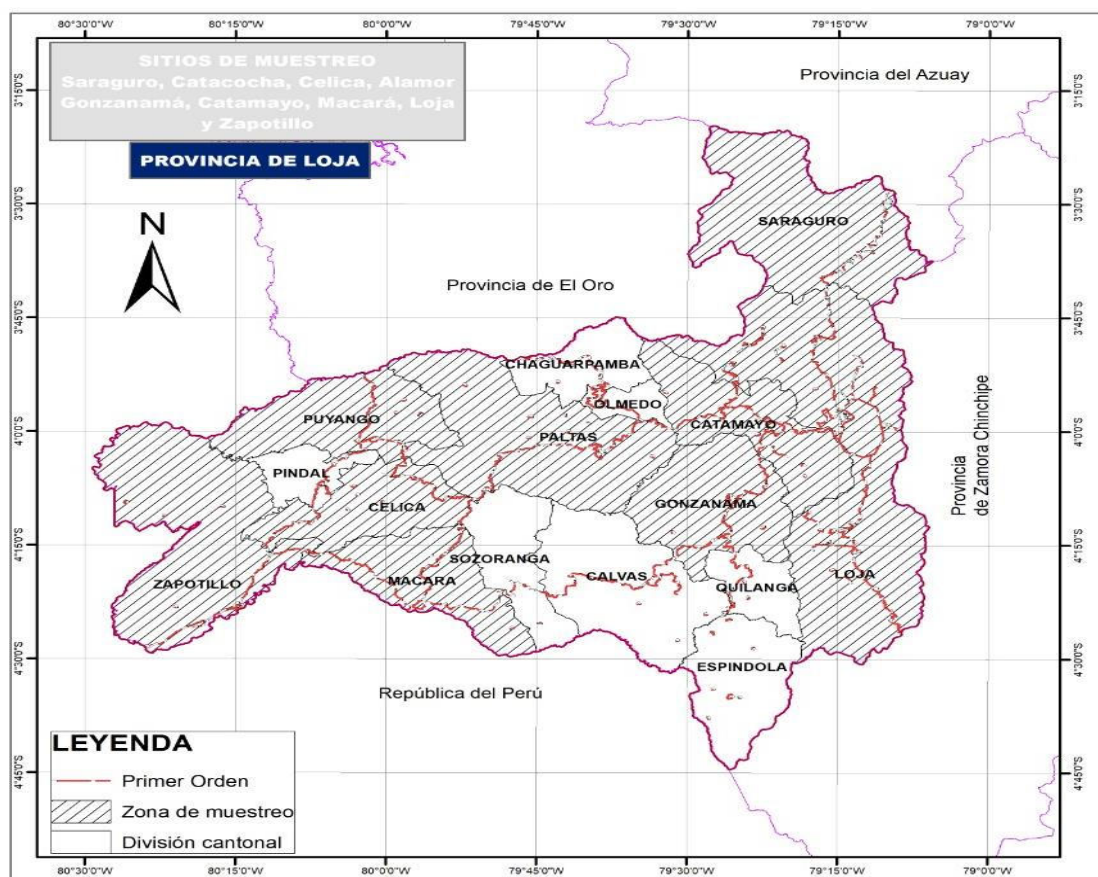


Figura 1. Mapa de las zonas de muestreo

Extracción de eADN: Para extraer eDNA en el suelo, se mezclaron 2,0 g de muestra del suelo con 8,0 ml de tampón de extracción de eDNA [Tris-HCl 100 mM, EDTA-2Na 100 mM, NaH_2PO_4 100 mM, NaCl 1,5 M, Bromuro de hexadeciltrimetilamonio (CTAB) al 1% (p/v), pH 8,0] y 2,0 ml de dodecilsulfato sódico al 2,5% (p/v), y se agitó lentamente (200 rpm) por la noche (Heidolph Unimax 1010, Heidolph Instruments, Alemania). La suspensión se centrifugó a 8000 rpm durante 10 min y posteriormente se transfirieron 500 μl de sobrenadante a un micro tubo de 2,0 ml y se suplementaron con 50 μl de 3 M acetato sódico (pH 8,0) y 1400 μl de 100% etanol frío. Después de dejar por 30 minutos, el eDNA crudo se sedimentó por centrifugación a 13000 rpm por 3 min y se enjuagó con 70% y 100% de etanol, respectivamente. El sedimento de eDNA crudo se disolvió en TE (Tris-HCl 10 mM y EDTA 1 mM, pH 8,0) después de secar en aire. Todos los procedimientos para extraer el eDNA descritos anteriormente se llevaron a cabo en la temperatura ambiente.

Cuantificación de eDNA: El eDNA extraído se cuantificó en función de la intensidad de las bandas de DNA (figura 2) en una electroforesis en un gel de agarosa agarosa [(1,5% en TBE 1x (Tris-Borato 90mM, EDTA 2 mM)] durante 40 min (120 V constante). Las bandas de eDNA se visualizaron mediante SYBR safe de Invitrogen. MK; marcador de peso molecular TrackIt 100 bp DNAladder de Invitrogen, la imagen de la electroforesis fue leída utilizando el software de análisis de imágenes NIH Image J.

Análisis de la microbiota en el suelo: Se estimó usando la ecuación $Y = 1.70 \times 10^8 \times X$ ($R^2 = 0.96$) [13], donde Y y X son la microbiota (recuentos bacterianos, células/g-suelo) y la cantidad de eDNA (g/g-suelo), respectivamente. Aunque la eficiencia de extracción no se probó en el

presente experimento, Miller et al., informaron que la eficiencia de extracción promedio fue del 86% utilizando un método de extracción similar [14].

Para evaluar diferencias de contenido de eDNA entre los nueve sitios, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis con la librería “stats” del programa estadístico R (R Core Team 2021).

3. RESULTADOS

Contenido de eDNA de suelo agrícola en la tierra de la provincia de Loja: primeramente se realizó la electroforesis en gel de agarosa de todas las muestras.

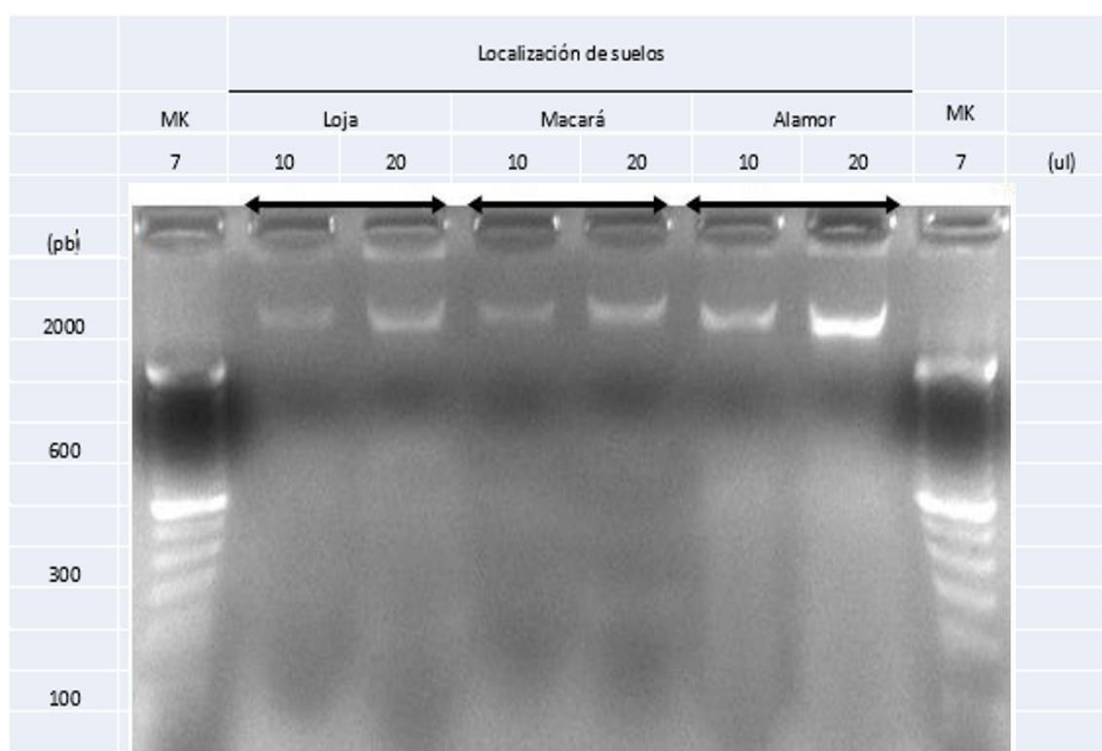


Figura 2. Análisis de eDNA extraído del suelo agrícola (electroforesis en gel de agarosa) de los cantones Loja, Macará y Alamor, corridos con 10 y 20 ul, el marcador de peso molecular en 7 ul, el marcador de 2000 pb.

Seguidamente se realizó una fotografía (tabla 1) que fue leída por el software de análisis de imágenes (NIH Image J, NIH), el suelo de Alamor mostró la mayor cantidad de eDNA, el valor promediado de las tres muestras fue de $16,2 \pm 3,1 \mu\text{g/g-suelo}$, por otro lado, la cantidad de eDNA en los suelos de Saraguro, Paltas y Catamayo fueron bajas con cantidades de eDNA inferior a $1 \mu\text{g/g-suelo}$.

Tabla 1. Contenido de eDNA en suelo agrícola de cantones de la provincia de Loja, contenido por cada muestra y promedio por área.

Área		Edna ng+/-SE/g-suelo)					
		Promedio* ¹			Promedio* ² en área		
Saraguro	1	114	+/-	39.5	264.4	+/-	107.6
	2	673.4	+/-	243.1			
	3	52.2	+/-	24.6			
Paltas	1	2171.4	+/-	480.9	916.5	+/-	279.4
	2	145.9	+/-	24.8			
	3	780.0	+/-	248.9			
Celica	1	7527.8	+/-	2259.6	3304.4	+/-	1391.11
	2	776.7	+/-	160.2			
	3	91.8	+/-	30.2			
Alamor	1	1790.2	+/-	2844.9	16210.4	+/-	3085.7
	2	20895.8	+/-	8045.6			
	3	9268.8	+/-	3955.7			
Gonzanamá	1	7326.9	+/-	872.8	4175.6	+/-	1485.5
	2	1024.2	+/-	250.2			
Catamayo	1	298.8	+/-	103.2	294.1	+/-	103.7
	2	67.5	+/-	34.1			
	3	427.3	+/-	203.3			
Macará	1	935.1	+/-	110.1	3758.6	+/-	1256.9
	2	8226.3	+/-	3245.0			
	3	3996.9	+/-	315.4			
Loja	1	1615.1	+/-	722.4	3079.3	+/-	1068.4
	2	1795.1	+/-	536.2			
	3	6743.9	+/-	3171.3			
Zapotillo	1	2431.0	+/-	962.6	2017.8	+/-	653.2
	2	35.8	+/-	10.2			
	3	4109.4	+/-	1022.0			

*1; Valor promedio \pm error estándar (SE) de 2 to 5 extractos

*2; Valor promedio \pm SE de 6 to 13 experimentos para un área

En el cantón Alamor se pudo observar alta variación de eDNA, respecto al resto de sitios (figura 3). el contenido de eDNA resulto mayor en Alamor y, menor en Catamayo y Saraguro, sin embargo esa diferencia no fue significativa (prueba Kruskal-Wallis $\chi^2= 12.707$, $df = 8$, $p = 0.1224$).

Microbiota en el suelo agrícola en los cantones de la provincia de Loja: La microbiota de cada suelo se calculó basándose en la cantidad de eDNA mostrada en la Figura 2. El valor promedio de la microbiota del suelo de todas las 26 muestras de suelos fue de $6,0 \pm 1,0 \times 10^8$ células/g-suelo (figura 4).

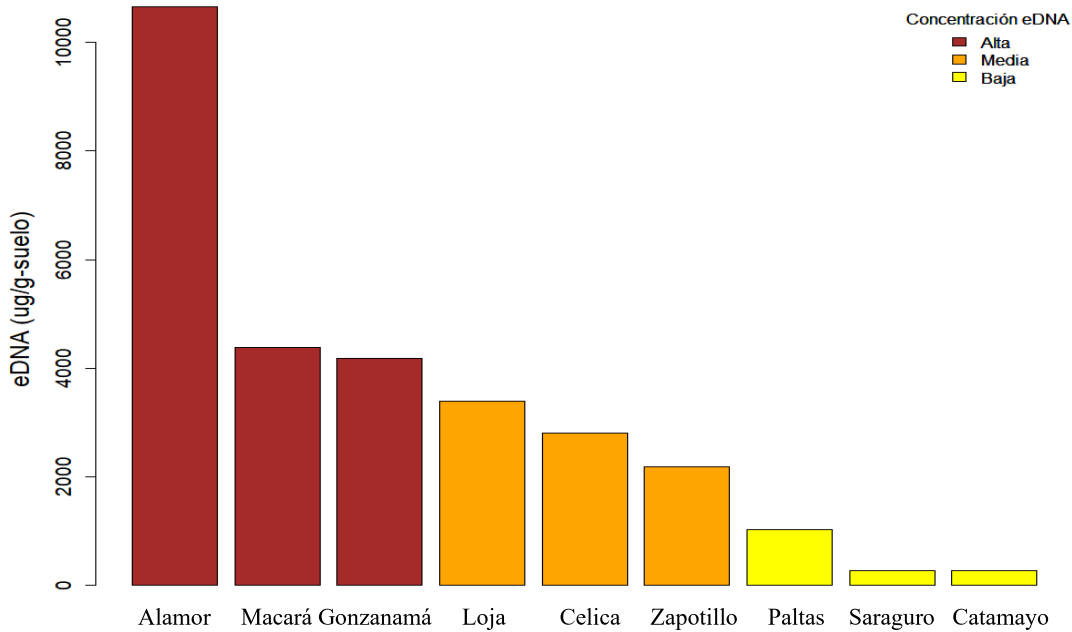


Figura 3. Variación de eDNA por cada sitio de muestreo.

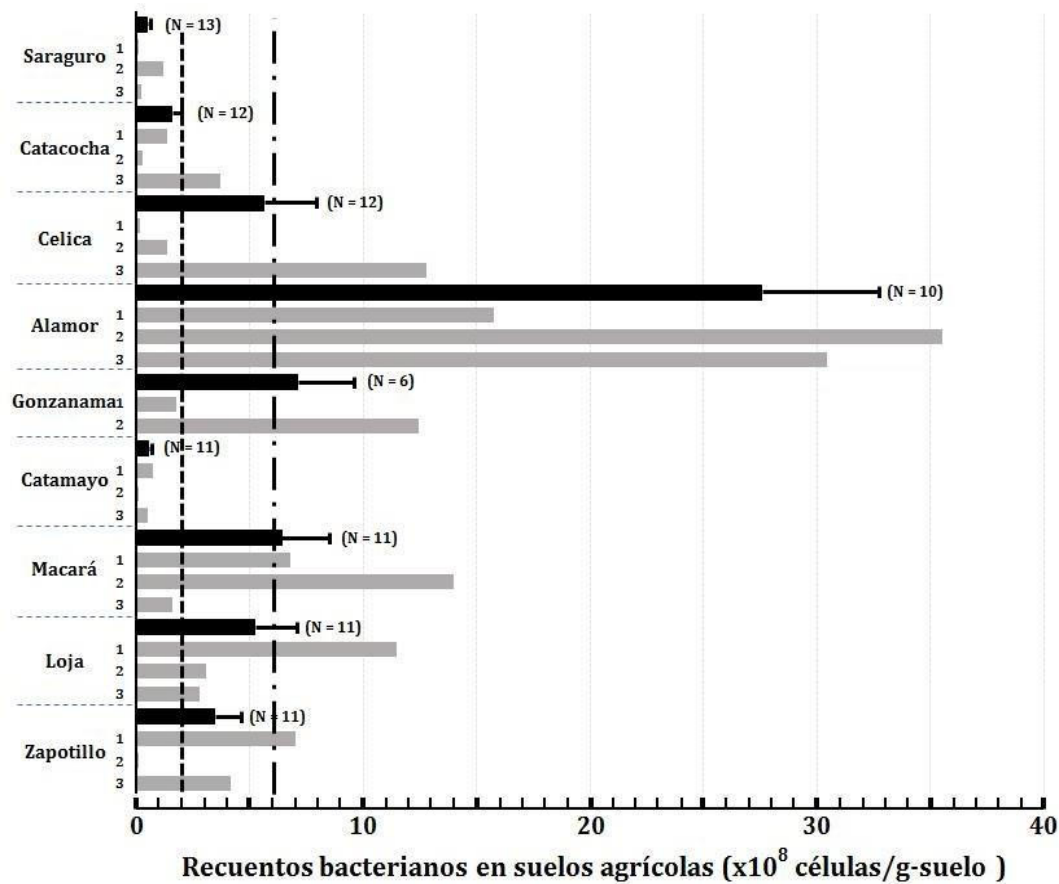


Figura 4. Recuentos bacterianos en suelos agrícolas

La microbiota del suelo se clasificó aproximadamente entre tres grupos ($6,0 \times 10^8$ o más, $2,0 - 6,0 \times 10^8$ y $2,0 \times 10^8$ o menos). Es decir, las biomásas bacterianas de 3 cantones (Alamor, Gonzanamá y Macará) fueron de $27,6 \pm 5,3$, $7,1 \pm 2,5$ y $6,4 \pm 2,1 \times 10^8$ células/g-suelo, las biomásas bacterianas de Celica, Loja y Zapotillo fueron de $5,6 \pm 2,4$, $5,2 \pm 1,8$ y $3,4 \pm 1,1 \times 10^8$ células/g-suelo, las biomásas bacterianas de Saraguro, Paltas y Catamayo fueron muy bajas [$0,5 \pm 0,2$, $1,6 \pm 0,5$ y $0,5 \pm 0,2 \times 10^8$ células/g-suelo]. Utilizando esta categorización, se observó diferencia significativa en el contenido de DNA en los tres grupos de cantones (prueba Kruskal-Wallis $\chi^2 = 10.417$, $df = 2$, $p = 0.00547$) (Figura 4).

El 35% (9 de 26 muestras) presentaron mayores biomásas bacterianas que el valor de $6,0 \times 10^8$ células/g-suelo, el 15% (4 de 26 muestras) biomásas bacterianas entre $2,0$ y $6,0 \times 10^8$ células/g-suelo, y el 50% (13 de 26 muestras) mostró biomásas bacterianas menos de $2,0 \times 10^8$ células/g-suelo.

4. DISCUSIÓN

El N es uno de los nutrientes esenciales para las plantas, está contenido en compuestos orgánicos, que deben descomponerse en nitrógeno inorgánico (mineralización) antes de ser utilizado por las plantas, en el suelo se descompone finalmente en nitrato a través del nitrógeno amoniacal y nitrito mediante la acción de los microorganismos, son numerosos los microorganismos que habitan en el suelo y están directamente involucrados en mineralización de compuestos orgánicos [15], los cuales habitan aproximadamente en el mismo número independientemente de altitud, latitud y naturaleza del suelo [16]. Las investigaciones sobre el DNA ambiental (eDNA) no solo se han aplicado para la detección de especies de microorganismos en el suelo, sino también para la estimación de la biomasa bacteriana (recuentos bacterianos) porque la concentración de eDNA se correlaciona positivamente con la biomasa bacteriana o la abundancia de microorganismos [12], confirmando que la cantidad de eDNA refleja la presencia o no de microorganismos (biomasa bacteriana) en el suelo [17].

Zhou [18] extrajeron $10,7 - 17,5$ g DNA de 1 g del suelo utilizando CTAB y PVPP (polivinilpirrolidona) como surfactantes [14]. Miller [19] usaron como tampón de extracción el surfactante SDS junto con disolventes orgánicos (fenol y cloroformo) además de la enzima de lisozima, obteniendo $14,7$ g DNA/g-suelo [14]. Por otro lado, [13] y [1], desarrollaron un método simple de extracción de eDNA del suelo ("Slow-Stirring Method") que no requiere los disolventes orgánicos y sugieren que la microbiota del suelo es útil como un criterio para evaluación de la fertilidad del suelo. Usando ese método, ellos cuantificaron el eDNA de 2000 muestras de Japón, y reportaron el promedio de biomasa bacteriana de $6,2 \times 10^8$ células/g-suelo [13], [1]. En esta investigación, cuantificamos eDNA en el suelo agrícola en nueve cantones de la provincia de Loja en Ecuador por el método simple sin usar disolventes orgánicos establecido por Aoshima [13], el valor promedio de biomasa bacteriana de los 26 suelos fue $6,0 \times 10^8$ células/g-suelo, el valor promedio encontrado es menor con la investigación contrastada.

La mineralización del nitrógeno orgánico es extremadamente importante para desarrollar una agricultura con buen rendimiento en la que intervienen los microorganismos del suelo. Sin embargo, la mineralización del nitrógeno orgánico difícilmente ocurrirá en suelos con biomasa bacteriana de $2,0 \times 10^8$ células/g-suelo o menor [19], [20] y [1]. El 50% de los 26 suelos medidos en este estudio mostraron una biomasa bacteriana menor de $2,0 \times 10^8$ células/g-suelo, muestras de suelo procedentes de Saraguro, Paltas, Celica, Gonzanamá, Catamayo, Macará y Zapotillo, estos datos sugieren que el mejoramiento del suelo es necesario en estos sectores.

Actualmente, existe gran expectativa en la agricultura orgánica, sin embargo es necesario mantener las bacterias y hongos del suelo, el aumento de la microbiota y la mejora de sus actividades culturales lo mantendrán más productivo, esperamos que este primer trabajo sea útil

para continuar con las investigaciones y mejorar así la fertilidad de los suelos por la conservación de la microbiota.

5. CONCLUSIONES

1. El análisis de ADN ambiental es una técnica que permite evaluar eficientemente la fertilidad del suelo a través de la determinación de la microbiota presente, en esta investigación se comprueba su validez y el procedimiento seguido puede ser empleado en futuras investigaciones.

2. Los suelos en Saraguro, Paltas y Catamayo mostraron la microbiota del suelo extremadamente bajas, el promedio fue del nivel de 10^7 células/g-suelo, reflejando diferencias significativas con el resto de sitios en cuanto al contenido de eDNA. Este nivel de microbiota del suelo es menor que la biomasa bacteriana ($2,0 \times 10^8$ células/g-suelo) necesaria para mantener la mineralización de nitrógeno orgánico, lo que sugiere mejorar la fertilización del suelo.

AGRADECIMIENTOS: El autor principal expresa el agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja por su acogida en el tiempo de cooperación.

REFERENCIAS

- [1] M. Kubo, M. Mukai, y D. Adhikari *Construction of Soil Fertile Index (SOFIX) Based on Microorganisms and Application for Agriculture*. Journal of Environmental Biotechnology, 15(2): 85-90 2016
- [2] A.C. Kennedy, *Bacterial diversity in agroecosystems*. Agriculture, Ecosystems & Environment. Elsevier volume 74: 65-76. 1999
- [3] A Sharpley, *Agricultural phosphorus, water quality, and poultry production: are they compatible?*. Poultry Science. Volume 78, Issue 5, 1999, Pages 660-673
- [4] D. Rigby, D. Cáceres, *Organic farming and the sustainability of agricultural systems*. Agricultural Systems. Volume 68, Issue 1, 2001. Pages 21-40
- [5] P. Maeder, A. Fliessbach, D. Dubois, L. Gunst, P. Fried and U. Niggli. *Soil fertility and biodiversity in organic farming*. Science 296: 1694-1697. 2002
- [6] M.A. Tsiafouli, E. Thébault, S.P. Sgardelis, P.C de Ruiter, W.H. van der Putten, K. Birkhofer, L. Hemerik, F.T. de Vries, R.D. Bardgett, M.V. Brady, L. Bjornlund, H.B. Jørgensen, S. Christensen, T.D. Hertefeldt, S. Hotes, W.H. Gera Hol, J. Frouz, M. Liiri, SR Mortimer, H. Setälä, J. Tzanopoulos, K. Uteseny, V. Pižl, J. Stary, V. Wolters, K. Hedlund. *Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe*. Glob Chang Biol. Feb;21(2):973-85 2015
- [7] R.J. Stirzaker, J.B. Passioura & Y. Wilms. *Soil structure and plant growth: Impact of bulk density and biopores*. Plant Soil **185**, 151–162. 1996
- [8] E.K. Bünemann, L.M. Condron. Phosphorus and Sulphur Cycling in Terrestrial Ecosystems. In: Marschner, P., Rengel, Z. (eds) Nutrient Cycling in Terrestrial Ecosystems. Soil Biology, vol 10. Springer, Berlin, Heidelberg. vol. 10. Springer. 2007
- [9] H.W. Scherer. *Sulfur in soils*. Journal of Plant Nutrition and Soil Sci, 172(3): 326-335. 2009.
- [10] R. Martens. *Current methods for measuring microbial biomass C in soil: Potentials and limitations*. Biol Fertil Soils 19, 87–99. 1995
- [11] M.E. Arias, J.A. González-Pérez, F.J. González-Vila, y A.S. Ball. *Soil health—a new challenge for microbiologists and chemists*. Int Microbiol, 8(1): 13-21. 2005.

- [12] S. Tsuji, M. Ushio, S. Sakurai, T. Minamoto, y H. Yamanaka *Water temperature- dependent degradation of environmental DNA and its relation to bacterial abundance. PLoS One*, 12(4): e0176608. 2017
- [13] H. Aoshima, A. Kimura, A. Shibutani, C. Okada, Y. Matsumiya, M. Kubo. *Evaluation of soil bacterial biomass using environmental DNA extracted by slow-stirring method. Appl Microbiol Biotechnol*. Aug;71(6):875-80. 2006
- [14] D. N. Miller, J.E. Bryant, E.L. Madsen, y W.C. Ghiorse. *Evaluation and optimization of DNA extraction and purification procedures for soil and sediment samples. Appl Environ Microbiol*, 65(11): 4715-4724. 1999
- [15] J. Gans, M. Wolinsky, y J. Dunbar. *Computational improvements reveal great bacterial diversity and high metal toxicity in soil. Science*, 309(5739): 1387-1390. 2005
- [16] M. Kimura. *Microbial World Acting in Soil (9) -Microorganisms in Grassland-. J. the Japanese Irrigation, Drainage and Reclamation Engineering*, 59(12): 1413-1421. 1991.
- [17] H. Doi, R. Inui, Y. Akamatsu, K. Kanno, H. Yamanaka, T. Takahara, y T. Minamoto. *Environmental DNA analysis for estimating the abundance and biomass of streamfish. Freshwater Biol*, 62(1): 30-39. 2017.
- [18] J. Zhou, M.A. Bruns, y J.M. Tiedje. *DNA Recovery from Soils of Diverse Composition. Appl Environ Microbiol*, 62(2): 316-322. 1996
- [19] Y. Fukuhara, S. Horii, T. Matsuno, Y. Matsumiya, M. Mukai, y M. Kubo. *Distribution of hydrocarbon-degrading bacteria in the soil environment and their contribution to bioremediation. Appl Biochem Biotechnol*, 170(2): 329-339. 2013
- [20] S. Horii, T. Matsuno, J. Tagomori, M. Mukai, D. Adhikari, y M. Kubo. *Isolation and identification of phytate-degrading bacteria and their contribution to phytate mineralization in soil. J Gen Appl Microbiol*, 59(5): 353-360. 2013.

Aprovechamiento y evaluación de una bebida no alcohólica a base de mucílago y placenta de *Theobroma cacao L.*, *Ananas comosus* y *Mangifera indica*

*(Use and evaluation of a non-alcoholic beverage based on cocoa mucilage and placenta of *Theobroma cacao L.*, *Ananas comosus* and mango *Mangifera indica*)*

Yelitza Marianela Loor Vélez , Sandra Fabiola Heredia Moyano 
Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador
yelitza.loor2016@uteq.edu.ec, sherediam@uteq.edu.ec

Resumen: La presente investigación fue realizada con el objetivo de aprovechar y evaluar el mucílago y placenta de cacao (*Theobroma cacao L.*) en la formulación de una bebida no alcohólica en combinación con frutos amarillos, piña (*Ananas comosus*) y mango (*Mangifera indica*). Los análisis físicos químicos se llevaron según la NTE INEN 2304:2017 para determinar °Brix, pH, acidez titulable, análisis sensoriales de atributos en consumidores como olor, color, apariencia, consistencia. Se aplicó un diseño al azar (DCA), con seis tratamientos y tres repeticiones. Se estableció las diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos con la prueba de Tukey ($P > 0,05$). La mejor formulación de la combinación de bebida no alcohólica con frutos amarillos, piña (*Ananas comosus*) y mango (*Mangifera indica*) es el T1 y T4 presentan preferencia en color, olor, apariencia y consistencia. La mejor relación costo /beneficio es el T1, por cada dólar invertido retorna 0,604 centavos de dólar por una bebida de 1 L.

Palabras clave: Bebida no alcohólica, Mucilago, Placenta de cacao, Frutos amarillos,

Abstract: The present research was conducted with the aim of taking advantage and evaluating the cocoa mucilage and placenta (*Theobroma cacao L.*) in the formulation of a non-alcoholic beverage in combination with yellow fruits, pineapple (*Ananas comosus*), and mango (*Mangifera indica*). Physical-chemical analyses were carried out according to NTE INEN 2304:2017 to determine °Brix, pH, titratable acidity, sensory analysis attributes in consumers such as odour, colour, appearance, and consistency. A random design (AAC) was applied, with six treatments and three repetitions. We established the statistical differences between the means of the treatments with the Tukey test ($P > 0.05$). The best formulation of the combination of non-alcohol beverages range with yellow fruits, pineapple (*Ananas comosus*) and mango (*Mangifera indica*) are T1 and T4 present preference in colour, smell, appearance, and consistency. The best cost/benefit ratio is T1, for every dollar invested returns 0.604 cents for a 1 L drink.

Keywords: Non-alcoholic beverage, Mucilage, Cocoa placenta, Yellow fruits.

1. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao L.*), es un cultivo tradicional de la costa ecuatoriana, ya que es considerado de gran importancia para el desarrollo económico. Además, es muy distinguido en la importación y exportación por su calidad y aroma. Las zonas donde se presenta mayor producción

de cacao se encuentran en las provincias de Los Ríos, Santa Elena, Guayas, Manabí y El Oro, llegando a un total de 80 % de producción, mientras que las provincias de Pichincha, Azuay, Chimborazo, Bolívar, Cotopaxi, Sucumbíos, Orellana, Napo y Zamora Chinchipe alcanzan el 20% [1].

El mucílago de cacao presenta un alto contenido de azúcares y valor nutritivo, por lo que puede ser aprovechado al máximo por la agroindustria en la elaboración de licores, jugos, néctares, jaleas [2]. Los frutos amarillos como la piña y el mango presentan aroma, color y sabor exóticos y exquisito, aportando a la bebida de características atractivas. Además de proporcionar macronutrientes y micronutrientes [3] El mango (*Mangifera indica*) es una planta frutal de la familia Anacardiaceae, ampliamente cultivada en todo el mundo, y muy popular en el mercado mundial. Se generan grandes cantidades de coproductos del procesamiento del mango (cáscaras y semillas), que por lo general se desechan, aunque son una fuente potencial de grasas, proteínas, carbohidratos y ciertos compuestos bioactivos [4].

Con estos antecedentes se busca elaborar realizar una bebida aprovechando las diferentes materias primas. La presente investigación se realizó con el objetivo de aprovechar del mucílago y placenta de cacao (*Theobroma cacao L*) en la formulación de una bebida no alcohólica en combinación con frutos amarillos, piña (*Ananas comosus*) y mango (*Mangifera indica*).

Dentro del estudio se pretende aprovechar el mucílago y placenta de cacao (*Theobroma cacao L*) en la formulación de una bebida no alcohólica en combinación con frutos amarillos, piña (*Ananas comosus*) y mango (*Mangifera indica*). Se utilizó la relación de dilución pulpa 1 (piña) pulpa 2 (mango) con tres niveles 40% piña: 60% mango; 30% piña: 70% mango; 20% piña: 80% mango y relación de dilución pulpa/ con mucílago y placenta de cacao con dos niveles 10% mucílago y placenta de cacao; 20% mucílago y placenta de cacao.

2. METODOLOGÍA

Este trabajo se fundamenta en una investigación experimental, en base a los métodos inductivo-deductivo y analítico, con el propósito de manipular las variables dependientes de la bebida no alcohólica. El proceso inicial del aprovechamiento del mucílago y placenta de cacao (*Theobroma cacao L*) en la formulación de una bebida no alcohólica en combinación con frutos amarillos piña (*Ananas comosus*) y mango (*Mangifera indica*), consistió en las relaciones de dilución, pulpa 1 (piña) pulpa 2 (mango) 2; relación de dilución pulpa/ mucílago y placenta de cacao. Se obtuvieron seis tratamientos con tres repeticiones, de las cuales dentro de las variables de estudios se determinó las características físico químicas, concluyendo con la identificación del mejor tratamiento basándose en el análisis sensorial.

2.1. Procedimiento

La descripción del proceso de la elaboración de bebida no alcohólica en combinación con frutos amarillos, piña y mango, consta de las siguientes etapas:

2.1.1. Descripción del proceso de Extracción del mucílago de cacao

- **Recepción de las mazorcas de cacao:** La materia prima se obtuvo en la finca “Lorenita”, ubicada en el Empalme, vía a Guayas, Recinto Las Caracas. De dicha cosecha de cacao híbrido CCN-51.
- **Lavado y desinfección:** Los frutos de cacao fueron sometidos a un proceso de enjuague con agua potable a temperatura ambiente.
- **Corte:** El proceso de corte se realizó a través de la utilización de un machete, el corte de la mazorca fue de forma transversal y longitudinal de manera que facilita la extracción de las almendras mucilaginosas.

- **Separación de almendras y placenta:** Las semillas fueron extraídas y se separó de forma manual la placenta de las almendras mucilaginosas.
- **Extracción del mucílago de cacao CCN-51:** Para el proceso de recolección del mucílago de cacao se retiró una bolsa de tela beige, en la cual se colocaron los granos de cacao y se extrajo el mucílago líquido, el cual se recolectó en un recipiente plástico para realizar este proceso. Se utilizaron guantes para cuidar la higiene y seguridad del producto final.
- **Filtración:** La eliminación de las partículas en suspensión que se encuentran en el mucílago fueron separadas a través de un filtrado empleado en un lienzo de tela.
- **Pasteurización:** Una vez obtenido el mucílago de cacao, se sometió a una pasteurización rápida en un recipiente de acero inoxidable a una temperatura de 70 a 75 °C durante 12 a 15 minutos.

2.1.2. Descripción de la extracción de la pulpa de mango

- **Clasificación y recepción:** La clasificación de la fruta se basa principalmente en el peso (mango), adicionalmente a esto se revisa que el mango no esté con magulladuras, golpes, no tengan manchas o estén en un alto grado de madurez, aproximadamente un 75% de madurez.
- **Lavado:** Se realiza un lavado de los frutos mediante inmersión en agua en una tina para eliminar los residuos de tierra, pesticidas, fertilizantes y microbios superficiales. Para ello se utilizará una solución desinfectante de cloro de 5 a 10 minutos.
- **Pelado:** Consiste en separar la cáscara o corteza, se realiza de forma manual, para ello se utiliza cuchillos de acero inoxidable.
- **Troceado:** Esto se realiza con el propósito de facilitar el despulpado, se corta en trozos de 3 a 4 cm.
- **Despulpado:** Se utiliza una licuadora para despulpar, luego con un colador de acero inoxidable extraemos la pulpa.
- **Desaireación:** El mango forma espuma durante la obtención de la pulpa, la apariencia de productos espumosas, para eliminar microorganismos.
- **Pasteurización:** Consiste en calentar la pulpa durante un cierto tiempo y se lleva a enfriar de forma rápida para eliminar microorganismos.

2.1.3. Descripción de la Bebida no alcohólica.

- **Recepción:** El mucílago y placenta de cacao, pulpa de piña, pulpa de mango ya procesada y lista para ser utilizadas para la bebida no alcohólica.
- **Mezclado:** Consiste en homogenizar la mezcla y a su vez optimizar las diversas pulpas de fruta y el agua totalmente purificada.
- **Envasado:** Se realizó de forma manual en envases de vidrio de 1000 ml de capacidad los cuales fueron previamente esterilizados a 93 °C y luego se coloca los envases y se deja por 20 minutos con sus respectivas tapas.
- **Pasteurizado:** Este proceso se realizó para alargar la vida útil del producto. La bebida no alcohólica alcanzó una temperatura de 85 a 90 °C durante 10 minutos, posteriormente se procedió a realizar un choque térmico asegurando la completa pasteurización.
- **Almacenado:** La bebida fue almacenada bajo su respectiva refrigeración a una temperatura de 2 a 4 °C para su adecuada conservación.
- **Producto final:** Se obtiene la bebida no alcohólica a base de mucílago de cacao y placenta de cacao con piña y mango.

2.2. Metodología de los análisis físico – químicos

2.2.1. Determinación de °Brix por el método de refractometría

Los grados Brix son una unidad de cantidad y sirven para determinar el cociente total de materia seca disuelta en un líquido. Una solución de 25 °Bx contiene 25 g de sólido disuelto por

100 g de disolución total. Es una indicación aproximada del contenido de azúcares de las frutas y pueden ser utilizados como indicadores de maduración. Se considera la temperatura ambiente, la cual debe ser de $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, se utiliza el refractómetro en la dirección de la luz para observar a través de él la concentración que se expresa como fracción de masa en porcentaje, aplicando dos o tres gotas de la muestra en la placa del refractómetro.

El índice de refracción se correlaciona con la cantidad de sólidos solubles (expresada como la concentración de sacarosa) usando tablas, o por lectura directa en el refractómetro de la fracción de masa de sólidos solubles [5].

2.2.2. Determinación del pH

El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución acuosa. El pH indica la concentración de iones de hidrógeno presentes en determinadas disoluciones. El procedimiento para la determinación del pH se realizará lo propuesto por la norma NTE INEN 389 (1985-12) indica el uso de potenciómetro para productos líquidos. El pH será inferior a 4.5 (determinado según NTE INEN 389).

2.2.3. Determinación de Acidez

El ácido puede estar presente en los alimentos y las bebidas de forma natural, generado en procesos como la fermentación, o se puede añadir durante el procesamiento como un medio de conservación estándar. Norma Técnica Ecuatoriana INEN – ISO 750 productos vegetales y de frutas – determinación de la acidez titulable (IDT).

Determinación de acidez titulable método de fenolftaleína como indicador [6]. Según la Norma NTE INEN 381 (1985-12) para productos líquidos. Se determina acidez por titulación con NaOH 0.1N, en una bureta mediante un matraz Erlenmeyer.

2.2.4. Determinación de viscosidad

Los alimentos líquidos poseen una resistencia durante su fluidez y deformación, a ese proceso se llama viscosidad. Se estableció el estudio de viscosidad con un viscosímetro de Ostwald con el principio estático que actúa en la superficie del líquido [7].

2.2.5. Análisis sensorial

El análisis sensorial es el estudio de los alimentos a través de los sentidos. La aceptación y rechazo de un alimento por parte de los consumidores está en estrecha relación con las sensaciones. Los parámetros que definen la calidad de la bebida que se da a través del atributo como los sentidos, olfato, gusto, tacto y oído, podemos detectar las propiedades o atributos sensoriales de un helado como el olor, el aroma, el sabor y la textura [8].

Para determinar la formulación final se partió de seis tratamientos por triplicado, en los cuales se evaluó características organolépticas como color, olor, sabor y viscosidad, por 20 catadores no entrenados, usando una escala hedónica verbal de cinco puntos basada en la escala de Likert [9] tal y como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1. Escala hedónica verbal de 5 puntos

Descripción	Clasificación
Me gusta mucho	5
Me gusta	4
Indiferente	3
Me disgusta	2
Me disgusta mucho	1

2.2.6. Materiales

Los materiales utilizados en este trabajo de investigación se especifican en la Tabla 2:

Tabla 2. Materiales utilizados en la investigación

Materiales	Marca / Especificaciones técnicas
Balanza de precisión	(Ohaus TM Pioneer TM PX 323/E)/ capacidad máxima 320 g, lectura mínima 0,001 g, tamaño del plato 120 mm
Licuadaora	Oster. Potente motor de 500 vatios Jarra de vidrio refractario con capacidad para 5 tazas Control giratorio de 2 velocidades Clásico diseño cromado Exclusivo sistema de acople totalmente metálico All-Metal Drive para máxima durabilidad Pulveriza hielo con la cuchilla trituradora de hielo
Extractor de jugos	Oster, 2 velocidades Fácil de limpiar porque sus accesorios son extraíbles Jarra con capacidad para 1,25 L, con separador de espuma Brazo de seguridad de acero inoxidable Boca de alimentación dos veces más grande
Cocina	Indurama, 5 quemadores Tapa de vidrio templado Tablero de acero inoxidable Bisagras Reforzadas Parrillas fundidas Quemadores sellados Quemador ultra-rápido triple corona
pH-metro	Fisher Scientific, exactitud varios, exactitud $mv \pm 0,2$ mV, puntos de calibración (pH) hasta 6 preajustes o 5 personalizados, puntos de datos 2000, pantalla LCD, longitud (métrico) 24,6 cm, altura imperial 3,89 in, peso 2,5 lb
Termómetro	Fisher Scientific. Pantalla: LCD Escalas: Celsius y Fahrenheit Rango De Temperatura: -50°C a 300°C (-58°F a 572°F)
Refractómetro	Petket. Compensación automática de temperatura (ATC), Portátil y ligero, 3 segundos
Probetas	Fisher Scientific, 100 mL
Mortero con mazo de porcelana	Haldenwanger TM . Probeta graduada, hexagonal, vidrio borosilicatado, diámetro exterior 31 mm, capacidad 100 mL, altura 240 mm
Buretas	Fisher Scientific. Capacidad 50 ml, vidrio de borosilicato, llave de paso clave de PTFE, tipo Buret, longitud 820 mm, graduaciones 0,1 mL
Soporte universal	Fisher Scientific. Pieza de metal de laboratorio donde se sujetan con ayuda de pinzas buretas, embudos de filtración etc. Conjunto de varilla y base rectangular hecha de acero prensado con recubrimiento de polvo resistente a la corrosión y una varilla de 60 cm de acero inoxidable con orificio roscado de 10 x 1,5 mm
Viscosímetro	Ostwald. Adecuado para líquidos transparentes, calibración a 40

	°C y 100 °C. Longitud total 300 mm. Aforos permanentes en color ámbar.
Materia Prima	Variedad
Mucílago de cacao	CCN-51
Placenta de cacao	CCN-51
Piña <i>Ananas comosus</i>	<i>Ananas comosus sp.</i>
Mango <i>Mangifera indica</i>	<i>Mangifera indica sp.</i>

Tabla 3. Media de grados Brix (%) en la formulación de la bebida no alcohólica en combinación con frutos amarillos, piña (*Ananas comosus*) y mango (*Mangifera indica*)

Tratamientos	Media	Norma INEN
T1: 40% piña + 60% mango +10% mucílago y placenta de cacao	10.27 *	0 – 15 ° Brix
T2: 40% piña + 60% mango + 20% mucílago y placenta de cacao	10.14 *	
T3: 30% piña + 70% mango + 10% mucílago y placenta de cacao	9.93 *	
T4: 30% piña + 70% mango + 20% mucílago y placenta de cacao	8.53 **	
T5: 20% piña + 80% mango + 10% mucílago y placenta de cacao	8.20 **	
T6: 20% piña + 80% mango + 20% mucílago y placenta de cacao	8.00 **	
CV %		3.66

*Factor A: Relación de dilución pulpa 1/pulpa 2

**Factor B: Relación de dilución pulpa/ mucílago y placenta de cacao

Tabla 4. Media de pH en la formulación de la bebida no alcohólica.

Tratamientos	Media	Norma INEN 2304:2017
T1: 40% piña + 60% mango +10% mucílago y placenta de cacao	3.97 *	2.5 a 4.5
T2: 40% piña + 60% mango + 20% mucílago y placenta de cacao	3.95 *	
T3: 30% piña + 70% mango + 10% mucílago y placenta de cacao	3.95 *	
T4: 30% piña + 70% mango + 20% mucílago y placenta de cacao	3.92 **	
T5: 20% piña + 80% mango + 10% mucílago y placenta de cacao	3.92 **	
T6: 20% piña + 80% mango + 20% mucílago y placenta de cacao	3.90 **	
CV %		0.22

*Factor A: Relación de dilución pulpa 1/pulpa 2

**Factor B: Relación de dilución pulpa/ mucílago y placenta de cacao

3. RESULTADOS

En la Tabla 3 se muestra las medias de los tratamientos que presentaron diferencias estadísticamente no significativas según la prueba de Tukey ($p > 0.05$), con un coeficiente de variación de 3.66%, los tratamientos (T1, T2 y T3) para el factor A, difieren significativamente de las formulaciones de los tratamientos T4, T5 y T6 para el factor B. Por ejemplo, para el caso de los tratamientos del factor A, el tratamiento T1 presentó el valor de la media más elevado de 10.27, mientras que los tratamientos del factor B el tratamiento T4 obtuvo la media más alta (8.53). Estos resultados indican que los tratamientos con mayor contenido de pulpa de fruta (mango y piña) contienen mayor concentración que los tratamientos de mucílago y placenta de cacao [10].

Según la Norma INEN 2337:2008 los valores establecidos para la acidez fluctúan entre 0.1 a 0.6, por lo tanto, el producto cumple con los estándares de calidad de la norma. Un estudio realizado por Tadeo y Terol [11] manifiestan que el ácido más importante de un fruto, es el ácido cítrico, representando del 70-90 % de los ácidos totales, además los niveles de ácidos orgánicos disminuyen estacionalmente cuando la fruta madura. Por su parte, Viñas [12] señala que la acidez es una característica organoléptica de los frutos y que los azúcares son los principales responsables del sabor.

Para identificar la mejor formulación de la combinación de mucílago y placenta de cacao con frutos amarillos como piña y mango se realizó un análisis sensorial de olor, color, apariencia y consistencia, con 20 jueces consumidores.

En la Figura 1, se aprecia que la bebida con mayor aceptación respecto al olor fue la del tratamiento 1 con un 95 %. Por lo tanto, el olor influye directamente con la cantidad de pulpa y el aroma característico de la fruta recién cosechada [13].

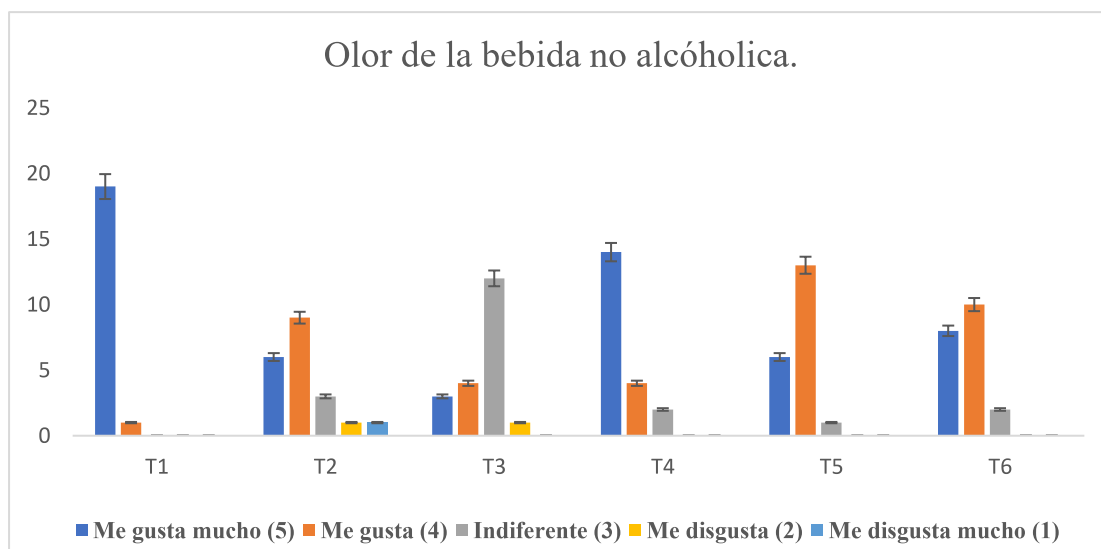


Figura 1. Mejor formulación de acuerdo con el análisis sensorial en el olor de la bebida

De acuerdo con el análisis de la figura 2, la bebida con mayor aceptación respecto al color, considerada por los participantes de este estudio fue el tratamiento 4 con un 70 %. Esto se debe a que el color del mucílago de cacao posee un color rosado pálido, y al sacarlo de la cáscara presenta un color ámbar, esto es reflejado en el producto final al contener una cantidad mayor en su formulación [13].

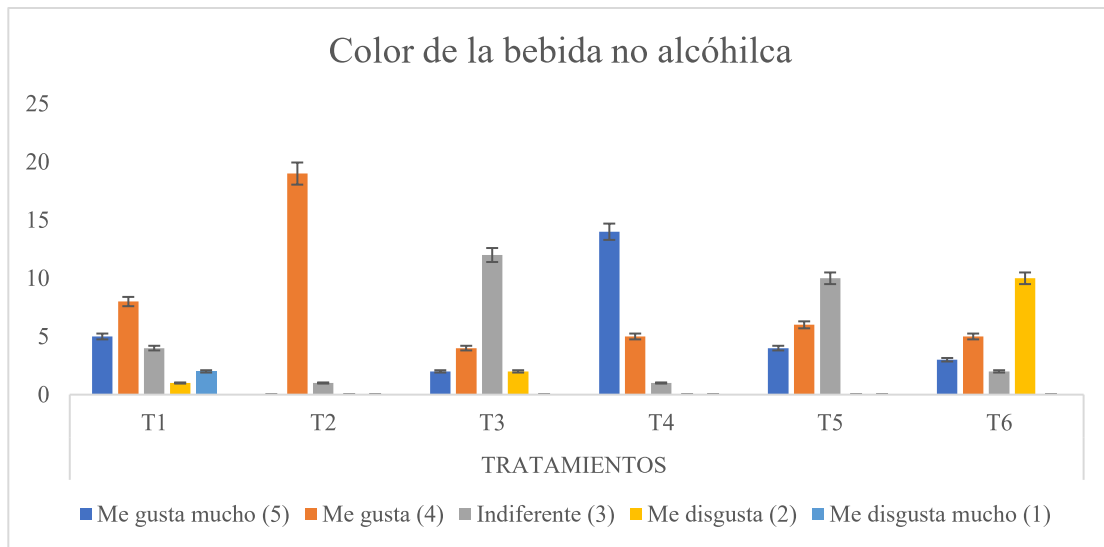


Figura 2. Mejor formulación de acuerdo con el análisis sensorial del color de la bebida

Según el análisis de la figura 3, se evidencia que la bebida con mayor aceptación respecto a la apariencia considerada por los catadores no entrenados fue el tratamiento 4: piña (30%), mango (70 %) y, mucílago y placenta de cacao (20 %).

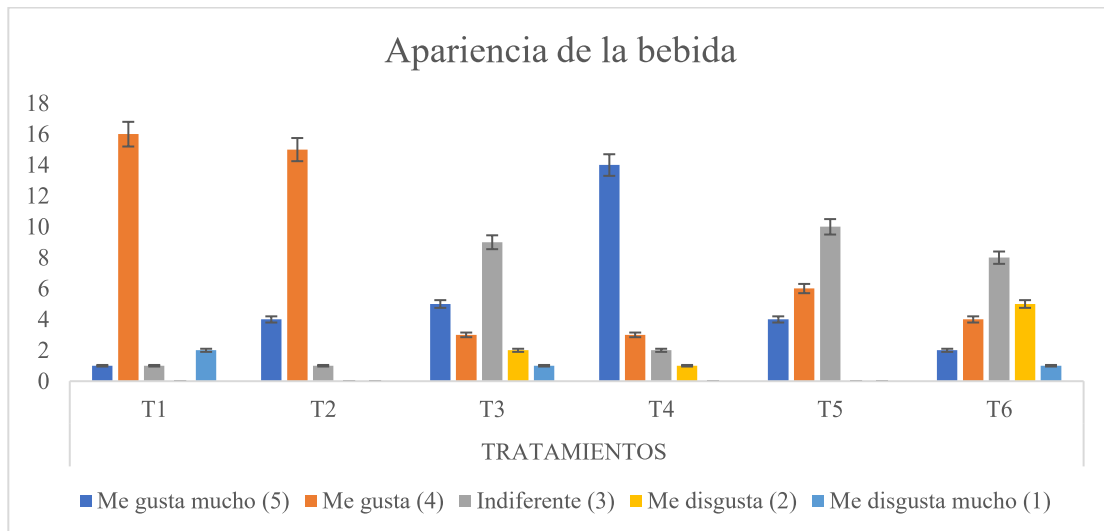


Figura 3. Mejor formulación de acuerdo con análisis sensorial en la apariencia de la bebida

4. DISCUSIÓN

Basándose en los resultados adquiridos, la bebida con mayor aceptación en relación al olor fue el tratamiento 1: piña (40%), mango (60%) y, mucílago y placenta de cacao (10%). Esta característica podría deberse a la presencia de ácido cítrico que resalta el olor de los aceites esenciales presentes en la fruta. Al comparar estos resultados con los de Cuvi [14] se muestran características diferentes, debido a que el autor al realizar la determinación de la calidad sensorial en la bebida no alcohólica, el tratamiento 3 fue el óptimo; obteniendo un olor del mango de (38%) y del mucílago y placenta de cacao (12%).

La bebida con mayor aceptación respecto al color, fue el tratamiento 4 con un 70 %. Esto se debe a que el color del mucílago de cacao posee un color rosado pálido, y al sacarlo de la cáscara presenta un color ámbar [13]. Comparando estos resultados con los de Arciniega y Espinoza [15] se evidencia una clara diferencia, dado a que el análisis de varianza para el color, las formulaciones F1 y F4 fueron las más eficientes. Además, el valor promedio más elevado corresponde 37.5% de agua y 65.5% de pulpa. Del mismo modo, en el trabajo de Olea [16] en cuanto a color, el resultado logrado del tratamiento 4 fue más alto, asumiendo un color cremoso, parámetro que se determinó según las evaluaciones sensoriales.

Por su parte, la bebida con mayor aceptación respecto a la apariencia considerada por los catadores no entrenados fue el tratamiento 4: piña (30%), mango (70 %) y, mucílago y placenta de cacao (20 %). Al hacer una comparación con el estudio presentado por Fernández et al. [17] se evidencia distintos procesos, debido a que la apariencia presentó estadísticas significativas ($p = \leq 0.05$) en el Factor A (cacao), el tratamiento T₂ obtuvo el mayor valor (9.0), siendo el T₁ (residuos de cacao) de menor valor. El estudio de Valencia y Zambrano [18] con base a la apariencia se comprobó que todos los tratamientos se encontraron dentro de un mismo rango y que no existieron diferencias significativas entre sus medias, sin embargo, el rango más alto de aceptabilidad fue el del tratamiento T3= A3B1.

Asimismo, la bebida con mayor aceptación respecto a la consistencia fue el tratamiento 1 (95%). Los resultados reflejan que la apariencia de la bebida frente a los consumidores es favorable. El proyecto de Pinargote y Ruiz [19] en su fase final muestra que la consistencia del tratamiento 4 fue la más eficiente, obteniendo (90%).

5. CONCLUSIONES

Las principales características evaluadas fueron color, olor, apariencia y consistencia. Sin embargo, a pesar de que estadísticamente no existen diferencias significativas en las diversas composiciones del producto, se distinguen preferencias por tratamientos en relación con los factores sensoriales.

Para el primer tratamiento de: piña (40%), mango (60%) y, mucílago y placenta de cacao (10%) los principales atributos fueron el olor y la apariencia; mientras que para el color y la consistencia destacó el cuarto tratamiento compuesto de: piña (30%), mango (70%) y, mucílago y placenta de cacao (20%).

Las preferencias varían de acuerdo con la formulación de la bebida no alcohólica y preferencia de los consumidores. Por tal razón, es importante señalar que las seis formulaciones consideradas en el presente estudio cumplen con la normativa nacional vigente para refrescos y bebidas no carbonatadas.



REFERENCIAS

- [1] T. Hernández, «Manejo de las enfermedades del cacao (*Theobroma cacao* L) en Colombia, con énfasis en monilia (*Moniliophthora roreri*), Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA,» 2016.
- [2] D. Villanueva y A. Villamar, «Aprovechamiento del jugo de mucílago de cacao. *Theobroma cacao* L.) en la elaboración de productos agroindustriales (néctar, vino y vinagre),» Universidad Nacional Hermilio Valdizan, 2019.
- [3] O. Gross, «El libro del azúcar,» Ediciones Emede S.A, Buenos Aires - Argentina, 2013.
- [4] P. Mwaurah y S. Kumar, «Novel oil extraction technologies: process conditions, quality parameters, and optimization,» *Revista Food Sci. Food Saf*, vol. 19, n° 3, pp. 3-20, 2020.

- [5] INEN, «Determinación de la densidad de grados brix,» Instituto Ecuatoriano de Normalización, Quito, 2017.
- [6] INEN, «Productos vegetales y de frutas – determinación de la acidez titulable (IDT),» Quito-Ecuador, 2017.
- [7] I. Essien, s. Etuk, J. Atat y E. Ekott, «Determination of viscosity of wild mango (*irvingia gobonensis*), hibiscus and okro (*abelmoschus esculentus*) at different temperatures,» *International Journal of Research and Development (IJRD)*, vol. 5, nº 1, p. 8, 2020.
- [8] T. Pinto y A. Vilela, «T. «Chemical and Sensory Characteristics of Fruit Juice and Fruit Fermented Beverages and Their Consumer,» *Revista Beverages*, vol. 8, nº 2, p. 33, 2022.
- [9] A. Cañadas y B. Sánchez, «Categorías de respuesta en escalas tipo Likert,» vol. 10, nº 3, p. 623–633, 1998.
- [10] J. Martínez y A. Urdampilleta, «Necesidades energéticas, hídricas y nutricionales en el deporte. Motricidad,» *Rev. European Journal of Human*, vol. 30, nº 3, pp. 37-52, 2013.
- [11] D. Tadeo y J. Terol, Licciardello, Fruit growth and development, Valencia-España: Ed. The Genus Citrus, 2020, pp. 245-26.
- [12] M. Viñas, J. Rodie, G. Echeverría y I. Lara, Poscosecha de pera, manzana y melocotón, Madrid-España: Ediciones Paraninfo S.A, 2016.
- [13] S. Rivera, «Propuesta de aplicación del mucílago de cacao para la elaboración de bebidas y postres mediante técnicas de vanguardia [Tesis de Pregado],» Cuenca-Ecuador, 2019.
- [14] D. Cuví, «Influencia del tiempo de fermentación sobre una bebida alcohólica con mucílago de cacao [Tesis de Pregrado],» Universidad Agraria del Ecuador, Milagro – Ecuador, 2020.
- [15] G. Arciniega y R. Espinoza, «Optimización de una bebida a base del Mucílago del Cacao (*Theobroma cacao*), como aprovechamiento de uno de sus subproductos,» *Revista Científica*, vol. 6, nº 3, pp. 310-326, 2020.
- [16] A. Olea, «Efecto del Mucílago de Cacao (*Theobroma Cacao*) [Tesis de grado],» Universidad Agraria del Ecuador, Milagro, 2021.
- [17] A. Fernández, G. Hidalgo, R. Vélez y N. Villegas, «Elaboración de Licor Añejo con Almendras de Cacao Nacional (*Theobroma cacao* L.) residual de la clasificación para exportación,» *Revista Científica y Tecnológica InGenio revista de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería*, vol. 4, nº 2, 2021.
- [18] A. Valencia y R. Zambrano, «Caracterización fisicoquímica de una bebida con adición de mucilago de cacao (*Theobroma cacao* L) [Tesis de grado],» Universidad Técnica de Manabí, Chone, 2021.
- [19] D. Pinargote y J. Ruiz, «Efecto reológico de la pectina de cáscara de cacao (*theobroma cacao* l.) en la calidad físico-química [Tesis de Posgrado],» Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí, 2020.

Tratamiento de efluentes de una planta productora de helados usando reactores secuenciales por carga

(Treatment of effluents from an ice cream producing plant using sequential batch reactors)

Sedolfo Jose Carrasquero Ferrer¹ , Sonia Soraya Urbina Bustos² 
¹ Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil (UTEG), Guayaquil, Ecuador
² Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador
scarrasquero@uteg.edu.ec, surbina@uteg.edu.ec

Resumen: El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficiencia de un reactor por carga secuencial operado en el tratamiento de efluentes de una productora de helados. Se implementaron dos tiempos de 10 y 12 horas, una secuencia operacional anaerobia, aerobia y anóxica, y un tiempo de retención celular de 25 días. Los parámetros fisicoquímicos medidos fueron la demanda química de oxígeno total, nitrógeno amoniacal, nitritos (NO₂⁻), nitratos, ortofosfatos, fósforo total, pH y alcalinidad total al inicio, final de cada fase y salida del reactor para cada tratamiento evaluado. De acuerdo a los resultados obtenidos, los porcentajes de remoción de DQO_T estuvieron entre 89,8 y 94,6% para 10 y 12 h, respectivamente, sin diferencias estadísticamente significativas entre los tiempos aplicados. El SBR fue eficiente para la remoción de los nutrientes presentes en el efluente industrial, alcanzando una remoción máxima de nitrógeno total de 81,0% y de fósforo total de 51,0%.

Palabras clave: Efluentes lácteos, nutrientes, tratamiento biológico, reactores.

Abstract: The objective of this research was to evaluate the efficiency of a sequential batch reactor operating in the treatment of effluents from an ice cream producer. They implemented two times of 10 and 12 hours, an anaerobic, aerobic and anoxic operational sequence, and a cell retention time of 25 days. The physicochemical parameters measured were chemical total oxygen demand, ammoniacal nitrogen, nitrites, nitrates, orthophosphates, total phosphorus, pH and total alkalinity at the beginning, end of each phase and outlet of the reactor for each treatment evaluated. According to the results obtained, the percentages of COD removal were between 89.8 and 94.6% for 10 and 12 h, respectively, without statistically significant differences between the applied times. The SBR was efficient for the removal of the nutrients present in the industrial effluent, reaching a maximum removal of total nitrogen of 81.0% and total phosphorus of 51.0%.

Keywords: Dairy effluents, nutrients, biological treatment, reactors.

1. INTRODUCCIÓN

Los efluentes industriales se caracterizan por ser de composición muy diversa y compleja, debido a que se generan de sistemas productivos diferentes, donde las materias primas e insumos que se utilizan le proporcionan características particulares a cada tipo de agua residual generada; por lo tanto, es un desafío diseñar con facilidad un tratamiento que sea flexible y adaptable a la gama de contaminantes presentes en estos efluentes [1,2]

Los efluentes lácteos provienen de diferentes secciones de la industria láctea, como plantas de queso y mantequilla, plantas de helados y leche condensada, así como las plantas de recepción y embotellado de leche [3]. Los residuos producidos durante estos procesos de transformación, combinados con un gran consumo de agua, convierten a la industria láctea en una de las más contaminantes de la industria alimentaria [4].

La fabricación industrial de helados ocupa el primer puesto dentro del sector lácteo en el uso de agua por unidad de producto [5]. De hecho, el uso de agua es entre 4 y 5 L de agua por litro de leche transformada en helado. La generación de aguas residuales se produce por derrames accidentales, cambios de producto y protocolos de limpieza en la industria [6]. Los efluentes de la fabricación de helados pueden contener entre un 10 y 24 % de proteína y grasa en una base respectivamente [7]. Tal cantidad de material orgánico contribuye significativamente a la DBO_{5,20} y la DQO, que son aproximadamente 20 veces más altas que en efluentes domésticas [8].

Los vertidos residuales contaminantes del proceso de elaboración del helado proceden principalmente de los componentes de la leche como grasas, proteínas, azúcares y sales minerales, marcando alto carácter orgánico, en los cuales también influyen las operaciones de limpieza de equipos y superficies, aguas de refrigeración y condensado.

En general, el tratamiento de los efluentes de la fabricación requiere una combinación de varias operaciones, incluidas trampas de grasa, separadores de agua y aceite, sedimentación, tratamientos biológicos y químicos [9]. Se sabe que los aceites y grasas en los efluentes causan obstrucciones en el sistema de alcantarillado, provocando su desbordamiento y una reducción de su capacidad. Otra preocupación en estos efluentes es la variación en el pH debido a la presencia de compuestos aromatizantes, azúcar, proteínas, grasas emulsionadas, tensioactivos y agentes de limpieza residuales [7,10].

Los tratamientos aeróbicos, anaeróbicos y fisicoquímicos son ejemplos de tratamientos utilizados actualmente para los efluentes de la fabricación de helados. En este contexto, los reactores secuenciales por carga, que consisten en tanques, en los cuales ocurren en forma secuencial diferentes procesos de reacción y clarificación. Presentan como ventajas que son de fácil manejo, logran remover hasta un 90% de la DQO, requieren espacios reducidos para instalarlos y generan menor cantidad de subproductos que los tratamientos biológicos convencionales, como los sistemas de lodos activados con recirculación. Además, En este reactor único se logran la homogenización de caudales, la aireación y la sedimentación [11,12]

Es por ello que el objetivo de esta investigación fue evaluar la eficiencia de un reactor por carga secuencial operado bajo diferentes tiempos de ciclo operacional (8 y 10 h) en el tratamiento de efluentes provenientes de una planta productora de helados, para lograr la remoción simultánea de materia orgánica, nitrógeno y fósforo

2. METODOLOGÍA

Esta investigación se ubicó dentro del nivel integrativo, y comprende la modalidad más compleja de la investigación, teniendo como característica muy importante la participación del investigador en la modificación de las condiciones del objeto en estudio. Según Hurtado [13], el tipo de investigación es evaluativa, debido a que su objetivo general es evaluar los resultados de uno o más programas que han sido aplicados dentro de un contexto determinado, permitiendo estimar la efectividad del tratamiento SBR en aguas residuales lácteas.

La obtención del efluente se realizó en una fábrica procesadora de helados y postres lácteos del Estado Zulia, Venezuela. La recolección de los efluentes se realizó de acuerdo a los patrones establecidos en el Método Estándar [14], usando la metodología 1060 sobre la recolección de muestras y preservación. La recolección se realizó de manera manual a través de un muestreo aleatorio simple en las tanquillas ubicadas a la salida de la descarga de los efluentes. Los

muestreos se realizaron mensualmente tomando las aguas residuales de las empresas en recipientes limpios de plástico, de color oscuro, con capacidad de 20 – 25 L. Luego, las muestras se trasladaron al laboratorio, se caracterizaron y se almacenaron bajo refrigeración a 4°C, con el fin de garantizar sus características iniciales.

Para el tratamiento de los efluentes se utilizó un reactor cilíndrico de carga secuencial a escala de laboratorio, de 14,5 cm de diámetro y 26 cm de alto, con un volumen total del dispositivo de 4 L. El volumen efectivo de trabajo fue de 2 L, con 30% de biomasa adaptada y el resto agua residual. El reactor funcionó de manera automatizada para el llenado y descarga del agua a tratar mediante un sistema de bombeo con bombas peristálticas de un solo sentido de flujo (Cole-Parmer, modelos 77202-60 y 77201-60), con dispositivos reguladores de tiempo (Excelline, modelo GTC-E-120AS9) y sistemas independientes de agitación mecánica y suministro de oxígeno (Figura 1). Todo el efluente clarificado se extrajo del reactor durante la fase de descarga.

El reactor se inoculó con biomasa adaptada a las características del efluente. La entrada del afluente y la descarga del efluente del reactor se realizaron a través de tuberías flexibles de 6 mm de diámetro (Masterflex 06409-147), empleando bombas peristálticas de un solo sentido de flujo, con caudal constante de 93 mL/min para el llenado y descarga [15].

El sistema de agitación mecánica consistió de un motor monofásico de 15 W y 1300 rpm (General electric, modelo WR60X165), ensamblado a un eje de acero inoxidable con un asa de cuatro alas que se sumergió dentro del agua residual y lodo (licor mezcla).

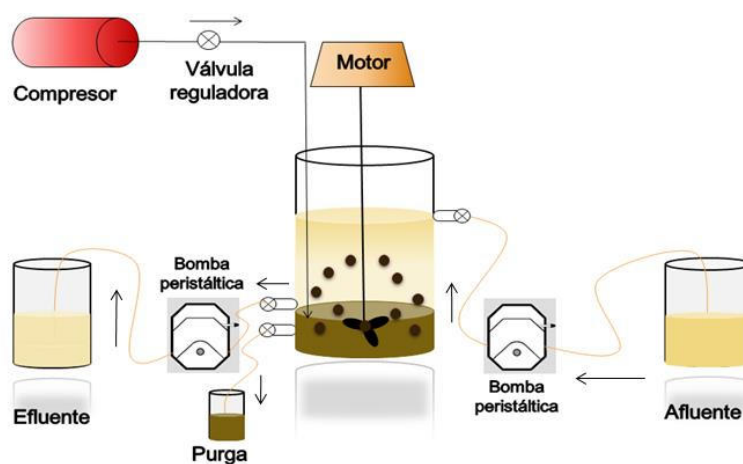


Figura 1. Descripción ilustrada del reactor por carga secuencial.

El aire se suministró a través de un compresor (SeaStar, modelo HX-308-20) conectado a una tubería flexible transparente de 5 mm, enlazada en serie con un dispositivo difusor dispuesto en el fondo del reactor de 45 cm de largo y 4 mm de diámetro. Este dispositivo suministró aire en forma ascendente a la mezcla contenida en el reactor, garantizando una concentración mínima de oxígeno disuelto durante la fase aeróbica de 2 mg/L [16].

Las muestras fueron tomadas al inicio, al final de cada ciclo operacional y a la salida del reactor. Los parámetros fisicoquímicos analizados fueron pH, DBO_{5,20}, DQO, alcalinidad total, nitrógeno total Kjeldahl, nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos y fósforo total. Cada muestreo se realizó en función de los análisis definidos para cada una de las fases del ciclo en estudio y se presentaron los análisis realizados en cada una de las etapas del ciclo evaluado.

Previo al tratamiento de los efluentes en el reactor, se realizó el ajuste del pH que consistió en adaptar el nivel de pH del agua a niveles óptimos (6,5 a 8,5). Este ajuste se realizó con hidróxido de sodio (NaOH) 6 N.

El tratamiento de los efluentes se realizó variando el tiempo de ciclo operacional (TCO), entre 10 y 12, con el fin de determinar el tiempo más eficiente, utilizando un tiempo de retención celular de 25 días. Para el TCO de 10 h se utilizó la siguiente secuencia operacional, la fase del llenado del reactor (0,25 h), una etapa anaeróbica (Ae) de 1,5 h, una fase aeróbica (Ae) de 5,0 h, una etapa anóxica (Ax) de 2,5 h, una fase de sedimentación de 0,5 h y la descarga del efluente tratado de 0,25 h. Para el tratamiento de 12 h, se utilizaron la misma secuencia, pero se alargó la fase aeróbica a 7,0 h.

El experimento se condujo mediante un diseño completamente al azar, con dos tratamientos de 12 repeticiones cada uno, los resultados de las remociones de las variables se compararon mediante un análisis de varianza de una sola vía y separación de medias a través de la prueba de Tukey, utilizando el programa estadístico SPSS, versión 20.0. Los resultados del resto de las variables evaluadas fueron presentados mediante estadística descriptiva señalando los valores de tendencia central (media) y su dispersión (desviación estándar).

3. RESULTADOS

Se evaluó la eficiencia de remoción de materia orgánica, nitrógeno y fósforo en el reactor por carga operado bajo dos tiempos de ciclo operacional (10 y 12 h). Se obtuvo que los porcentajes de remoción estuvieron entre 89,8 y 94,6%, sin diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre los tiempos aplicados (Tabla 1).

Tabla 1. Eficiencia de remoción de DQO_T para los tratamientos evaluados en el efluente lácteo

Fase	T1	T2
Entrada	3024 ± 649	3110 ± 232
Fin Anaeróbica	1914 ± 530	1741 ± 607
Fin Aeróbica	621 ± 74	215 ± 32
Fin Anóxica	310 ± 21	166 ± 38
Salida	308 ± 11	175 ± 41
% Remoción de DQO_T	89,8 ± 2,2 ^a	94,3 ± 2,5 ^a

Nota: n: número de repeticiones. n: 12. T1: Tratamiento con un TCO de 10 h y T2: 12 h. TCO: Tiempo de ciclo operacional. Media seguida por letras distintas en cada columna indica diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

Los perfiles de DQO realizados para cada tratamiento muestran una cinética de degradación de materia orgánica muy similar (Figura 2). La cinética de degradación siguió una reacción de pseudoprimer orden y puede ser representada matemáticamente por $\ln C = -kb \cdot t + \ln C_0$. La constante de biodegradación promedio para los cuatro tratamientos realizados fue de $0,218 \pm 0,050 \text{ h}^{-1}$.

El sistema SBR fue usado originalmente para la eliminación de demanda química de oxígeno (DQO) de las aguas residuales. Con la introducción de la fase anaerobia se produce la liberación de fósforo por parte de los microorganismos, en la fase aerobia tiene lugar la nitrificación,

consumo de oxígeno y de fósforo; mientras que la desnitrificación ocurre en la siguiente fase anóxica. [17].

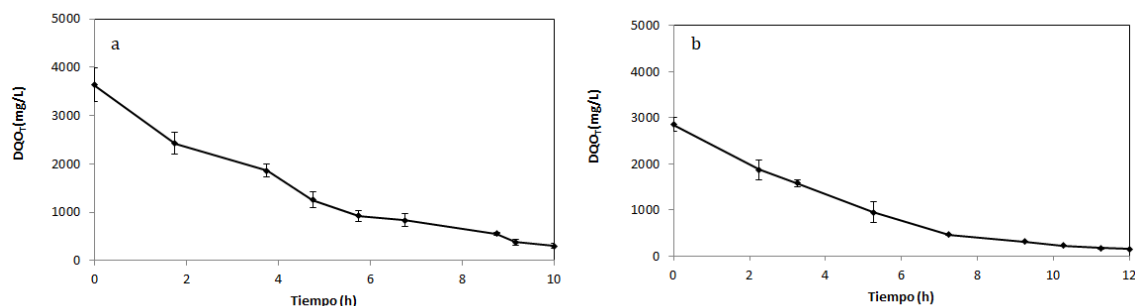


Figura 2. Evolución de la DQO_T durante los tratamientos realizados al efluente de la planta productora de helados.

En la Tabla 2 se presentan los resultados de las mediciones de NTK, N-NH₄⁺, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻ y NT. La remoción de NTK durante el tratamiento con 12 h osciló entre 92,6 y 95,2% (Tabla 3), permitiendo obtener las menores concentraciones a la salida del reactor (1,0 ± 0,1 mg/L).

La máxima eficiencia de nitrificación (99,0%) se obtuvo para el TCO de 12 h, el ciclo que tenía la fase aeróbica de mayor duración. Al final de esta fase, las concentraciones de nitrógeno amoniacal fueron menores a 0,1 mg/L y se obtuvieron las mayores concentraciones de nitratos (18,8 ± 7,4 mg/L). La eficiencia de desnitrificación varió entre 77,3 y 83,0%, no existiendo diferencias significativas (p>0,05) entre los valores obtenidos en cada uno de los tiempos evaluados.

Se observó que el pH disminuyó ligeramente durante la fase anaeróbica (Tabla 4), debido a que en esta fase ocurre la fermentación de la lactosa produciendo ácidos grasos orgánicos volátiles de cadena corta como ácido láctico, ácido butírico, acetilmetil-carbonil, entre otros.

Las concentraciones promedio de fósforo y ortofosfatos que se obtuvieron durante el tratamiento de los efluentes lácteos se presentan en la Tabla 5. La concentración de fósforo total a la entrada estuvo entre 7,96 y 7,94 mg/L, mientras que los valores a la salida del reactor estuvieron entre 4,26 y 3,76 mg/L, obteniéndose así porcentajes de remoción que oscilaron entre 30,4 y 51,2%.

4. DISCUSIÓN

Las eficiencias de remoción de DQO_T concuerdan con las reportadas por Mohseni y Bazari [18] de más del 90%, durante el tratamiento de efluentes de una planta procesadora de leche en un SBR operado con una TRC de 20 días, un TCO de 7 h, y una concentración de DQO a la entrada de 2500 mg/L. De igual manera, se asemejan a las obtenidas por Lamine, Bousselmi, Ghrabi [19], Andrea y Arthy [11]. A medida que la concentración de DQO_T a la entrada presentó los valores mayores, se obtuvieron menores concentraciones de DQO_T a la salida, alcanzando por ende mayores porcentajes de remoción.

Tabla 2. Valores promedios de las concentraciones de NTK, N-NH₄⁺, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻ en los tratamientos de los efluentes lácteos

Variable	Fase	T1	T2
NTK	Entrada	16,1 ± 1,0	16,5 ± 0,7
	Fin Anaeróbica	10,6 ± 2,3	113 ± 0,9
	Fin Aeróbica	1,9 ± 1,0	1,2 ± 0,3
	Fin Anóxica	1,6 ± 0,7	1,6 ± 0,9
	Salida	1,5 ± 0,3	1,0 ± 0,1
N-NH ₄ ⁺	Entrada	7,6 ± 3,5	10,4 ± 4,3
	Fin Anaeróbica	6,4 ± 2,8	9,7 ± 1,0
	Fin Aeróbica	0,6 ± 0,4	0,08 ± 0,01
	Fin Anóxica	0,8 ± 0,5	0,09 ± 0,01
	Salida	1,0 ± 0,3	0,09 ± 0,03
N-NO ₂ ⁻	Entrada	ND	ND
	Fin Anaeróbica	ND	ND
	Fin Aeróbica	4,6 ± 3,2	4,9 ± 3,7
	Fin Anóxica	ND	ND
	Salida	ND	ND
N-NO ₃ ⁻	Entrada	ND	ND
	Fin Anaeróbica	ND	ND
	Fin Aeróbica	15,4 ± 7,1	18,8 ± 7,4
	Fin Anóxica	1,5 ± 0,4	1,9 ± 0,6
	Salida	1,5 ± 0,3	1,9 ± 0,7
NT	Entrada	16,1 ± 1,0	16,5 ± 0,7
	Fin Anaeróbica	10,6 ± 2,3	113 ± 0,9
	Fin Aeróbica	21,9 ± 5,0	24,9 ± 4,4
	Fin Anóxica	3,1 ± 0,6	3,5 ± 0,6
	Salida	3,0 ± 0,5	2,9 ± 0,4

n: número de repeticiones. n: 12. ND: No detectable. Límite de detección: 1 mg/L. T1: 10 h y T2: 12 h. TCO: Tiempo de ciclo operacional.

Tabla 3. Valores promedios de la remoción de NTK, NT, eficiencias de nitrificación y desnitrificación obtenidos durante tratamientos de los efluentes lácteos

Variable	T1	T2
Remoción de NTK	90,7 ± 1,6 ^a	93,9 ± 1,3 ^a
Remoción de NT	81,4 ± 1,2 ^a	82,4 ± 1,4 ^a
Eficiencia de nitrificación	86,8 ± 9,8 ^b	99,1 ± 0,6 ^a
Eficiencia de desnitrificación	77,3 ± 7,3 ^a	81,7 ± 2,4 ^a

n: número de repeticiones. n: 12. T1: Tratamiento con un TCO de 10 h y T2: 12 h. TCO: Tiempo de ciclo operacional. Media seguida por letras distintas como superíndice en cada columna indica diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

Tabla 4. Valores promedios de pH y alcalinidad total obtenidos durante el tratamiento de los efluentes lácteos.

Variable	Fase	T1	T2
pH	Entrada	6,86 ± 0,14	6,75 ± 0,11
	Fin Anaerobia	6,79 ± 0,31	6,68 ± 0,25
	Fin Aerobia	7,28 ± 0,50	7,42 ± 0,15
	Fin Anóxica	7,50 ± 0,49	7,61 ± 0,28
	Salida	7,51 ± 0,40	7,62 ± 0,24
Alcalinidad total (mg CaCO ₃ /L)	Entrada	204 ± 41	238 ± 28
	Fin Anaerobia	284 ± 22	308 ± 25
	Fin Aerobia	347 ± 79	349 ± 33
	Fin Anóxica	395 ± 61	305 ± 44
	Salida	391 ± 54	353 ± 36

n: número de repeticiones. n: 12. ND: No detectable. Límite de detección: 1 mg/L. T1: Tratamiento con un TCO de 6 h. T2: 8 h. T3: 10 h y T4: 12 h. TCO: Tiempo de ciclo operacional.

La mayor remoción se obtuvo en la fase anaeróbica del ciclo operacional, debido a que ocurre el proceso de adsorción de la materia fácilmente biodegradable por parte de la superficie activa de la biomasa. En la etapa aeróbica siguiente, se observó una remoción gradual de la DQO, se infiere que en esta fase se está consumiendo la materia lentamente biodegradable, la cual está formada por moléculas de elevado peso molecular, sustancias coloidales y partículas sólidas. Por último, en la fase anóxica se obtuvo una disminución que siguió la misma tendencia de remoción de la fase aeróbica hasta finalmente hacerse constante la DQO, esto se debe a la fracción no biodegradable presente en el efluente.

Tabla 5. Valores promedios PT, P-PO₄⁻³ y eficiencias de remoción de PT, obtenidos durante los tratamientos de los efluentes de la planta productora de helados.

Variable	Fase	T1	T2
P-PO ₄ ⁻³	Entrada	5,54 ± 1,81	4,86 ± 0,61
	Fin Anaerobia	6,88 ± 1,03	6,59 ± 0,72
	Fin Aerobia	3,76 ± 0,67	3,68 ± 0,59
	Fin Anóxica	3,34 ± 0,55	3,47 ± 0,55
	Salida	3,37 ± 0,55	3,42 ± 0,59
PT	Entrada	7,96 ± 1,81	7,94 ± 0,52
	Salida	4,26 ± 0,53	3,76 ± 0,13
Remoción de PT (%)		45,4 ± 11,3 ^b	51,7 ± 3,6 ^a

n: número de repeticiones. n: 12. ND: T1: Tratamiento con un TCO de 6 h. T2: 8 h. T3: 10 h y T4: 12 h. TCO: Tiempo de ciclo operacional. Media seguida por letras distintas como superíndice en cada columna indica diferencias significativas según la prueba de Tukey (p≤0,05).

La caracterización el efluente de la planta productora de helados no presentó elevadas concentraciones de nitrógeno total, encontrándose por debajo de los límites establecidos por la normativa ambiental venezolana para descarga a cuerpos de agua [20]. Sin embargo, se cuantificaron las formas de nitrógeno para evaluar el desempeño del reactor en la remoción de nitrógeno a través de los procesos de nitrificación y desnitrificación que se dieron específicamente en las fases aeróbica y anóxica.

Para el NT, se observó el mismo comportamiento que para el NTK, los porcentajes de remoción (80,2 – 83,8 %) no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos con 10 y 12 h, encontrándose valores a la salida del reactor de 2,5 – 3,5 mg/L. Estos valores cumplen con los límites máximos establecidos para la descarga a cuerpos de agua en normativas más estrictas que la venezolana a nivel internacional, tales como la normativa del consejo de comunidades de la Unión Europea [21] y la de Estados Unidos [22], que establece 10 y 8 mg/L, como límite máximo permisible, respectivamente

La máxima eficiencia de nitrificación (99,0%) se obtuvo para el TCO de 12 h, el ciclo que tenía la fase aeróbica de mayor duración. Al final de esta fase, las concentraciones de nitrógeno amoniacal fueron menores a 0,1 mg/L y se obtuvieron las mayores concentraciones de nitratos (18,8 ± 7,4 mg/L). La desnitrificación ocurrió sin adición de materia orgánica desde una fuente externa, sino por la utilización de la DQO remanente al final de la fase de aireación o el carbono endógeno, tal como se obtuvo para los tratamientos de los efluentes anteriores

Con respecto a los valores de pH, durante la fase aeróbica se produjo un aumento progresivo del pH hasta obtener una variación de 0,7 unidades, llegando el pH a 7,51. Al

final de la fase anóxica se produjo un aumento del pH atribuible a la generación de bicarbonato producto de la reacción entre el amonio y el CO₂ (alcalinidad por amonio).

Los efluentes de las industrias de productos lácteos presentan bajas las concentraciones de fósforo, proveniente en su mayoría de los detergentes y productos utilizados en la etapa de limpieza de los equipos, utensilios o zonas del proceso productivo [23]. La remoción de fósforo total fue mayor al aumentar el tiempo de ciclo operacional (TCO) en el reactor, obteniendo el mayor valor durante el tratamiento T4, con el mayor TCO empleado (12 h).

5. CONCLUSIONES

El efluente de la planta productora de helados es ligeramente ácido, con déficit de nutrientes (N y P) y con altas concentraciones de materia orgánica principalmente biodegradable (91,9% DQOBT).

Los tratamientos aplicados al efluente lácteo en el SBR con TCO entre 10 y 12 h, permitieron la remoción simultánea de nutrientes y materia orgánica, confirmando la flexibilidad del reactor para adaptarse a distintas condiciones de operación, obteniendo remociones superiores al 89,0% para la DQO_T, 81,0% para el NT y 51,0% para el PT.

El tratamiento en el reactor por carga secuencial generó un efluente cuya calidad cumple con lo establecido en la normativa venezolana para descarga a cuerpos de agua.

REFERENCIAS

- [1] Flapper, T.; Ashbolt, N.; Lee, A.; Lee, A.; Neil, O. "From the laboratory to full-scale SBR operation: treating high strength and variable industrial wastewaters". *Water Science and Technology*, vol. 43, no. 3, pp. 347-365, 2001.
- [2] Corbitt, R. *Manual de Referencia de la Ingeniería Medioambiental*. Madrid, España, Editorial McGraw Hill. 2003.
- [3] Navneet, K. Different treatment techniques of dairy wastewater. *Groundwater for sustainable development*, vol. 14, pp. 1006-40, 2021.
- [4] Santos, A., Marins, R., Quinta-Ferrera, R., Castro, L. Moving bed biofilm reactor (MBBR) for dairy wastewater treatment. *Energy Reports*, vol. 6, no. 8, pp. 340-344. 2020.
- [5] Abdelmoez, W., Nakahasi, T., Yoshida, H. Amino acid transformation and decomposition in saturated subcritical water conditions. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, vol. 46, pp. 5286–5294, 2007.
- [6] Kushwaha, J., Srivastava, V., Mall, I. An overview of various technologies for the treatment of dairy wastewaters. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 51, no. 5, pp. 442–452. 2011.
- [7] Enteshari, M., Martínez-Monteagudo, S. Subcritical hydrolysis of ice-cream wastewater: Modeling and functional properties of Inhibitory ability of angiotensin I-converting enzyme (ACE) of the produced hydrolysate after thermochemical process of hydrolysate. *Food and Bioproducts Processing*, vol. 111, pp. 104–113. 2018.
- [8] Demirel, B., Yenigun, O., Onay, T. Anaerobic treatment of dairy wastewaters: A review. *Process Biochemistry*, vol. 40, no. 8, pp. 2583–2595. 2005.

- [9] Ahmad, T., Aadil, R. M., Ahmed, H., Ur Rahman, U., Soares, B. C., Souza, S., Cruz, A. Treatment and utilization of dairy industrial waste: A review. *Trends in Food Science and Technology*, vol. 88, pp. 361–372, 2019.
- [10] Slavov, A. General characteristics and treatment possibilities of dairy wastewater—A review. *Food Technology and Biotechnology*, vol. 55, no. 1, pp. 14–28, 2017.
- [11] Andrea, J., Arthy, M. An investigation on the efficacy o MBR and SBR in reducing the organic contenido f wastewater. *Journal of pharmaceutical negative results*, vol. 13, no. 4, pp. 1-13, 2022.
- [12] Freitez, E., Márquez, A., Pire, M., Guevara, E., Pérez, S. Diseño, construcción y evaluación del desempeño de un reactor de carga secuencial para el tratamiento de aguas residuales de tenerías. *Revista Ingeniería UC*, vol. 26, no. 1, pp. 44-60, 2019.
- [13] Hurtado, J. *Metodología de la investigación*. Quinta edición. Caracas, Venezuela. 2008.
- [14] American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21th Edition, Washington, D.C. USA. 2005.
- [15] Freytez, E., Pire-Sierra, M., Mujica, Y, Pire-Sierra, M. Eficiencia de remoción de materia orgánica en efluentes de tenerías usando un reactor por carga secuencial con biomasa granular. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, vol. 51, no. 2, pp. 117–131, 2017.
- [16] Carrasquero, S., Rodríguez, M., Bernal, J., Díaz, A. Eficiencia de un reactor biológico secuencial en el tratamiento de efluentes de una planta procesadora de productos cárnicos. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, Vol. 14, no. 1, pp. 22-33, 2018.
- [17] Muñoz, J. y Ramos, M. Reactores discontinuos secuenciales: Una tecnología versátil de aguas residuales. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, vol. 24, no. 1, pp-49 - 66. 2014.
- [18] Mohseni, A., Bazari, H. Biological Treatment of Dairy Wastewater by Sequencing Batch Reactor. *Iranian Journal of Enviroment Health Science and Engineering*, vol., no. 2, pp. 65-69, 2014.
- [19] Lamine, M., Bousselmi, L., Ghrabi, M. Biological treatment of grey water using sequencing batch reactor. *Desalination*, vol. 215, no. 1-3, pp. 127-132. 2007.
- [20] República de Venezuela. *Normas para la Clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y de los vertidos líquidos*. Gaceta No. 5021. Caracas, Venezuela. 1995.
- [21] Council of the European Communities. *Urban wastewater treatment directive 91/271/EEC*. 1991.
- [22] EPA. *Effluent limitations guidelines and new source performance standards for the meat and poultry products point source category*. 2004.

- [23] Sgarlatta, F., Tarditti, A. (2015). *Análisis de la planta de tratamiento de efluentes de lácteos San Basilio S.A.* Trabajo Especial de Grado para optar al título de Ingeniero Agropecuario. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina

Fourier-based optimization for multivariate spatial-temporal regression model in chlorophyll-a presence prediction around Galápagos Islands

(Optimización del modelo de regresión espacio-temporal multivariado basado en Fourier para la predicción de la presencia de la clorofila-a alrededor de las Islas Galápagos)

Fernando Chávez-Castrillón^{1,2} , Santiago Marchán-Hernández² , Roberta Ivaldi³ , Guido Sciavicco⁴ 

¹ Ecuadorian Navy, Dept. of Educ. and Doct., Guayaquil, Ecuador

² University of Ferrara, Dept. of Phys. and Earth Sci., Ferrara, Italia

³ Hydrographic Institute of the Italian Navy, Genova, Italia

⁴ University of Ferrara, Dept. of Math. and Comp. Sci., Ferrara, Italia

fchavez@armada.mil.ec, smarchan@armada.mil.ec, roberta_ivaldi@marina.difesa.it, guido.sciavicco@unife.it

Abstract: Chlorophyll-a (Chl-a) is an indicator of phytoplankton biomass, which can be used to predict the presence of fish in the ocean. By predicting the Chl-a with sufficient time, this data can be used to better plan naval operations that combat illegal, unreported and unregulated fishing by increasing surveillance of the identified areas where the greatest fishing activity would take place. In this work, a new technique is proposed, based on the application of the discrete Fourier transform theory to develop multivariate spatial-temporal regression model, which considers physical and biogeochemical ocean variables to predict the presence of Chlorophyll-a around Galápagos Islands. This work considers open access data taken from the Copernicus space program, used in the European Union.

Keywords: Spatial temporal regression, Illegal fishing prevention, Discrete Fourier transform, biogeochemical ocean variables.

Resumen: La Clorofila-a es un indicador de la biomasa del fitoplancton, que puede ser utilizado para predecir la presencia de peces en el océano. Al predecir la Chl-a con suficiente tiempo, se puede utilizar en la planificación de las operaciones navales que combaten la pesca ilegal, no regulada y no reglamentada, por cuanto se identifica el lugar donde existirá mayor actividad pesquera, para incrementar su vigilancia. En este trabajo, proponemos una novel técnica basada en la aplicación de la teoría de la transformada discreta de Fourier, al modelo de regresión multivariable espacio-temporal desarrollado, que considera las variables físicas y biogeoquímicas del océano para la predicción de la clorofila-a, alrededor de las Islas Galápagos. Este trabajo considera datos de acceso libre del programa espacial Copérnico de la Unión Europea.

Palabras claves: Regresión espacio temporal, Prevención de la pesca ilegal, Transformada discreta de Fourier, Variables biogeoquímicas del océano.

1. INTRODUCTION

The increase in the world population and the demand for fish protein are causing pressure on the oceans [1], depleting their resources, mainly because the most populous countries and some developed countries fail to meet their fishing quota catches in their seas. They are forced to cross borders and find shoals offshore or in other countries' territorial waters. In this case, it is a real challenge to early detect these vessels if their vessel monitoring systems (VMS) are disconnected, or if the affected country does not have the support of satellite surveillance or the permanent support of air-maritime exploration aircrafts.

It is essential to mention that illegal, unreported and unregulated fishing (IUU) is a severe global problem that destroys marine ecosystems and that will also bring about the collapse of the fishing sector, threaten the diet of the population and cause poverty in the societies depending on seafood and legal fishing as their way of life [2]. Unfortunately, illegal fishing acts involve from artisanal fishermen to large fleets with links to criminal organizations, as IUU fishing turns out to be a good option to maximize gains, with low operating costs, aggravating this situation [3].

Commercial exploitation of fish in the Galapagos Islands began in the mid-1900s, with a catch estimation, from 1950 to 2010, of 797,000 tons, of which 80% represented by the industrial tuna catch. It is also worrying that shark finning practices have increased since the 1980s and continue to be carried out even within the Galapagos Marine Reserve, as evidenced by the capture of the Chinese fishing vessel *Fu Yuan Yu Leng 999*, carrying about 300 tons [4]. This event, which is not isolated, highlights the severe problem of IUU fishing around the marine protected areas of Galapagos Islands. To further emphasize the need to contribute to the protection of the marine species of the islands, the international community is on alert for news presented during July 2020, which reported that more than 260 ships are currently under international waters on the outskirts of the Exclusive Economic Zone (EEZ) and warns that the aggressiveness of this vast fleet is putting at risk the delicate marine ecosystem and the natural balance of species in Galapagos, [4].

Additionally, illegal, unreported and unregulated fishing is considered a stress factor for the ocean, due to the over-fishing that occurs, which is influencing in the ecosystem, by changing the abundance of fish and the performance of other organisms, [5]. This leads to changes in predator-prey dynamics and competition between species and intra-species. This factor has a negative impact on marine life, which directly affects sustainable development, being necessary to formulate policies that allow managing the multiple stress factors that the ocean has nowadays [4].

Even the "Artisanal Fishing Community of Galapagos" is concerned about the protection of fishery resources, as many of them agree that the country should take action to try to curb illegal fishing; however, despite being aware of the impact that large-scale fishing has on the marine ecosystem, they do not agree with the imposition of fishing quotas or the implementation of strict regulatory rules to control fishing [6]. For this purpose, Art. 61 of the United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS) establishes that the coastal State has the right to set fish catch quotas in its exclusive economic zone, as it is its duty, together with the regional fisheries management organizations, to take measures that seek to maintain or restore fish stocks for the conservation of the marine ecosystem. [7].

This paper is organized as follows. In Section 2, a short overview of the current literature concerning the use of the Fourier series theory applied to oceanography and the use of machine learning applied to the prediction of chlorophyll is provided. In Section 3 is presented the methodology which includes the procedures, description of the study area and the data used in the research. Then, in Section 4, the results are explained and discussed. Finally in Section 5, a conclusion is provided

2. RELATED WORK

The constant formation process of the islands, coupled with the influence of several ocean currents, positively affects biodiversity, producing and distributing nutrients, plankton and krill throughout this geographical area. Among the prevailing currents, there is the cold Humboldt, the warm El Niño and the Cronwell counter current, [8]. Another aspect to consider is the behavior of the study area's climate, a region where there are only two types of season, the warm season from December to May and the cold season, from June to November. [9]

The prediction model for the concentration of Chlorophyll-a developed in [10], had the main motivation to design a model based on multivariate linear regression, which allows forecasting the possible areas of illegal fishing, so that the naval forces can plan with enough time the naval operations that fight the IUU.

In oceanography, spectral analysis of temporal series can be done by making use of the Fourier Series method, since it can research the interrelation between observed dynamic processes. Any periodic function following certain requirements, mainly convergence, can be represented as a series of complex exponential functions, allowing the transformation of a time signal on the frequency domain, with the objective of analyzing its frequency content in terms of amplitude and phase, because the Fourier coefficients of the transformed function represent the contribution of each sine and cosine function at a given frequency [11].

The concept of frequency spectrum was introduced in the field of analysis of oceanographic temporal series between late 1940s and early 1950s. It was first used in the study of oceanic wind waves around 1950. During the last five decades, its use has been quickly developed and spread, despite the fact that it has shown some drawbacks for the analysis of temporal series observed in nature, as most applications use real values, while the Fourier transform uses complex arithmetic, transforming a sequence of real data of the time domain in a sequence of complex numbers in the domain of frequency [11].

The discrete Fourier transform (DFT), is the discrete version of the Fourier transform (FT). This technique allows doing the spectral analysis of signals and can be used in various areas like science and engineering. A data series can be considered as a linear combination of frequency components, where the time domain can be represented as the sum of the frequency components, and so all waveforms can be reconstructed with an infinite number of sinusoids of various frequencies. In practice, only a finite number of sinusoids is used to reconstruct the wave [12].

In Fourier decomposition, any N points of signal can be decomposed into $N+2$ signals, half of them in sine waves and the others in cosine waves where the lowest frequency corresponds to the DC signal. It is possible to create any waveform from superimposed sinusoids. Fourier decomposition provides a direct analysis of the waveform composition, including information about the frequency, phase and amplitude of its components [13]. The variables related with the ocean constantly oscillate their values and can be considered as signals that can be decomposed into its components, in order to analyze their behavior depending on the seasonality where they are found.

It is often difficult to analyze biological signals due to their non-linear and non-stationary characteristics. To solve this problem, time-frequency decomposition methods are used to analyze the very slight changes that exist between these signals and that may be related with an external phenomenon. If a signal is uniformly sampled and its characteristics change slowly with time, it can be considered that the seasonality is maintained during this time interval, and then the Fourier transform can be applied to this part of the signal. [14].

3. METHODOLOGY

3.1 Methods and procedures

A prediction model with enough anticipation can help to plan better and quicker maritime surveillance routes, in order to ensure an early vessel detection. The presence of Chlorophyll-a in combination with relevant physical, chemical, and biological variables at a certain geographical point can be thought as a multivariate spatial-temporal series, in which the Chlorophyll-a ([Chl-a]) plays the role of dependent variable, which is interesting to predict because it is used as an indicator of phytoplankton biomass [15]. Likewise, multivariate spatial-temporal regression can be used to estimate not only the functional model, but also the temporal component for each predictor. Multivariate spatial-temporal regression is simply a multivariate regression in which the spatial-temporal component is explicitly taken into account via suitable data transformations. In its simplest form, it consists of adding suitable lagged data to the original ones so that the temporal history of an element plays a role in the regression. In [10] it is proven that lagged data improves the Chlorophyll-a prediction, but some limitations could be appreciated, as the data used for testing consists of one month and there is no bathymetric study that allows to specify the study area. The use of data from 01-December-2020 to 30-November-2021 makes it possible to take into account the seasonality, which also influences the Chlorophyll-a behavior. In addition, a bathymetric study around the Galápagos Islands was included in order to select the study area.

Also, we consider open access data taken from the Copernicus space program to predict Chlorophyll-a presence surrounding Galapagos Islands. The main objective is to optimize the prediction of chlorophyll levels, that is conducted by using the multivariate spatial-temporal regression technique, for which the discrete Fourier transform is applied in order to first determine the behavior of the physical, chemical and biological variables (independent variables), in relation to the dependent variable (Chl-a), to subsequently optimize the model by restructuring the dataset, taking into account the lag (delay) between the variables and the Chl-a.

In order to compare the variables, a normalization of the data series is performed, to subsequently apply a decomposition of the data series applying the one-dimensional discrete Fourier transform. Next, the data series is recomposed again by applying the inverse discrete Fourier transform in n-point using the first 15 main frequencies. In this way, the noise that can occur in the data series is eliminated, and the measurement of the lag between variables is possible. Once the lag is determined, the dataset is finally reconstructed, considering the lag between different variables. Although the method is used to determine the variables which are ahead and behind in relation to the chlorophyll, in the prediction model, only those variables which are ahead of chlorophyll are taken into account, as their variation affects the Chl-a level. With the reconstructed dataset, the multivariate spatial-temporal regression is applied, predicting the chlorophyll, trying to improve the correlation between the calculated value and the real value of Chl-a. Finally, up to 10-days lag of each variable are considered, and the dataset is restructured again to create a new regression model, trying to further improve the correlation between the calculated value and the real value of Chl-a. The analysis is conducted in the 2090 geographical points that compose the dataset, and in the period of one year. Half of the dataset is used to train the model and the other half, to test the model.

3.1.1 Optimization Model Conceptualization

DFT and IDF. A periodic time domain sequence $x(n)$, with period N , can be expressed as summation of a set of N harmonically related complex sinusoids with coefficients $X(k)$ as

$$x(n) = \sum_{k=0}^{N-1} X(k) e^{j\frac{-2\pi}{N}nk}, n = 0, 1, \dots, N - 1 \quad (1)$$

Applying Euler's formula, we can express this equation in terms of sines and cosines:

$$x(n) = \sum_{k=0}^{N-1} x_n \cdot \left[\cos\left(\frac{2\pi}{N}kn\right) - i \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{N}kn\right) \right] \quad (2)$$

Discrete Fourier transforms (DFT) are extremely useful because they indicate the periodicities in the data of a signal, as well as the contribution of each of its periodic components, and can be used on samples containing certain numbers of points. In our case, the analyzed data consist on daily samples of physical, chemical and biological values, represented as a data series, to which we can apply DFT, determining its components.

After applying DFT, it has been chosen to reconstruct the data series using exclusively its first 15 components of the data series, this way it is possible to remove noise and understand the behavior of Chlorophyll in relation with other variables. For this effect, the Inverse Discrete Fourier Transform (IDFT) is used, serving as pass band filter, where the first few components are selected to reconstruct the signal in N-dimensional complex vectors.

$$x(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(k) e^{j\frac{2\pi}{N}nk}, n = 0, 1, \dots, N - 1 \quad (3)$$

The result obtained after applying the DFT and then the IDFT can be observed in the Figure 1.

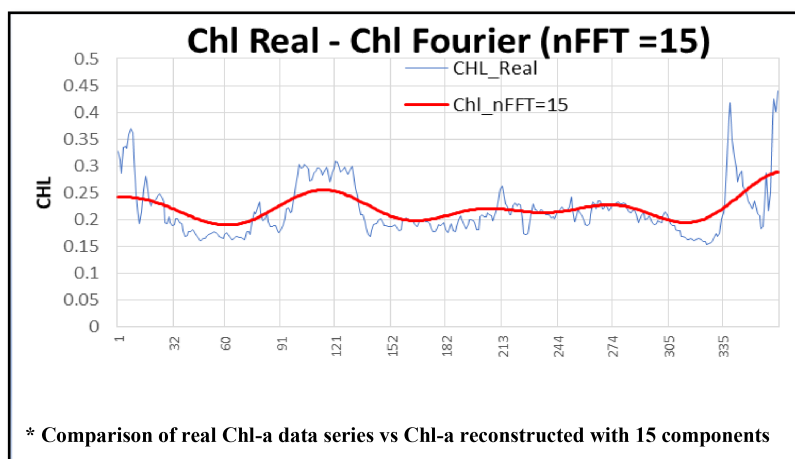


Figure 1. Chl real vs Chl Fourier (nFFT=15).

As it can be observed in Figure 3, the CHL, reconstructed with 15 components, shows the tendency of the variables observed in the analysis. A previous analysis helped to identify that 15 components adequately reconstruct the signal. This transformation must be performed for every variable and for every one of the 2091 geographical points in the dataset, per day.

Afterwards, a comparison between the different variables is performed, relative to the CHL, in order to determine the phase lag between these waves. Due to the fact that the analyzed waves use different units and magnitudes, it is first necessary to normalize the datasets.

The phase angles are calculated from a one cycle discrete Fourier transform (DFT), based on phase to phase between data series Chl-a and each variables in all 2091 points. For this calculation, specialized Python libraries of signal processing have been used. This process is used to increase the correlation in the dataset used to design the multivariate spatial-temporal regression model. It is estimated that if the waves are in phase, the Chlorophyll prediction must

improve, being this the hypothesis of our study. In Figure 2, you can see an example of the gap between the behavior of the O2 and Chl-a data series at a specific point in the dataset.

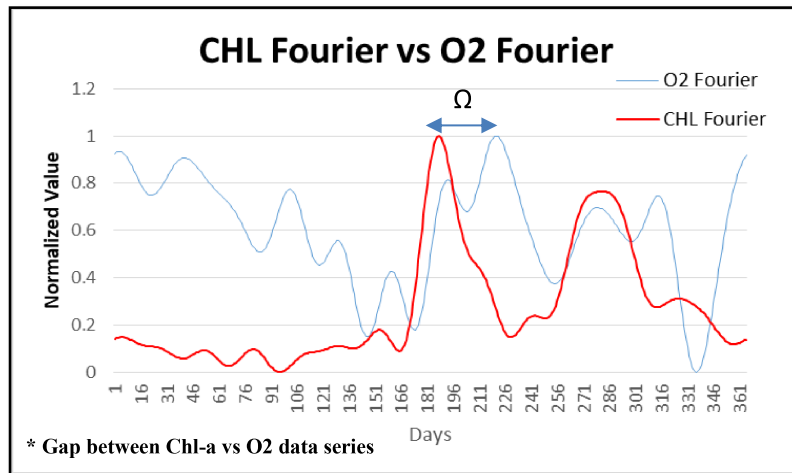


Figure 2. Example of the gap between the O2 and Chl-a data series at specific point.

3.2 Study area

The Galápagos Islands located 965 km westward of mainland Ecuador in the eastern Pacific Ocean, have had a continuous evolving process since Cretaceous, for more than 20 million years ago (m.a.), and are the result of the ongoing interaction between the Galapagos hotspot located on the Isabela Island and the Cocos Nazca Plates (CN) [16]. This interaction has allowed the formation of the islands' platform composed of 13 large islands, 9 small islands, and 107 islets, as well as the Carnegie and Coco's submarine volcanic ridges, [17].

The hot spot of the islands' platform is under Isabel Island, considered the most active of the archipelago [16], having 190 km from this point to the CN ridge. The expansion of this ridge ranges from 90° to 98° West, and the strong influence of the hot spot on the western side has caused the formation of underwater ridges in a depth range of -3500 to -1000 m. It is noteworthy that the evolving process of the Galapagos Islands and submarine ridges is permanent, since the Cocos Plate moves 8 cm/year NE, while the Nazca plate moves 5.8 cm/year E [18]. In the figure 3, it can see the submarines ridges of Galápagos.

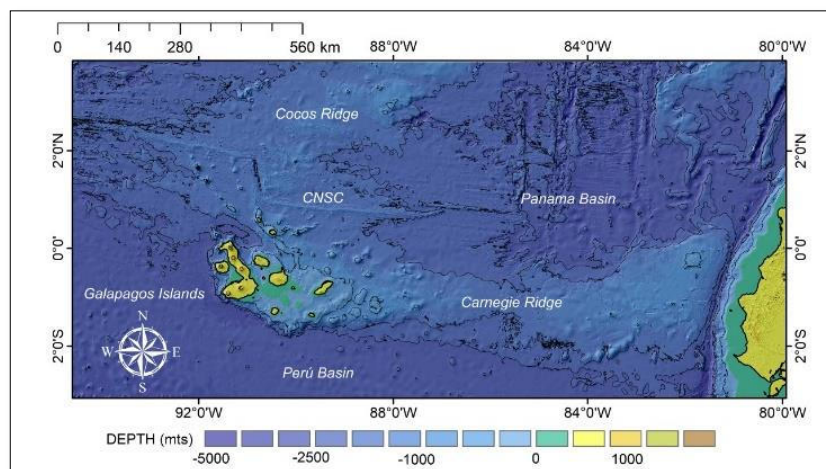


Figure 3. Galápagos' Rides

Based on Galapagos' ocean geomorphology, it was necessary to divide the study area into 12 sub-areas related to different depths existing in that area to increase the model's performance (See Figure 4). For this purpose, we have performed a statistical analysis of both the bathymetry of the area and the variation of chlorophyll, to select the area that will be the basis of this study. It should be mentioned that, according to the study carried out by Renteria et al [19], national and international fishing effort is mainly concentrated in the west of the Galápagos Islands, included inside the Marine Reserve and outside the Insular Exclusive Economic Zone [19].

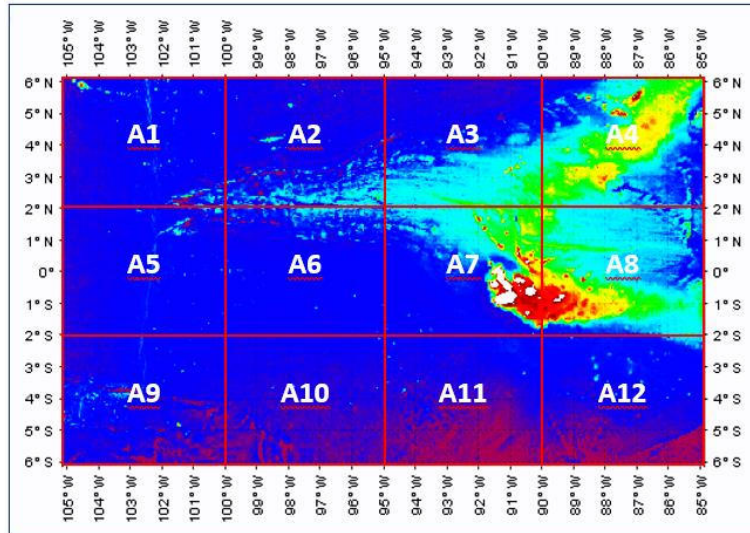


Figure 4. Study area division

Finally, the A6 area was selected because it is located to the west of Galápagos Islands and includes the insular exclusive economic zone (IEEZ), as well as after analyzing the behavior of the bathymetry in that area, variance, and standard deviation of this variable, is low compared with the results obtained in other subareas (see Table No. 1). The basic statistical values of the variable of interest in this study (Chlorophyll-a) were also analyzed and area A6 has a wide range, which will help to generalize the prediction model, its variance and standard deviation are also relatively low, (See Table No. 2). It should be mentioned that in area A6, constant overfishing activities have been identified.

Table 1. Basic statistical values of bathymetry during year, 2021.

AREA	Max. m	Min. m	Mean m	Range m	Var.	Std. Dev.	% CV
A1	-2875	-4222	-3482	1347	52130	228	0.17
A2	-2703	-4214	-3626	1511	31488	177	0.12
A3	-2703	-4221	-3677	1518	71010	266	0.18
A4	-2191	-4152	-3513	1961	123058	351	0.18
A5	-2154	-4048	-3353	1894	35509	188	0.10
A6	-2349	-3737	-3273	1388	36317	191	0.14
A7	703	-3712	-2601	4415	944219	972	0.22
A8	-52	-3452	-2322	3400	450137	671	0.20
A9	-2151	-4679	-3365	2528	48572	220	0.09
A10	-2333	-3953	-3322	1620	108416	329	0.20
A11	-844	-4018	-2995	3174	278410	528	0.17
A12	-2151	-4679	-3365	2528	48572	220	0.09

Table 2. Basic statistical values of chlorophyll-a during year, 2021.

AREA	Max. mg/m ³	Min. mg/m ³	Mean mg/m ³	Range mg/m ³	Var.	Std. Dev.	% CV
A1	2.127	0.135	0.385	1.992	0.070	0.264	0.13
A2	2.146	0.140	0.409	2.006	0.130	0.361	0.18
A3	1.940	0.142	0.387	1.798	0.052	0.228	0.13
A4	1.899	0.165	0.487	1.735	0.061	0.246	0.14
A5	1.572	0.165	0.426	1.406	0.026	0.162	0.12
A6	2.175	0.169	0.486	2.006	0.052	0.228	0.11
A7	1.645	0.111	0.513	1.534	0.038	0.194	0.13
A8	1.976	0.152	0.663	1.825	0.090	0.300	0.16
A9	1.589	0.135	0.271	1.454	0.018	0.134	0.09
A10	2.146	0.140	0.409	2.006	0.130	0.361	0.18
A11	2.146	0.142	0.391	2.004	0.061	0.246	0.12
A12	1.899	0.165	0.487	1.735	0.061	0.246	0.14

The subarea A6 is located between 2° N and 2° S and between 95° W and 100° W. These waters have high potential fisheries resources, so it attracts the world's fishing vessels, especially from Asia.

3.3 Data

Our dataset come from the data base of European Space Program, called Copernicus that provides measurements of several physical, chemical, and biological oceanic variables. The values of physical variables come from data base “Global Analysis Forecast-PHY- 001-024-TDS [20], and values of biochemical variables come from data base “Global Analysis Forecast-BIO-001-028-TDS [21].

Table 3. Description of the physical and the biogeochemical variables.

	Variable	Description	Unit
Biogeochemical variables	Chl	Total chlorophyll-a	mg/m ³
	Fe	Dissolved iron	mmol/m ³
	NO3	Nitrate	mmol/m ³
	O2	Dissolved oxygen	mmol/m ³
	pH	pH	
	PO4	Phosphate	mmol/m ³
	Si	Dissolved silicate	mmol/m ³
	SPCO2	Surface CO2	Pa
	Nppv	Net primary production	mmol/m ³
	Phyc	Phytoplankton concentration in carbon	mmol/m ³
Physical variables	ST	Sea water -40m temperature	°C
	So	Salinity	1/e ³
	Zos	Sea surface height	m
	Mlots	Mixed layer depth	m
	Uo	Northward sea current water vel.	m/s
	Vo	Eastward sea current water velocity	m/s

The variables considered in this study are described in Table 3, while our data set was structured with daily mean values of these variables. The training dataset is the values recorded from December-2020 to May-2021 (Atraining) and the test dataset considers the values from Jun-2021 to November-2021 (Atest), with a spatial granularity of 0.1 grade in every direction, for 2091 geographically distinct points per day, in total 7'259.952 measurements. Our data contained no missing values. The correlation one-to-one of 16 physical and biogeochemical variables can be found in Table. 4.

Table 4. Correlation matrix for our variable recorded during Dic-2020 to Nov-2021.

	Chl	Chl	CO2	ST	So	Mlots	Zos	Vo	Uo	
Chl	1	1	0.68	-0.81	0.75	-0.66	-0.69	0.02	0.67	Chl
Nppv	0.79	1	1	-0.62	0.81	-0.55	-0.61	0.11	0.63	CO2
phyc	0.87	0.75	1	1	-0.88	0.78	0.89	-0.06	-0.71	ST
Fe	0.91	0.84	0.78	1	1	-0.76	-0.81	0.08	0.69	So
Si	0.88	0.83	0.78	0.97	1	1	0.76	0.01	-0.56	Mlots
NO3	0.88	0.75	0.71	0.94	0.92	1	1	-0.03	-0.63	Zos
PO4	0.85	0.76	0.78	0.89	0.95	0.90	1	1	0.05	Vo
O2	-0.77	-0.71	-0.55	-0.89	-0.85	-0.92	-0.75	1	1	Uo
pH	-0.80	-0.73	-0.72	-0.83	-0.92	-0.83	-0.93	0.74	1	
	Chl	Nppv	Phyc	Fe	Si	NO3	PO4	O2	pH	

* Correlation of chlorophyll vs. physical (White color) and biogeochemical (Grey color) variables.

4. RESULTS AND DISCUSSION

4.1. Chlorophyll-a prediction (30 days) without optimization model

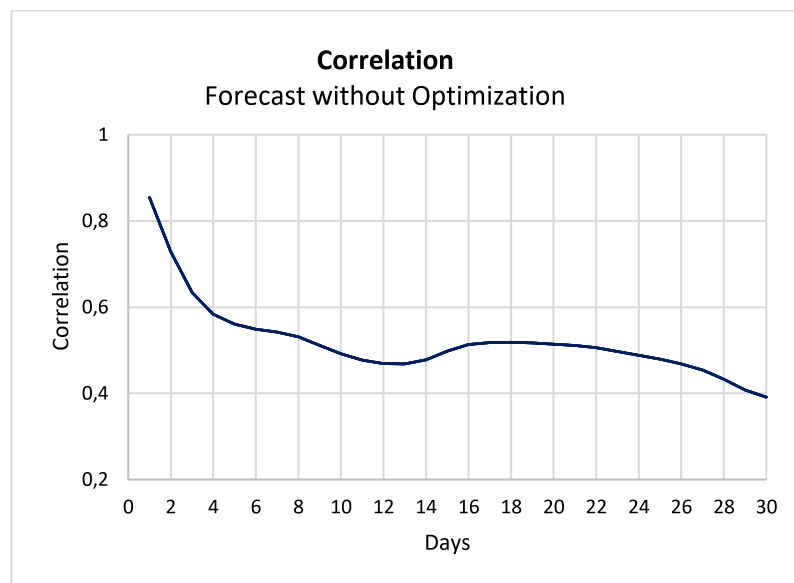


Figure 5. Correlation of Chlorophyll-a prediction without optimization.

First, the chlorophyll-a prediction is conducted using the multivariate spatial-temporal regression method, in order to determine the efficacy of this method without applying any kind of optimization. Two datasets are configured; the first one will be used for model training and the

second one will be used for its evaluation. Each dataset contains data of 180 days, evaluated from each of the 2091 geographical positions and the 16 analyzed variables. The correlation between the real value and the predicted value is evaluated, and this will be our reference value to evaluate the method optimization. In the Figure 5, the results from the preliminary evaluation can be observed. The prediction without optimization of the chlorophyll substance decreases from 0.85 to 0.39, this prediction is made during the following 30 days, on each day considered in the training dataset.

4.2 Chlorophyll-a prediction (30 days) applying optimization model

Once the phase lag is determined for each of the variables, the dataset is once again restructured, taking into consideration the variables that are ahead of phase with respect to Chl-a, given that these are the ones that influence its variation. For the variables that are delayed with respect to Chl-a, their last known value is kept. It must also be mentioned that it has been tested taking into account only the delayed variables, but the performance of the model did not improve.

After the dataset restructuration, the prediction model is executed and the result can be observed in Figure 6.

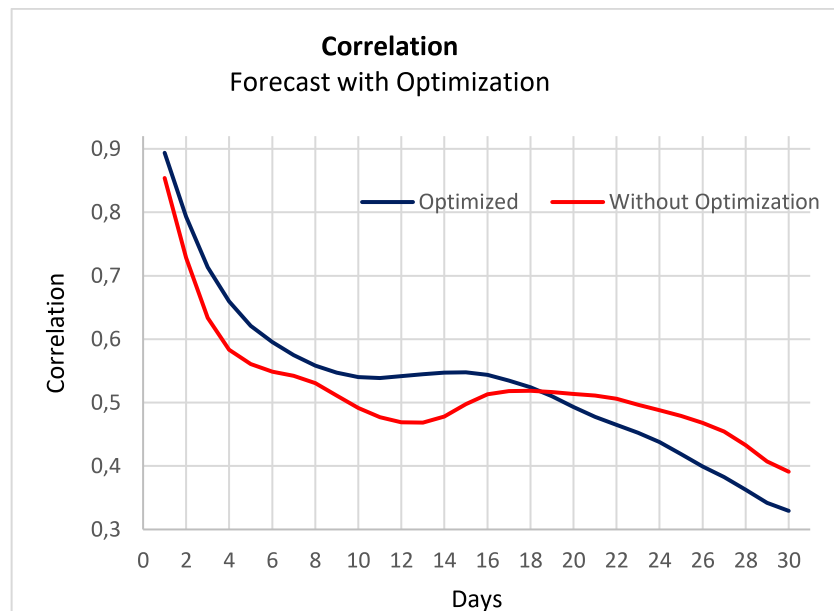


Figure 6. Correlation of Chlorophyll-a prediction with optimization.

As it can be observed on this graph, when taking into account the phase lag of the variables with respect to Chl-a, the Chlorophyll prediction is improved on average 6% up to the 18th day, after which the optimization model turns out to not be very efficient.

4.3 Chlorophyll-a prediction (30 days) applying optimization model and lags.

The multivariate spatial-temporal regression mode is performed, including 10-days lag transformation to the data set Atraining, determining that the model becomes even more optimized, obtaining an improvement of up to 10% in the Chl-a prediction on days 10 and 11; nonetheless, the effectiveness does not improve after the 18th day, remaining at 52%. From this day, this optimization model is not suitable. In the Figure 7, the final model optimization is presented, considering the number of phase delays with better performance for each prediction day.

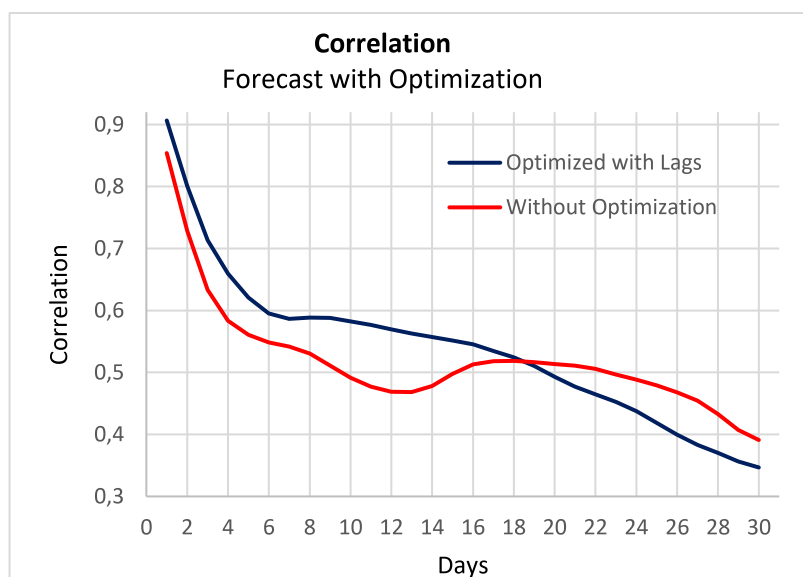


Figure 7. Correlation of Chlorophyll-a prediction with optimization including lags.

5. CONCLUSION

In this work, a model that optimizes the prediction of the concentration of Chlorophyll around the Galapagos Islands has been designed, making use of the discrete Fourier transform theory, that allows, on one hand, to understand the relationship between the physical and biogeochemical variables of the ocean in relation to the Chl-a, as well as, on the other hand, to restructure the dataset, considering the displacement of the variables that are ahead of the Chlorophyll, in order to optimize the prediction using the multivariate spatial-temporal regression model. This prediction makes it possible to identify the areas which will be more productive in the ocean, so that the naval forces can intensify maritime surveillance at these points, in order to combat illegal, unreported and unregulated fishing. The best correlation is given in a time gap of 3 days (>0,7), while it remains above 0,5 up to 18 days. It is necessary to mention that the Ecuadorian Navy takes 0.6 days (14 hours) to deploy a Coast Guard from San Cristobal Island to the furthest point in Galapagos (200 Mn), and if it is necessary to send a Coast Guard from Manta (Mainland Ecuador) to the furthest point (930 Mn), it takes 3 days of navigation.

REFERENCES

- [1] United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. The Ocean Decade at COP26 of the United Nations Framework Convention on Climate Change [Online]. 2021. Available: <https://www.oceandecade.org/wp-content/uploads//2021/11/356287-The%20Ocean%20Decade%20at%20COP26>.
- [2] D. Agnew, J. Pearce, G. Pramod, T. Peatman, R. Watson, et al. Estimating the Worldwide Extent of Illegal Fishing [Online]. 2009. PLoS ONE 4(2): e4570. Available: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0004570>
- [3] K. Metuzals, R. Baird, T. Pitcher, U. Sumaila, P. Ganapathiraju. "One fish, two fish, IUU, and no fish: unreported fishing worldwide" [Online]. 2009. Handbook of marine fisheries conservation and management. Oxford University Press, New York, 2010, pp. 165-18. Available: https://www.researchgate.net/publication/262602332_One_fish_two_fish_IUU_and_no_fis


- h_unreported_fishing_worldwide_In_Handbook_of_marine_fisheries_conservation_and_m
anagement_Oxford_University_Press_Oxford_United_Kingdom_pp_165-181
- [4] A. Valery. The Charles Darwin Foundation's Position in Relation to Illegal Fishing in Galapagos Islands [Online]. 2017. Available: <https://www.theguardian.com/environment/2020/jul/27/chinese-fishing-vessels-galapagos-islands>.
- [5] P. Boyd et al. Multiple Ocean Stressors: A Scientific Summary for Policy Makers. [Online]. 2022. (eds). Paris. IOC-UNESCO. 20 pp. (IOC Information Series, 1404) doi:10.25607/OBP-1724. Available: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380891>
- [6] X. Castro. Analysis of the Current Socio Economic Situation of the 'Galapagos Artisanal Fishing Community [Online]. 2005. Ecuador: Parque Nacional Galápagos/JICA (Japanese International Cooperation Agency). Available: <https://www.jica.go.jp/project/ecuador/3185011E0/materials/pdf/analysis.pdf>
- [7] J. Harrison and E. Morgera. Article 61 Conservation of the living resources. Washington Post [Online]. 2012. Available: https://strathprints.strath.ac.uk/63127/1/Harrison_Morgera_2017_United_Nations_convention_on_the_law_of_the_sea_commentary_to_articles_61_65.pdf.
- [8] M. Guarderas. Temporal and spatial patterns influence reef fish community structure along an upwelling gradient in the Galápagos Marine Reserve (Bachelor's thesis, Quito) [Online]. 2019. Available: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/8482>.
- [9] SENPLADES. Planificación y Ordenamiento del Espacio Marino Costero Ecuatoriano [Online]. 2017. Guayaquil. Subsecretaría de Planificación Nacional - Dirección de Asuntos Marino Costeros DAMC. Available: <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/07/Plan-de-Ordenamiento-del-Espacio-Marino-Costero.pdf>
- [10] F. Chávez, M. Coltorti, R. Ivaldi, E. Sánchez. G. Sciavicco. Temporal Aspects of Chlorophyll-a Presence Prediction Around Galapagos Islands [Online]. 2020. 6th International Conference on Technologies and Innovation. CITI 2020. Available: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-62015-8_8
- [11] G. Rodriguez. Hartley transform: Basic theory and applications in oceanographic time series analysis [Online]. 2002. Coastal Environment: Environmental Problems in Coastal Regions IV, pp. 191-200. 8. Available: <http://hdl.handle.net/10553/51982>
- [12] D. Sundararajan. The discrete Fourier transform: theory, algorithms and applications. World Scientific, 2001.
- [13] S. Smith. Digital signal processing: a practical guide for engineers and scientists. Elsevier 2013.
- [14] Y. Wang and K. Veluvolu. Time-Frequency Analysis of Non-Stationary Biological Signals with Sparse Linear Regression Based Fourier Linear Combiner. Sensors 2017, 17, 1386. Available: <https://doi.org/10.3390/s17061386>.
- [15] O. Barocio-Leon, R. Millan-Nunez, E. Santamaria-del-Angel, E and A. Gonzalez-Silvera. Productividad primaria del fitoplancton en la zona eufótica del Sistema de la Corriente de California estimada mediante imágenes del CZCS. Cienc. mar [Online]. 2007. Vol.33, n.1, pp.59-72. Available: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-38802007000100006&lng=es&nrm=iso. ISSN 0185-3880.
- [16] J. Collot, V. Sallares, N. Pazmino. Geología y Geofísica marina y terrestre del Ecuador: desde la costa continental hasta las Islas Galápagos [Online]. 2009. Guayaquil (ECU);

Marseille (FRA); Guayaquil: CNDM; IRD; INOCAR, 269 p. ISBN 978-9978-92-737-3.
Available: https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers12-04/010051349.pdf

- [17] R. Dunn, V. Lekić, R. Detrick, and D. Toomey. Three-dimensional seismic structure of the Mid-Atlantic Ridge (35 N): Evidence for focused melt supply and lower crustal dike injection [Online]. 2005. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 110(B9). Available: <https://doi.org/10.1029/2004JB003473>.
- [18] R. Trenkamp, J. Kellogg, J. Freymueller, H. Mora. Wide plate margin deformation, southern Central America and northwestern South America, CASA GPS observations [Online]. 2002. *Journal of South American Earth Sciences*, 15(2), 157-171. Available: [https://doi.org/10.1016/S0895-9811\(02\)00018-4](https://doi.org/10.1016/S0895-9811(02)00018-4).
- [19] W. Rentería, O. Valarezo, G. García. “Análisis del Esfuerzo Pesquero en el Territorio Marítimo Ecuatoriano,” *Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa*, 4(6), 2019.
- [20] COPERNICUS, Product User Manual for Global Physical Analysis and Coupled System Forecasting Product. Marine Environment Monitoring Service [Online]. 2022. Available: <https://doi.org/10.48670/moi-00016>
- [21] COPERNICUS, Product User Manual for Global Biogeochemical Analysis and Forecasting Product. Marine Environment Monitoring Service [Online]. 2019. Available: <https://doi.org/10.48670/moi-00015>

Digital Inaccessibility of Women Entrepreneurs in Marginal Communities of Guayaquil- Ecuador

(Inaccesibilidad digital de mujeres emprendedoras en comunidades marginales de Guayaquil-Ecuador)

Luz-Elvira Vásquez-Luna , Fernando Proaño Sánchez, Nelly Reina Villón Pérez, Ingrid Dayana Zamora Ruiz
Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador
luz.vasquezlu@ug.edu.ec, fernando.proanosa@ug.edu.ec, nelly.villonp@ug.edu.ec, ingrid.zamorar@ug.edu.ec

Abstract: Female entrepreneurship in marginal communities presents many obstacles to its growth, one of them is the digital divide due to lack of internet access and digital illiteracy. This study presents the testimony of a group of women entrepreneurs from a marginal community in Guayaquil - Ecuador, who start businesses to cover their basic needs. The methodology used was mixed, qualitative through the use of structured and in-depth interviews using the NVivo software, and quantitative through a survey applying logistic regression in SPSS. The findings of this study demonstrate the digital illiteracy of women entrepreneurs from marginal communities, who require technological training to avoid difficulties when surfing the net, even more so in the current times when, due to the pandemic, most businesses apply digital strategies to stay in the market.

Key words: Digital Illiteracy, Digital Divide, Marginal Communities, Female Entrepreneurship

Resumen: El emprendimiento femenino en comunidades marginales presenta muchos obstáculos para su crecimiento, uno de ellos es la brecha digital por la falta de acceso a internet y el analfabetismo digital. En este estudio se expone el testimonio de un grupo de mujeres emprendedoras de una comunidad marginal de Guayaquil en Ecuador, quienes emprenden negocios para cubrir sus necesidades básicas. La metodología utilizada fue de carácter mixta, cualitativa mediante el uso de entrevistas estructuradas y en profundidad utilizando el software NVivo y cuantitativa a través de una encuesta aplicando una regresión logística en SPSS. Los hallazgos de este estudio demuestran el analfabetismo digital de las mujeres emprendedoras de comunidades marginales, quienes requieren de capacitación tecnológica para evitar dificultades a la hora de navegar por la red más aún en los actuales momentos en que debido a la pandemia la mayoría de los negocios aplican estrategias digitales para mantenerse en el mercado.

Palabras Clave: Analfabetismo Digital, Brecha Digital, Comunidades Marginales, Emprendimiento Femenino

1. INTRODUCTION

The United Nations Sustainable Development Goals call for inclusive development and the empowerment of marginalized communities [1]. Goal five (SDG5) promotes gender equality and goal eight (SDG8) promotes decent work and economic growth to eradicate poverty. According to the study by [2] in the set of middle-income economies in which Ecuador is located, the average rate of early entrepreneurial activity (TEA) is 14.9%, and Ecuador has the highest rate of

entrepreneurship at 36.3%, however the scarcity of a job is the main motivation to undertake with 82.71% in addition this same study indicates that 46.5% of those who undertake are women whose objective is to train and progress to support their families [3]. Taking into account the SDGs 5 and 8 of the United Nations, investigating how the digital illiteracy of women entrepreneurs from marginal areas in developing countries limits their possibilities of generating resources is very interesting.

During the COVID-19 pandemic and due to the confinement, the internet became the essential element of communication for all the inhabitants of the world, to be able to keep in touch with the family, work activities, study among the most important, but in the case of families from marginal and rural communities there were many people who were left without access to their jobs and studies because they did not have this resource [4] thus exacerbating their poverty levels. According to a poverty study by the [5] in December 2021 it was recorded that 27.7% of Ecuadorians were submerged in poverty, mostly hitting households with more than six members (INEC) and according to another study conducted by the [6] by disaggregating poverty by sex, women represent 33% and men 31.4%.

Poverty among Ecuadorian women is a result of the gender gap, precisely because of the lack of authority and the delimitation that they have to make use of certain economic, social and cultural resources on an equal basis with men, especially in marginalized areas where women are responsible for most of the unpaid work in the home, such as the care of the house, your family, your children, the kitchen, among others [7], which deepens the discrimination of women when undertaking because they must overcome a series of difficulties due to their responsibilities at home, but also lack knowledge about digital technologies that allow them to increase their sales, being isolated from the benefits they could obtain [8]. However, they have demonstrated their intelligence and ability to overcome multiple difficulties [9]. In Guayaquil, for example, one of the most important cities in Ecuador for its dynamism in the economy, there are many women owners of their own businesses who combine their professional and family responsibilities despite the many obstacles and barriers imposed by society [10].

On the other hand, digital technologies known as those that use computer equipment, smart cell phones to navigate websites [11], [12] have grown exponentially, according to the United Nations in just two decades technological development has reached 50% of the population of the developing world and is considered an opportunity to reduce gender gaps, however, many women are not connected and are isolated from the benefits that this field offers them, accentuating the digital divide between the sexes and further delaying female entrepreneurship in developing countries [8]. According to the multipurpose survey of [13], digital illiteracy in Ecuador is around 11.4% of its inhabitants, who are between 15 and 49 years of age, that is, who do not have a mobile phone with an Internet connection, have not used a computer and have not had access to the Internet during the last year and it is recorded that the female group has less access compared to the male group [13].

According to the theory of human capital, the more knowledge, skills and abilities an individual acquires, the greater their chances to achieve better performance, in the case of women entrepreneurship is an alternative for the development of the family economy, but facing the complexities of an enterprise with the challenge of acquiring knowledge about technologies, represents a serious obstacle to the development of their businesses, especially in marginal communities with very low family incomes, undertaking under such a situation confronts them with an accumulation of problems that women must deal with on a daily basis to get ahead [8].

Academics have recognized the potential benefit of digital technology and that its access implies the creation of value [14]. Orser et al., pointed out the importance of incorporating ICTs in education and training for entrepreneurship focused on women in order to expand their opportunities in the labor field, increase their accessibility to business training and therefore their

economic empowerment to improve their living conditions, hence the training of ICTs in women would allow progress in the Sustainable Development Goals 2030 to create value in marginalized sectors and groups [15].

2. METHODS

A mixed methodology (qualitative and quantitative) was used because it allows a better understanding of research problems than either approach alone; quantitative research discovers problems, how they are related and quantifies them, while qualitative research delves into their causes, their functioning and enriches possible changes that may occur; combining these approaches broadens the research and further understands the phenomenon of study [16]. Face-to-face interviews were conducted to eliminate barriers that could arise due to the poverty in which they live, with open questions we tried to establish better communication to expand the understanding of the subject, listen to their reflections and incorporate details that the surveys do not reflect, which was very enriching.

Table 1. Characteristics of the study participants.

Woman Entrepreneur	Level of study	Activity	Age	Marital status	Number of children	Area where they live
Case 1	Academic	Sewing and fashion	29	single	2	north zone
Case 2	Secondary	Design and Advertising	17	single	3	south zone
Case 3	Primary	Sale of various merchandise.	25	single	4	south zone
Case 4	Secondary	Pastry	30	single	4	south zone
Case 5	Academic	Sale of cleaning products	44	married	6	south zone
Case 6	Secondary	Pastry	55	married	5	north zone
Case 7	Primary	Beauty salon	21	single	2	north zone

For qualitative research, the structured and semi-structured interview was used [17]. First, an in-depth interview was conducted with the leader of the Afro-Ecuadorian Progressive Women's Group, which allowed us to understand in a global way the objectives and goals of the Group, as well as the impact and importance of technology in the development of its ventures. Secondly, a discussion group or focus group was generated with the members of the association in order to know the importance for them of the use of certain tools, techniques such as data collection in person were used through in-depth interviews with open questions, focused on 7 cases of women entrepreneurs of the group in order to deepen their thoughts and know the use of certain technological tools as an instrument to expand their business and expand their network of contacts is important for them (see Table 1). The leader of the women's group delegated 7 zone leaders to

us, as the group has 7 points located in Guayaquil where they carry out their activities. Isla Trinitaria, where the main building is located, being a conflictive and dangerous area due to the existing criminal gangs, is not easy to access for an investigation, so the ease with which the leader gave us direct access to the seven women entrepreneurs was a great help. The instrument used for the in-depth interview can be found in Appendix A.

All the interviews were recorded for analysis and subsequent transcription in the NVivo software, then proceeded to the transcription of the audios to text of each of the interviewees to a Word file, each document was uploaded to the NVivo software, it was verified that the information to avoid subsequent errors, the cases of the interviewed groups were created so that the information collected is coded according to their answers, highlighting the most important points of the interview, the codes were grouped with the same NVivo program, the mother categories were created and the child categories were moved to the mother categories to generate the corresponding reports and the case studies were created in order to monitor the processes and carry out the analysis through graphs.

The structured survey that was applied for the quantitative methodology, aimed to analyze if there was a relationship between the economic performance of their businesses with any factor related to the knowledge and use of ICT, through the binary logistic regression method (Appendix A). The performance of the businesses of women entrepreneurs was considered as a dependent variable with two dimensions: monthly sales and whether the profits are enough to cover household expenses and as independent variables were considered dichotomous variables that indicate some knowledge or use of technology. The structured survey was applied to the 81 women members of the Association to analyze if there was a relationship between the economic performance of their businesses with any factor related to the knowledge and use of ICT.

The binary logistic regression method was selected, which is applied when the dependent variable is qualitative and dichotomous binary, as well as when the independent variables are qualitative or quantitative. As the objective of this study is not to predict but to find a causal relationship between the dependent variable and the independent ones this type of regression was selected, all the women answered the survey therefore the sample is representative. The instrument used for the in-depth interview can be found in Appendix B.

The people who participated in the investigation were 81 women who belong to the Afro-Ecuadorian Progressive Women's Group from the Nigeria neighborhood of Isla Trinitaria in the city of Guayaquil-Ecuador. This neighborhood is located to the south of the city, next to the salty estuary, in a sector that is clearly impoverished and marginalized as it is the place of settlement of Afro-Ecuadorians living in Guayaquil, who have historical problems of irregular land settlements. Afro-Ecuadorian Progressive Women's Group is a women's organization that, with more than 21 years of experience, seeks to improve life opportunities for themselves and their families through self-education and the creation of community savings and credit accounts whose. The objective is to support low-income women entrepreneurs who are exposed to some obstacles to their growth, such as racial discrimination, gender inequality, lack of financing and family support, to this is added the lack of technological knowledge, which it is an important factor for the development of their enterprises [19].

This population was selected due to the promotion that the leader of the group, Sonia España [20], disseminates in the media, and as a group of women entrepreneurs very well organized in impoverished sectors, is unique in Guayaquil. The total sample corresponds to that of Progressive Women from the Nigeria neighborhood of Isla Trinitaria in the city of Guayaquil-Ecuador, made up of 81 women, of which 48.1% (39) are of Ecuadorian nationality and 51.9% (42) of Venezuelan nationality, who were previously provided with a brief 45-minute training on digital marketing. For ethical reasons, the names of the participants are not disclosed.

3. RESULTS

3.1. Qualitative Results

To analyze the interviews, the NVivo program was used as a tool for exploration and analysis of information [18]. A classification of primary and secondary categories extracted from the interviews with women entrepreneurs was carried out, to better understand their discourses and draw conclusions (see Table 2).

Table 2. Categories obtained from interviews.

Primary categories	Secondary categories
<ul style="list-style-type: none"> Barriers in the digital environment. Digital divide in women entrepreneurs. Causes that cause the digital divide. Desires to expand your business. Motivation. Reduce the digital divide. 	<ul style="list-style-type: none"> Educate yourself for the proper use of technology. Lack of knowledge of new technological tools. Difficulty browsing the web. Absence of technological content. Increase the number of customers. Customer access channels.

Table 3. Hierarchical code map.

Desire to expand their business		Digital divide in women entrepreneurs		Motivation	Entrepreneurial skills	
	Increase the number of customers	Lack of knowledge of new technological tools	Conflicts that arise in the use of technology	Example of advertising from other businesses	Content marketing	Be more competitive
Promote your products on social networks				Advice offered by entrepreneurs	Have business knowledge	Manage business finance
	Customer access channels	Makes it difficult to navigate on the web				
The importance of technology for entrepreneurship		Reduce the Digital Divide		Barriers in the digital environment	Causes that cause the digital divide	
Sharing information through social networks	Implementing technology in your business	Receive free technology training		Educating for the proper use of technology	Absence of technological content	
					The risks of ICTs	
	Sell on the internet				Access to inappropriate content	

In addition, a comparative map of the categories and subcategories generated by NVivo was made (see Table 3) where the desire to expand their businesses, the importance of technology and the desire to reduce the digital divide through training, among others, stand out.

Primary Categories

Barriers in the digital environment: The main barriers faced by women entrepreneurs in the digital environment is the lack of technological training, in which they emphasize that not being educated in these technological issues represents an obstacle to their entrepreneurship, so they pointed out it is important that the entrepreneur is instructed so that she has the ability to take advantage of technological resources and thus generate good digital advertising and achieve the success in their business.

Digital divide in women entrepreneurs: It was found that women entrepreneurs have a large digital divide that has a negative impact on the development of their entrepreneurship. In general, it highlights the ignorance of new technological tools in the face of the conflicts that arise in the use of technology and the difficulty of navigating the web, since they find this digital system complicated and at the same time difficult to use.

Causes that cause the digital divide: One of the causes that causes the digital divide is the lack of access to technological information, so they lose the opportunity to properly merge technology and business. They pointed out that the lack of information affects them to a great extent, since they do not have the necessary knowledge to take advantage of these resources and would cause them conflicts when they want to implement the technology.

Desire to expand their business: Women entrepreneurs indicated that they want to expand their businesses, since one of the characteristics that a woman entrepreneur maintains is the illusion of reaching many people, promoting their brand and achieving business success in order to achieve the stability of their customers and provide a quality service.

Motivation: What drives them to be entrepreneurs, among the topics analyzed are the advice of entrepreneurs and examples of advertising from other businesses. For entrepreneurs it is very important to know how other entrepreneurs have achieved success in their businesses, since they take them guidance.

Reduce the Digital Divide: They express their interest in copying the new trends in technology, to carry out the same e-commerce actions that other entrepreneurs implement.

Secondary Categories

Educate themselves for the proper use of technology: For them, a good training in technology is very necessary, since today technology is widely used to boost business, in which they can increase the number of customers with the passing of the days. In addition to creating good advertising so that your products have a better reception and thus improve your economy.

Lack of knowledge of new technological tools: Regarding the subcategory lack of knowledge of new technological tools, several interviewees indicated that if they do not know how to use these technologies, how do they communicate their business? How do they make themselves known? This is a disadvantage for female entrepreneurs. When a useful tool or application comes out, which you have to take advantage of, it is very important that you know how to merge it with your business.

Difficulty navigating the web: In this topic they state that what they find more difficult on the internet, is to navigate in the different pages How to upload a publication?, if they do not know How can they sell on the internet? ... or when a new tool comes out, and they don't know how it

works, what is it for? How can these tools contribute either personally or by applying it to your business?

Absence of technological content: This subcategory arises from the need of entrepreneurs to acquire technological content, since it is essential that they provide talks, tutorials, explanatory videos, didactic material that serves a lot.

Increase the number of customers: One of the ways to promote your products is through social networks, in addition to personal use they also use it for the topic of businesses and ventures that are just beginning to gain strength in social networks. Some of the interviewees indicated that they use the social network Instagram to publicize their ventures, since many people use it and are familiar with this social network.

Customer access channels: As for this subcategory, many of them affirm that it is essential for their businesses to grow, and that their customers can reach them in a simpler way, so that they have easy access, it is important to offer them comfort and thus maintain solid communication and retain customers.

Advice provided by entrepreneurs: They indicate their desires to attend virtual talks they also have the option of following other business pages which sometimes make live workshops, conferences, simply connect to the live and can attend the class, solve at that time the doubts that arise. In addition to taking the opportunity to attend a conference with professionals, why not do it if it is for the good of your business, so you can have new ideas to apply in your business.

Examples of advertising from other businesses: Another of their motivations is to see the web pages of other entrepreneurs to follow these businesses and see how they are managed, what their strategies are, how they advertise these pages, this catches their attention, since this way they attract more customers and make themselves known.

Receive free training in technology: Because they do not have money to pay for training courses in digital marketing, they request that the trainings they receive be free. They express their desire to educate themselves, but because of the little they earn from their ventures, they cannot afford a paid course.

3.2 Quantitative results

In view of the fact that the 81 women surveyed do not have records that demonstrate their sales or financial gains, it was defined as a dependent variable whether or not the venture allows to cover household expenses to better understand the benefits obtained in their businesses. As independent variables, the dichotomous variables that indicate some knowledge or use of technology were considered, however, of this group of variables, those that presented responses with frequencies were not considered (see Table 4).

The use of WhatsApp has 100%, therefore, it really stops being a variable to be a constant. Other variables such as the use of email, if you have a mobile phone, the use of social networks, use of tablets and possession of printers, were not considered because they do not have these resources.

In order to determine the level of precision of the applied model, the Hosmer and Lemeshow test was performed, that shows the p-value of 0,24 which according to the theory being greater than 0.05, indicates that the statistical model fits well, which means that the expected values with the model are similar to those observed (see Table 5).

Table 4. Categorical independent variable encodings.

		Frequency	Parameter coding
• Do you use Word, Excel, Power Point?	Yes	36	1,000
	No	39	.000
• Do you use the Internet on a daily basis?	Yes	70	1,000
	No	5	,000
• Do you have a phone with internet?	Yes	52	1,000
	No	23	,000
• Do you have a computer at home?	Yes	22	1,000
	No	53	,000
• Do you have paid +Internet at home?	Yes	54	1,000
	No	21	,000
• Do you use the Municipality's Internet in your work area?	Yes	10	1,000
	No	65	,000
• Do you use USB devices (Flash drive)	Yes	31	1,000
	No	44	,000
• Do you do video conference? (For example, with Zoom)	Yes	48	1,000
	No	27	,000
• Do you know about Commerce through the Internet?	Yes	41	1,000
	No	34	,000

Table 5. Hosmer and Lemeshow test

Hosmer and Lemeshow test						
Step	Chi-Square	Gl	Sig.			
1	9,173	7	,240			
Contingency table for the Hosmer and Lemeshow test.						
Step		Entrepreneurship is enough to cover Family Expenses=No		Entrepreneurship is enough to cover Family Expenses =Yes		Total
		Observed	Expected	Observed	Expected	
	1	7	7,779	1	,203	8
	2	6	7,079	2	,921	8
	3	6	5,877	2	2,123	8
	4	7	6,032	2	2,968	9
	5	7	4,899	1	3,101	8
	6	5	4,550	3	3,450	8
	7	3	3,537	5	4,463	8
	8	2	1,930	5	5,070	7
	9	0	1,299	11	9,701	11

Another test called global percentage is applied which shows that the model is correct in 78.7% of cases (see Table 6). The theory indicates that a value greater than 50% fits the model well.

Table 6: Testing the overall percentage of binary logistic regression.

	Observed	Predicted		Correct percentage	
		No	Yes		
Step 1	Entrepreneurship is enough to cover Family Expenses	No	38	5	88,4
		Yes	11	21	66,5
Overall Percentage				78,7	

a. The cut value is ,500

The table 7 presents the level of relationship that exists between the selected independent variables (9) and the variable dependent on whether the profits of the business cover their household expenses. It can be observed that the level of significance of the relationship between the variables, there are two independent variables that meet this criterion and that are: question 15 Do you know about commerce through the Internet?, and question 28 Do you have paid Internet at home? In question 15 it can be seen that the level of significance is 0.025 and question 28 is 0.053. In question 15 the significance level is less than 0.05 and question 28 coincides with 0.05.

Table 7. Regression coefficients and their statistical significance

	B	Standard Error	Wald	Gf	Sig.	Expo
15.Do you know about Internet Commerce?(1)	-1.438	0.643	5.003	1	0.025	0.237
22. Do you use the internet(1)	1.078	1.316	0.671	1	0.413	2.938
25. Do you have a telephone with Internet?(1)	0.633	0.600	1.110	1	0.292	1.882
Do you have a computer at home?(1)	-0.375	0.646	0.337	1	0.561	0.687
28. Do you have paid Internet at home?(1)	1.501	0.775	3.756	1	0.053	4.488
29.Do you use the Internet in your Municipality in your work area?(1)	-0.578	0.832	0.482	1	0.487	0.561
32.Do you do video (For example, with Zoom?(1)	0.475	0.576	0.680	1	0.410	1.608
33. You use devices USB(Pendrive)(1)	0.347	0.569	0.372	1	0.542	1.414
35. Do you use Word, Excel. Power Point? (1)	0.756	0.591	1.638	1	0.201	2.131
Constant	-2.717	1.387	3.838	1	0.050	0.066

Being less than 0.05, the independent variable of question 15 contributes significantly to the dependent variable at a level of 95%. On the other hand, the independent variable of question 28 being between 0.05 and 0.10 contributes significantly to the dependent variable at a level of 90%. The coefficient of regression and statistical significance was also applied (see Table 7).

In the table it can be seen that the rest of the questions other than 15 and 28 have a level of significance higher than 0.05 so their independent variables are not considered significant for the dependent variable. It can be deduced from question 28 that investing a monthly payment on the internet at home has a positive impact on the performance of their ventures, measured based on whether the profits reach them to cover their expenses at home. As for question 15 on internet commerce and performance, the beta regression coefficient (B) is -1.438, once the reverse transformation is carried out it can be concluded that there is a 0.237 possibility of generating profits or benefits in the business to know of electronic commerce. All results can be taken into account with caution since the sample size (81) is relatively small for the number of independent variables.

4. DISCUSSION

This study confirms what [10] pointed out that the gender difference limits the use of women's economic resources and deepens discrimination against women when it comes to entrepreneurship, especially in marginal communities with very low family incomes, where women must overcome a series of obstacles and difficulties including their responsibilities in the home in charge of their family, their children, food among others.

Access to digital technology involves the creation of value [14], however the role imposed by society on women, limits the time they can devote to their business and to obtain knowledge about digital technologies, which prevents them from improving their sales volume and the growth of their businesses, being isolated from the benefits that this knowledge entails [8], and undertaking under these schemes represents for women an accumulation of problems with which they must deal daily to get ahead, however, there are many women entrepreneurs who manage to get ahead [10].

The study revealed similarities in the analyzed cases of the women entrepreneurs of the Afro-Ecuadorian Association Progressive Women of Trinitaria Island in the city of Guayaquil, given that most of the women interviewed were not familiar with the digital system.

As for the main motivations for women to become entrepreneurs in the context of poverty in Guayaquil, it was found that most of them are motivated by the advice they can receive from other entrepreneurs, since, as the interviewees themselves reported, they consider it very important to know the practices they must follow to establish themselves as entrepreneurs and how to create a good marketing plan. While in the rest of the cases they are motivated to see how other businesses advertise their products through digital media to be more competitive.

In the same way, it was possible to determine that for them technology is very important in their businesses, since they consider that by using it they will have the possibility of sharing information and promoting their products on social networks, given that currently most people are familiar with these technological tools, it is easier for them to know and be interested in their brand and get to sell on the internet in order to have economic independence.

It is important to note that a group of women said that it is only handled with the free internet offered by the municipality of Guayaquil in their jobs. Although at the level of the middle and upper class in Guayaquil it could be considered common, however, in marginalized sectors such as in the Nigeria neighborhood of Isla Trinitaria where the study was carried out, it does represent a very representative investment of their family budgets. What could be argued is that there is a

strong relationship between such investment in the internet and the good performance of their ventures.

This research addresses a topic that has not been previously studied in the marginal sectors of the city of Guayaquil, so it is expected to complement with more quantitative studies in the future for a better understanding of the reality of women who undertake in these conditions, these results can be taken as a reference for future research, but without providing conclusive results.

5. CONCLUSIONS

It is important to note that women entrepreneurs present difficulties when undertaking such as lack of access to credit, abandonment by their partners, living in marginal areas, in addition to racial discrimination for being Afro-Ecuadorian women, to this is added the lack of technological knowledge.

The results of the interview highlighted that one of the barriers to access to the use of digital marketing presented by women entrepreneurs is the lack of technological training to which they are exposed, since by not being educated about these new technologies they will not be able to make adequate use of ICT and would be losing the opportunity to take advantage of these technological resources. In addition, the lack of knowledge of new technological tools brings with it conflicts in the use of these and affects them to a large extent, since they have difficulties navigating the web, which translates into the interruption of the progress of their venture.

For them, the issue of technology is closely related to their desire to expand their businesses, because its use will allow them to increase the number of their customers, in addition to providing them with access channels to have better communication to address them and vice versa.

It is essential that they have the opportunity to receive free technological training, since their income is insufficient to enroll in specialized courses offered by different institutions in exchange for economic value.

REFERENCES

- [1] Organización de las Naciones Unidas, “Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2019,” 2019.
- [2] V. Lasio, A. Amaya, J. Zambrano, and X. Ordeñana, “Global Entrepreneurship Monitor Ecuador 2019/2020,” *ESPAE: Guayaquil, Ecuador*, 2020.
- [3] S. Delgado-Estrada, R. Carrasco-Reyes, J. Chabusa-Vargas, and C. Mackay-Castro, “Emprendimiento femenino por necesidad en Ecuador,” *Rev. Venez. Gerenc.*, vol. 25, no. 91, pp. 1221–1233, 2020.
- [4] A. T. Torres, Á. F. B. Álava, and R. P. Moncayo, “La afectación de los emprendedores en época de pandemia,” *Rev. Publicando*, vol. 8, no. 32, pp. 51–60, 2021.
- [5] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de Ecuador, “Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo 2021,” 2021.
- [6] Banco Central del Ecuador, “Reporte de pobreza, ingreso y desigualdad. Resultados a junio de 2021,” 2021.
- [7] Consejo Nacional para la Igualdad de Género, “Lineamientos del Consejo Nacional para la Igualdad de Género frente a la crisis sanitaria, para su implementación en las instituciones del,” 2020.

- [8] M. Karyotaki, L. Bakola, A. Drigas, and C. Skianis, “Women’s Leadership via Digital Technology and Entrepreneurship in business and society,” *Tech. Soc. Sci. J.*, vol. 28, p. 246, 2022.
- [9] H. P. Segarra, J. L. Chabusa, C. M. Legarda, and E. I. Espinoza, “Perfil de la Mujer Emprendedora en Latinoamérica: un marco referencial para Ecuador,” *Rev. Espac. ISSN*, vol. 798, p. 1015, 2020.
- [10] R. G. Aquino Reyes and A. J. Castaño Vargas, “El emprendimiento femenino y su incidencia en la zona urbana de la ciudad de Guayaquil,” Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Administración, 2019.
- [11] S. Nambisan, M. Wright, and M. Feldman, “The digital transformation of innovation and entrepreneurship: Progress, challenges and key themes,” *Res. Policy*, vol. 48, no. 8, p. 103773, 2019.
- [12] F. von Briel, P. Davidsson, and J. Recker, “Digital technologies as external enablers of new venture creation in the IT hardware sector,” *Entrep. Theory Pract.*, vol. 42, no. 1, pp. 47–69, 2018.
- [13] Instituto Nacional de Estadísticas y Censo INEC, “Encuesta multipropósito - TIC 2019,” 2019.
- [14] J. Zeng and Z. Khan, “Value creation through big data in emerging economies: The role of resource orchestration and entrepreneurial orientation,” *Manag. Decis.*, 2018.
- [15] B. Orser, A. Riding, and Y. Li, “Technology adoption and gender-inclusive entrepreneurship education and training,” *Int. J. Gend. Entrep.*, 2019.
- [16] C. Teddlie and A. Tashakkori, “Overview of contemporary issues in mixed methods research,” *Sage Handb. Mix. methods Soc. Behav. Res.*, vol. 2, pp. 1–44, 2010.
- [17] S. Tracy, “Calidad cualitativa: ocho pilares para una investigación cualitativa de calidad,” *Márgenes Rev. Educ. la Univ. Málaga*, vol. 2, no. 2, pp. 173–201, 2021.
- [18] B. Palacios Vicario, A. Gutiérrez García, M. C. Sánchez Gómez, and others, “NVIVO una herramienta de utilidad en el mundo de la comunicación,” 2013.
- [19] M. Progresistas, “Quienes somos – Mujeres Progresistas,” 2021. [Online]. Available: <https://mujeresprogresistas.com/quienes-somos/>.
- [20] U. S. E. Ecuador, “Empoderamiento femenino y tenacidad,” 2020. [Online]. Available: <https://www.facebook.com/USEmbassyEC/videos/141825500770028/>.

APPENDIX

A. SURVEY

1. What is your First and Last Name?

2. What is your Gender?

Male Female Other

3. Level of studies?

No studies Secondary education

Primary education University Studies

4. What is your Entrepreneurship?

5. How many people make up your Entrepreneurship?

6. How much money do you make in a sales day with your Entrepreneurship?

7. What you earn from your Entrepreneurship is enough to cover family expenses?

Yes and no more Yes and money left over for other things

No

8. Do you help with Extra Income in your home? (For example, the salary of your Spouse, or the salary of a son)

Yes No

9. What is your age?

10. Where do you live? (Do not specify your address, only the Area where you live)

11. Where do you have your entrepreneurship?

12. Do you have your business at home?

Yes

No

13. What is your nationality?

14. How do you find out about news, advertisements, or business opportunities?

TV

Radio

Internet

15. Do you know about trading through the internet?

Yes

No

16. Do you have email?

Yes

No

17. Do you use email?

Yes

No

18. Since when have you used Email?

19. Do you have a mobile phone?

Yes

No

20. For what purpose do you mostly use the phone?

Leisure

Work

21. Do you know or know how to use the Internet?

Yes

No

22. Do you use the internet every day?

Yes

No

23. How often do you use the internet?

Between 1 and 4 hours

Between 5 to 8 hours

Between 10 and 12 hours

All day

24. For what purposes do you usually use the Internet?

To use email

Chat

Use social networks (Facebook, Twitter, Instagram)

Watch video or photos

Videoconferencing via Skype

Download music

25. Do you have a phone with internet?

Yes No

26. Do you have a computer at home?

Yes No

27. If you have a computer at home, who taught you how to use it?

28. Do you have paid Internet at home?

Yes No

29. Do you use the municipality's internet in your work area?

Yes No

30. Do you use the municipality's internet at home?

Yes No

31. Do you have a personal account on the social network? (Facebook, Instagram, Twitter)

Yes No

32. Do you do video conferencing? (For example, with Zoom)

Yes No

33. Do you use USB devices (pen drive)?

Yes No

34. Do you use tablets?

Yes No

35. You use Word, Excel, PowerPoint?

Yes No

36. Do you use WhatsApp?

Yes No

37. Do you have a printer?

Yes No

38. Please write down your phone number (it is to contact you later to know the benefits of the training we will give you):





B. INTERVIEW

1. Have you previously received Technology trainings?
2. If yes, on what issues specifically?
3. If that is affirmative, who trained them?

4. How valuable have you found the technology training provided by us?
5. Do you dare to use Instagram from now on?
6. Are they afraid or doubtful of its use?
7. What other technology tools would you like to learn?
8. Would you like us to contact you 3-4 months later to ask how you did with the use of Instagram?
9. What do you find most difficult to understand about the Internet?
10. What proposals would you give so that they could access the Internet more easily?
11. Which pages do you visit most frequently on the Internet?
12. Why do you visit those pages and not others?
13. What do you like about the page you visit the most?
14. When you get some important information do you share it with your friends or family?

La nueva imagen de la rehabilitación urbana del centro de Portoviejo, análisis comparativo post terremoto

(The New Image of the Urban Rehabilitation of Portoviejo Center, Post Earthquake Comparative Analysis)

Silvia Corrales Zambrano¹ , Santiago Vanegas Peña² , Cristina Suárez Loo¹ ,
María Pita Mera¹ 

¹ Universidad San Gregorio de Portoviejo, Portoviejo, Ecuador

² Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador

e.scorreles@sangregorio.edu.ec, asvanegas@uazuay.edu.ec, e.cpsuarez@sangregorio.edu.ec, e.mvpita@sangregorio.edu.ec

Resumen: Las ciudades están compuestas de imágenes que llenan a las personas de sentidos, recuerdos y emociones a su vista, colmada de recuerdos según la experiencia de quien observe. Con esta idea, la presente investigación se realizó con la finalidad de estudiar la nueva imagen urbana percibida por los ciudadanos de la rehabilitación del área central de Portoviejo. Se efectuó un análisis comparativo pre y post terremoto para mostrar los principales componentes considerados en la renovación del espacio público. Para ello, se emplearon mapas mentales y entrevistas; utilizando técnicas cualitativas e interpretación de la percepción de la población. Así, se llegó a construir un mapa con los elementos que caracterizan la nueva imagen de la ciudad.

Palabras clave: Imagen de la ciudad; percepción; legibilidad urbana; imaginabilidad urbana.

Abstract: Cities are composed of images that fill us with senses, memories, and emotions to our sight, filled with memories according to the experience of the observer. With this idea, this research was carried out with the purpose of studying the new urban image perceived by the citizens of the rehabilitation of the central area of Portoviejo. A comparative analysis was performed before and after the earthquake to show the main components considered in the renovation of the public space. To do it, we employed mental maps and interviews; using qualitative techniques and interpretation of the perception of the population. Thus, a map was built-with the elements that characterize the new image of the city.

Keywords: City image; perception; urban readability; urban imaginability.

1. INTRODUCCIÓN

Observar las ciudades puede causar un placer particular, por corriente que sea la vista. Tal como una obra arquitectónica, también la ciudad es una construcción en el espacio, pero se trata de una construcción en vasta escala, de una cosa que solo se percibe en el curso de largos lapsos [1].

El 16 de abril del 2016, un terremoto con epicentro en las provincias de Manabí y Esmeraldas de magnitud 7.8 M w, según informe del Instituto Geofísico Militar [2], sacudió toda la ciudad de Portoviejo. El terremoto ocasionó una gran cantidad de víctimas y una extensa destrucción especialmente en la costa norte y centro del Ecuador. Es así, como a consecuencia directa del

terremoto y según los datos oficiales emitidos por las autoridades, se contabilizaron alrededor de 700 personas fallecidas, más de 7000 heridos, 22000 personas refugiadas, millares de edificaciones destruidas o inhabitables y pérdidas económicas estimadas en alrededor de tres mil millones de dólares [3].

El área central de la ciudad de Portoviejo estaba casi en su totalidad destruida, la imagen del centro se había perdido y por consiguiente la autoestima respecto a los valores locales. En el año 2017, el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) municipal del cantón Portoviejo anuncia en sus medios de comunicación oficial la contratación al consorcio Nuevo Portoviejo para que ejecute la construcción del plan piloto de regeneración urbana del centro histórico de la ciudad, diseñado en consultoría por el arquitecto Luis López en el año 2015, proyecto que tuvo como objetivo el fortalecimiento y dinamización de su centro, teniendo como misión la recuperación y consolidación del paisaje urbano homogéneo de alta calidad ambiental y estética, el mejoramiento del espacio público y que este contribuya al Ordenamiento Territorial.

El proyecto abarcó 58 Has. del centro de Portoviejo (figura 1), divididos en 5 supermanzanas, pero solo se construyó un plan piloto comprendido por una supermanzana de 8.6 Has [4], que contiene el núcleo político administrativo de la ciudad, el que se propuso pasar de 2.2 Has de vías a 1 Ha, dándole así importancia al peatón con respecto al vehículo al pasar de 1.2 Has. de aceras a 2.4 Has. que se integran al espacio público.



Figura 1. Plan Piloto de regeneración urbana de Portoviejo. Fuente: [4]

Con estos antecedentes, la presente investigación tuvo como finalidad estudiar la nueva imagen urbana percibida por los ciudadanos de la rehabilitación del área central de Portoviejo, mediante un análisis comparativo pre y post terremoto para mostrar los principales componentes considerados en la renovación del espacio público, mediante la realización de mapas mentales y

entrevistas. Se utilizaron técnicas cualitativas e interpretación de la percepción de la población, para lograr construir un mapa con los elementos que caracterizan la nueva imagen de la ciudad. Para Muñoz [9] “la percepción social depende más de los estímulos y de la recepción del individuo, de las experiencias grupales, de las actitudes, valores, necesidades, circunstancias sociales o expectativas”.

2. BASE CONCEPTUAL

2.1. Teoría de la percepción

La ciudad es un territorio edificado que se compone de imágenes provenientes de innumerables percepciones humanas. La información obtenida en los distintos recorridos por la ciudad constituye la materia prima para la elaboración de dichas imágenes. En tal sentido, la percepción es el mecanismo que vincula al hombre con el entorno; alimentándose de los rasgos más importantes visuales, auditivos, sonoros, entre otros, durante los recorridos; debido a que el hombre tiene la capacidad de seleccionar, reaccionar y actuar solamente ante lo que despierta su interés [5].

El espacio público cumple un papel importante en el dinamismo urbano, ya que este se constituye en un punto de encuentro de la población el que se considera también como un lugar de identificación y relación. Estos espacios públicos deben formarse en lugares con sentido que permitan el intercambio y la expresión colectiva.

Una de las principales disciplinas que se ha encargado del estudio de la percepción ha sido la psicología y, en términos generales, tradicionalmente este campo ha definido a la percepción como el proceso cognitivo de la conciencia que consiste en el reconocimiento, interpretación y significación para la elaboración de juicios en torno a las sensaciones obtenidas del ambiente físico y social, en el que intervienen otros procesos psíquicos entre los que se encuentran el aprendizaje, la memoria y la simbolización. [6]

Los lugares que transita una persona a pie se caracterizan por lo que pueden observar y por cómo está desarrollada la forma de su desplazamiento. En este recorrido pueden percibirse las formas, colores, detalles, todo lo que se puede ver proporciona información del lugar. De esto la importancia que los espacios públicos sean de calidad y que estén diseñados en función al peatón que es la principal prioridad, razón de existencia y planificación. “Todo ciudadano tiene largos vínculos con una u otra parte de su ciudad, y su imagen esta embebida de recuerdos y significados” [1].

Cabe resaltar aquí a uno de los elementos importantes que definen a la percepción, el reconocimiento de las experiencias cotidianas. El reconocimiento es un proceso importante involucrado en la percepción, porque permite evocar experiencias y conocimientos previamente adquiridos a lo largo de la vida con los cuales se comparan las nuevas experiencias, lo que permite identificarlas y aprehenderlas para interactuar con el entorno. De esta forma, a través del reconocimiento de las características de los objetos se construyen y reproducen modelos culturales e ideológicos que permiten explicar la realidad con una cierta lógica de entre varias posibles, que se aprende desde la infancia y que depende de la construcción colectiva y del plano de significación en que se obtiene la experiencia y de donde ésta llega a cobrar sentido. [6]

El interés primordial se logra, por una parte, en el usuario, y por otra, sobre las características funcionales que ofrece el espacio y sus cualidades formales, de estas diferentes percepciones que despiertan los espacios de la urbe, dependerá también del estímulo que reciba el peatón para caminarlo, es por eso que los espacios públicos deben orientarse a animar e invitar a las personas

a que transiten por ellos. “El medio ambiente sugiere distinciones y relaciones, y el observador con gran adaptabilidad y a la luz de sus propios objetivos-escoge, organiza y dota de significado lo que ve” [1].

2.2. Mapas Mentales

Centrándose en el medio ambiente urbano existen dos conceptos centrales en la actividad perceptiva: la legibilidad, como calidad visual que provee el ámbito urbano a sus habitantes, operativamente ayuda a la facilidad con la que pueden reconocer y representar los elementos de la ciudad, y la imaginabilidad como cualidad de las entidades que llevan a crear imágenes con claridad. Centrándonos en la representación de la imagen a través de un mapa mental, aparecen los conceptos de identidad, estructura y significado. La identidad corresponde al reconocimiento de individualidades en el momento de identificar entidades geográficas, la estructura impone el reconocimiento de relaciones entre estas entidades y el significado su naturaleza práctica o emotiva para el observador [7].

Para la realización de mapas mentales urbanos, Soloviy [8] menciona una serie de elementos que permiten leer la imagen de la ciudad los cuales son:

a) Sendas

Tipo: Conductos que sigue el observador, ocasional o potencialmente.

Función: Se observa la ciudad y éstas organizan y conectan los demás elementos ambientales.

Importante: Sendas con orígenes y destinos claros y bien conocidos dan una identidad vigorosa y contribuyen a mantener ligada la ciudad dando la sensación de la posición del observador.

Elemento: Calles vías férreas.

b) Bordes

Tipo: Límites entre dos fases, roturas lineales de la continuidad.

Función: Referencias laterales y no ejes coordinados. Son más importantes la continuidad y la visibilidad por sobre la impenetrabilidad.

Importante: Pueden ser al mismo tiempo sendas con características de límite. Determinar en identificar áreas y distritos.

Elemento: Playas bordes de desarrollo, riberas de ríos.

c) Barrios

Tipo: Sectores de la ciudad, secciones bidimensionales (el observador mentalmente “ingresa”) reconocibles por tener cierta identidad y carácter común.

Función: Zonas de cohesión física, espacial, cultural, formal o perceptual (homogeneidad interna). Siempre identificables desde el interior.

Importante: Para producir una imagen vigorosa hay que reforzar las claves de identidad.

Elemento: Trama y manzanas.

d) Nodos

Tipo: Núcleos estratégicos a los que el observador puede entrar, y los que son el punto focal hacia el cual se viaja.

Función: punto focal de un distrito (corazón), núcleos.

Importante: Sendas que se cortan, puede contener hitos, organizador de distritos.

Elemento: Intersecciones, concentraciones, convergencias, espacios abiertos.

e) **Mojones**

Tipo: Puntos de referencia externos, objetos simplemente definidos, objetos físicos o virtuales, reconocibles desde cerca y/o lejos.

Función: Claves de identidad y estructura (significado).

Importante: Singularidad, contraste entre forma y fondo, secuencias relacionadas con las sendas.

Elemento: Obeliscos, fuentes, cruces.

3. METODOLOGÍA

La presente investigación es de tipo cualitativo-deductivo basado en un estudio comparativo de la percepción de las personas en relación con la imagen del centro de Portoviejo antes y después del terremoto.

Se utilizaron los métodos principales descritos por Lynch [1]: “la entrevista de una pequeña muestra de ciudadanos con respecto a su imagen del medio ambiente y el examen sistemático de la imagen ambiental evocada en observadores profesionales sobre el terreno”. La entrevista consta de varias preguntas acerca de la imagen de la ciudad pre y post terremoto en el que se solicitó que describa las partes que más caracterizan a la ciudad según su percepción, esto con la finalidad de obtener cierta visión aproximada sobre la imagen pública, “para ello se estudiará la imagen mental que, de dicha ciudad, tienen sus habitantes, se prestará atención particularmente a una cualidad visual específica, a saber, la claridad manifestada o la ‘legibilidad’ del paisaje urbano” [1].

Para la selección de la muestra se escogió a 3 grupos integrados por 10 personas cada uno: los transeúntes que viven diariamente el proyecto, los taxistas que según Saga y Fernández-Ramírez [10] son quienes recorren y viven la ciudad al transitarla a diario, y el grupo de arquitectos, quienes aportan una mirada educada y calificada de la ciudad.

Bertaux establece en 30 el número de casos necesarios para lograr el punto de saturación. Una menor cantidad de unidades de la muestra tiende a dar una visión incompleta y una mayor cantidad tiende a la repetibilidad de las características del objeto de estudio [11].

La entrevista comprende dos partes; la primera con preguntas previo al terremoto y la segunda parte con preguntas post terremoto, las cuales se detallan en la tabla 1.

Tras los resultados de la información adquirida por las personas en las entrevistas y bosquejos se procedió a realizar los estudios de la identidad, lo que finalizó en un mapa mental que demuestra la imagen pública según Lynch [1] de la regeneración urbana de Portoviejo, sus problemas, potencialidades y las cualidades del área de estudio.

El mapa mental es una forma de interpretar la experiencia cultural de los individuos. Se trata, como menciona Lynch [1], de indagar en las relaciones entre los elementos físicos, la percepción y la organización simbólica de los espacios. Con esta técnica es posible constatar la construcción del espacio tanto por elementos físicos visibles como invisibles [12].

Tabla 1. Preguntas de encuesta

1.- ¿Describa cuál era su lugar favorito del centro histórico de Portoviejo antes/post terremoto y por qué?	Antes Terremoto	¿Por qué?
	Después Terremoto	
2.- ¿Describa lo que no le gustaba del centro histórico de Portoviejo antes/post terremoto?	Antes Terremoto	
	Después Terremoto	
3.- ¿A qué acudía al centro histórico de Portoviejo antes/post terremoto?	Antes Terremoto	
	Después Terremoto	
4.- ¿Describa cómo era el ambiente de su calle favorita del centro histórico de Portoviejo antes/post terremoto?	Antes Terremoto	
	Después Terremoto	
5.- ¿Qué recuerda usted que había antes/post terremoto que no hay ahora en la regeneración de Portoviejo?	Antes Terremoto	
	Después Terremoto	
6.- ¿Había alguna actividad que era de su agrado hacer o ver en el centro histórico antes/post terremoto? ¿Indíquenos cuál?	Antes Terremoto	¿Cuál?
	Después Terremoto	
7.- Partiendo de que las Sendas son los recorridos lineales por los que normalmente transita el observador en sus desplazamientos tales como como: calles, senderos, líneas de tránsito, canales o vías férreas. Describa que sendas recuerda del centro histórico de Portoviejo antes/post terremoto	Antes Terremoto	
	Después Terremoto	
8.- Partiendo de que los Bordes son elementos lineales que limitan dos áreas como playas, ríos o cruces de ferrocarril. ¿Cree usted que existían bordes en el centro histórico antes/post terremoto? ¿Cuál sería?	Antes Terremoto	¿Cuál sería?
	Después Terremoto	
9.- Partiendo de que los Nodos son puntos estratégicos de concentración en el que el observador puede ingresar que se convierte en momentos de paso, por ejemplo: rotondas, plazas, parques, edificaciones emblemáticas. Describa que nodos recuerda usted del centro histórico antes/post Terremoto.	Antes Terremoto	
	Después Terremoto	
10.- Partiendo de que los Mojones son puntos de referencia puntual, en el que el observador no puede ingresar, sino que son exteriores, son fácilmente reconocibles y funcionan como guía en el ámbito urbano. Describa los mojones que recuerde del centro histórico antes/post terremoto.	Antes Terremoto	
	Después Terremoto	

4. RESULTADOS

Los resultados se sustentan en respuestas abiertas a las entrevistas realizadas a 3 grupos de personas: los transeúntes, choferes profesionales y el grupo de profesionales en la arquitectura. La tabla 2 presenta los resultados obtenidos.

Tabla 2. Resultados de entrevistas

Antes del terremoto	Post terremoto
Pregunta 1: Lugar Favorito	
El 90% de los 3 grupos de encuestados respondieron el Parque central Vicente Amador Flor.	Los tres grupos respondieron el parque las Vegas.
Pregunta 2: Describir lo que no le gustaba	
Caos vehicular, desorden, pocas aceras para caminar e inseguridad.	El grupo de público en general respondió un 50% que todo les gustaba y el otro 50% hacen referencia a los rompe velocidades y calles angostas, el grupo de arquitectos y taxistas respondieron en su totalidad los rompe velocidades, falta de estacionamiento y calles angostas.
Pregunta 3: ¿A qué acudía?	
Trabajar, realizar trámites e ir a los bancos.	Los tres grupos respondieron a realizar trámites, bancos y pasear.
Pregunta 4: ¿Cómo era el ambiente de su calle favorita?	
Desordenado, caótico, sin iluminación pero que se todo se encontraba a pocos pasos de distancia.	Los tres grupos coinciden que es alegre, dinámica, pintoresca y caminable, evidencian un orden y armonía al transitar por las calles iluminadas y con vegetación.
Pregunta 5 ¿Qué recuerda usted que había antes del terremoto que no hay ahora?	
Los 3 grupos respondieron: aceras estrechas, mucho tráfico, lugares de comida, mientras que cierto grupo de personas respondió que no recordaba que había antes.	Los tres grupos coinciden en preferencia al peatón, aceras amplias y caminables, vegetación, mobiliario urbano, seguridad y accesibilidad.
Pregunta 6: La actividad favorita	
Las actividades que se realizaban en el parque central como las noches de verbena, las intervenciones musicales y degustar de la gastronomía de los alrededores.	Los tres grupos encuestados mencionan caminar por las calles y observar a los músicos en el parque central.
Pregunta 7: Describir las sendas	
El público en general respondió las calles Sucre, Chile, Rocafuerte y Olmedo, el grupo de Arquitectos respondió recordar las calles Chile, Sucre, Rocafuerte y Bolívar, mientras que los taxistas recuerdan todas las sendas antes del terremoto.	El público en general menciona las mismas calles descritas anteriormente, pero aparece la calle Mejía, Ricaurte y Morales, el grupo de arquitectos agregan adicional a las calles anteriores la Ricaurte y Mejía, mientras que los taxistas si identifican todas las calles intervenidas en la regeneración.
Pregunta 8: Los bordes	

El 60% del público general, 78% de los arquitectos y el 57% de los taxistas afirman que el río Portoviejo es considerado un borde urbano.	El 80% público en general y arquitectos y 42% de taxistas afirman el río como un borde.
Pregunta 9: Los Nodos	
Público en general y taxistas respondieron recordar como nodos al Parque central y La iglesia la Merced mientras que el grupo de arquitectos mencionaron Iglesia La Merced, y municipio de Portoviejo.	Los tres grupos respondieron parque Las Vegas, parque central e iglesia la Merced
Pregunta 10: Los Mojones	
Los tres grupos respondieron: El edificio la previsorora, Palacio de Justicia y la escuela Tiburcio Macías.	El público en general respondió: edificio La Previsorora, casa patrimonial Sara Vélez de Cedeño y escuela Tiburcio Macías, los arquitectos respondieron La previsorora, casa Sara Vélez, edificio Servicopia y Palacio de Justicia, los taxistas respondieron edificio La Previsorora y Palacio de Justicia.

Como resultado de las entrevistas se analiza que, la visión de los transeúntes del centro de Portoviejo, antes del terremoto se lo caracterizaba como un sitio de caos vehicular y peatonal, en el que las personas solo acudían por temas puntuales. Sin embargo, esta percepción visual cambió luego de la regeneración urbana que se realizó, construyendo un centro más amigable para el peatón en el que la preferencia ya no era el vehículo, sino el transeúnte y las áreas verdes, el que logró también que las personas que no habían visitado el sitio desde antes o en el año del terremoto regresen y encuentren un ambiente totalmente transformado.

Las figuras 2, 3 y 4 muestran el proceso de cambio que ha atravesado desde el año 2015 hasta la actualidad.

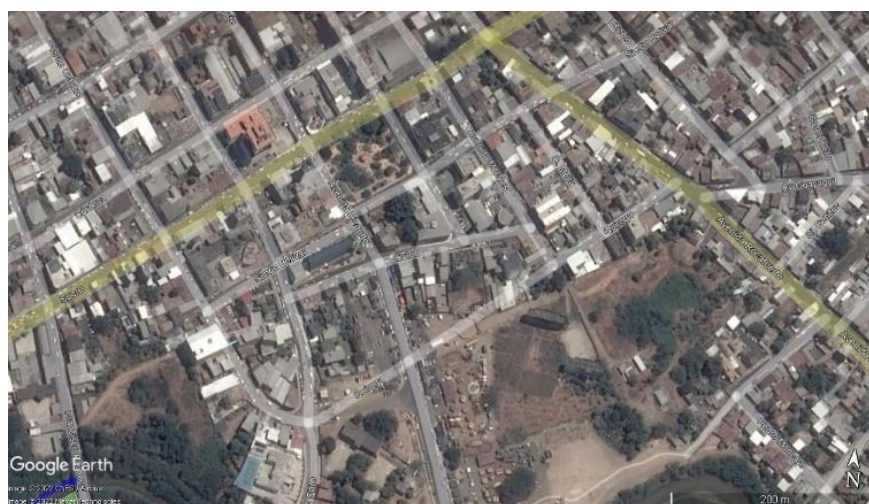


Figura 2. Mapa satelital del centro histórico de Portoviejo antes del terremoto, año 2015 [13]



Figura 3. Mapa satelital del centro histórico de Portoviejo en el año del terremoto 2016 [13]



Figura 4. Mapa satelital del centro histórico de Portoviejo post- terremoto 2021 [13]

Así mismo, los resultados de las entrevistas indican los elementos que permiten leer la ciudad. Así, la figura 5 ilustra, a través de un mapa mental antes del terremoto, lo siguiente:

- La preferencia en el sistema vial con relación a las aceras.
- Hay discontinuidad de sendas en las calles Morales, Colón y Quiroga.
- Las calles más mencionadas son la calle Sucre, la calle Rocafuerte y la calle Bolívar.
- El nodo más representativo es el parque Central.
- Los hitos son el edificio La Previsora y la escuela Tiburcio Macías.

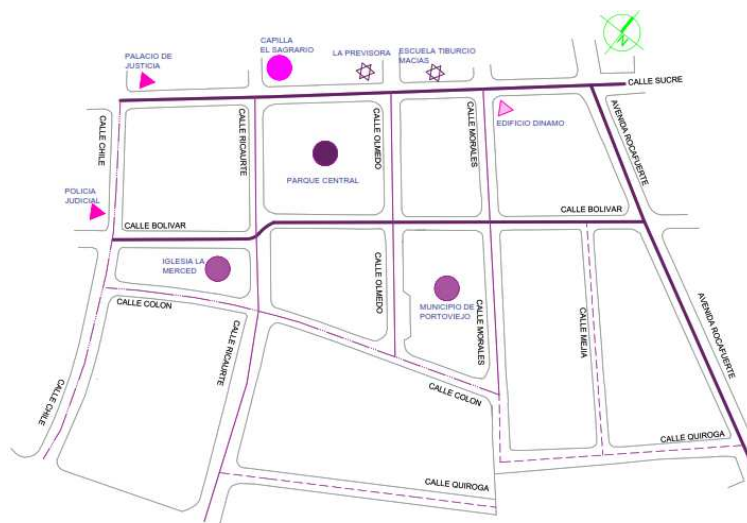


Figura 5. Mapa mental de la imagen del centro histórico de Portoviejo antes del terremoto. Se muestra en tabla 3 la simbología. Elaboración propia a partir de encuestas (2021).

Por otra parte, la figura 6 muestra la imagen mental post terremoto que presenta un área regenerada con más organización visual, en el que la preferencia ahora es el peatón, se angostaron las vías y se ampliaron las aceras, hay una continuidad de sendas al prolongar la calle Quiroga hasta la calle Chile, sus nuevos nodos son el parque las Vegas y su boulevard, mientras que los hitos se mantienen invariantes.

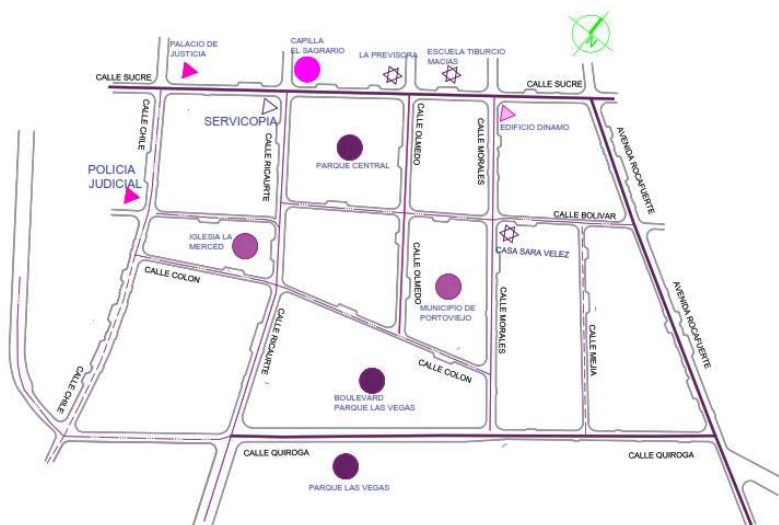


Figura 6. Mapa mental del centro histórico de Portoviejo post terremoto. Se muestra en tabla 3 la simbología. Elaboración propia a partir de encuestas (2021)

Tabla 3. Simbología de mapas mentales.

	Senda	Nodo	Hito
Frecuencia mayor a 75%	—————	●	☆
Frecuencia 50-75%	—————	●	▲
Frecuencia 25-50%	- · - · - ·	●	▲
Frecuencia 12.5-25%	- - - - -	●	▲

En la figura 7 se aprecia una comparación de la imagen del centro histórico de Portoviejo. Ahí se muestra que antes del terremoto la ciudad giraba en torno al parque central y el caos que este generaba, tal como abundante tráfico, mucho comercio, sin espacio para caminar seguros, cables aéreos y desorden visual; mientras que post terremoto pasa a un nuevo atractivo como el Parque las Vegas y su Boulevard, una ciudad tranquila con identidad y significado, caminable, de colores y mucho dinamismo.

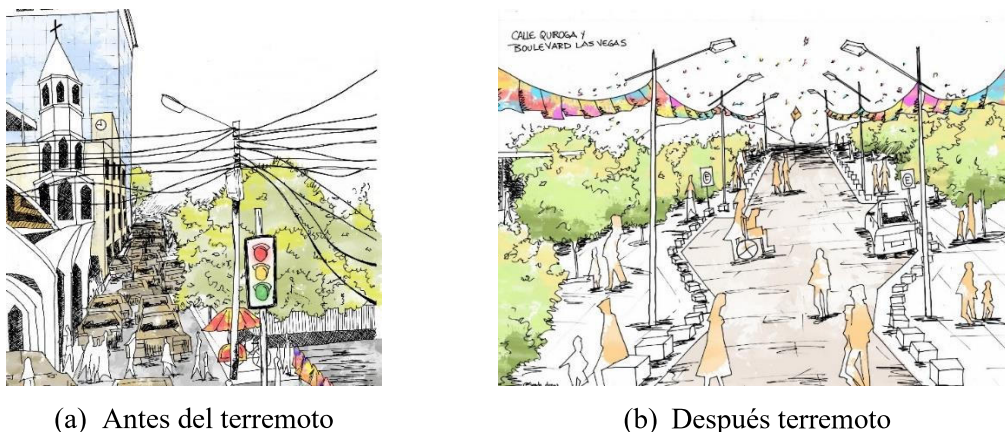


Figura 7. Comparación del centro histórico de Portoviejo antes (a) y post (b) terremoto. Elaboración propia a partir de encuestas (2021).

5. DISCUSIÓN

Finalizadas las entrevistas a los grupos se observa que hay un cambio de criterio de la imagen que se tenía de la urbe antes y después terremoto. Lo que antes era percibido por las personas como una ciudad caótica, desorganizada y con mucho tráfico, en la actualidad, luego de la regeneración urbana, da un giro drástico con una percepción de ciudad caminable, con amplias aceras, de agradable entorno urbano, llena de colores con la vegetación, con más organización y seguridad.

Antes del terremoto no existía una calle favorita como tal, debido a que se describió de manera negativa la ciudad y de forma esperable post terremoto la nueva calle favorita presenta características de un agradable entorno urbano. La realidad que se percibe en la actualidad es la preferencia hacia el peatón, en el que el vehículo no tiene mayor predominio como era antes del terremoto, tema que generó diversas opiniones ya que en los tres grupos encuestados se ha creado un malestar al angostar las vías. En este sentido, cabe notar lo que Gehl [13] manifiesta: «Si una ciudad desea alentar a sus habitantes a que caminen, debe tener atractivos para ofrecer, tales como la posibilidad de hacer trayectos cortos, tener espacios públicos atractivos y una variedad de servicios disponibles» (p.6). Este es el caso del parque las Vegas que se ha convertido en un eje principal de atracción para la población para el desarrollo de las actividades de esparcimiento en que se logró reunir a los habitantes en un espacio de libre circulación sin obstáculos urbanos que permite realizar múltiples actividades y al igual que el parque Central como un punto lleno de historia con innumerables memorias de quienes transitaban por el lugar.

La imagen que se percibe por los entrevistados muestra un área intervenida con identidad caracterizada por un centro histórico que parte de un núcleo político, administrativo y en la actualidad recreacional, estructurada la ciudad por sendas que se desarrollan de manera lineal completando circuitos en los que se pueden recorrer en trayectos cortos sus calles; mientras que el significado que los habitantes tienen de la urbe es de alegría y dinamismo, construida para el disfrute de actividades.

De los resultados de la investigación se encontraron algunos hallazgos por ejemplo al referirse a las sendas recordadas. Únicamente el grupo de taxistas contestó en su totalidad “que las calles que fueron intervenidas”, mientras que los demás grupos acertaron unas cuantas. Esto se debe a que los taxistas son quienes recorren a diario las calles de la ciudad y tienen una imagen clara de las mismas.

6. CONCLUSIONES

La imagen urbana que tienen las personas acerca del centro histórico de Portoviejo antes del terremoto es de una ciudad caótica y poco llamativa, el cual el entorno estaba rodeado de desorganización visual y apariencia en decadencia. Actualmente, la imagen urbana que tienen las personas del centro histórico post terremoto es de una ciudad pensada para el peatón y en el desarrollo de sus dinámicas urbanas; una ciudad legible, de imagen apropiada y agradable a la vista.

El sistema de movilidad vehicular ha sido el punto de mayor controversia y desagrado de las personas, en el que el ancho de las vías y los rompe velocidades han generado malestar e inconformidad en las personas.

Los elementos urbanos que fueron considerados en la regeneración del centro histórico de Portoviejo tales como vegetación, accesibilidad universal, y señalizaciones, dotaron de riqueza perceptual a las personas haciendo que sean reconocibles y recordados a simple vista.

Los espacios públicos como parques cumplen un rol de gran importancia en el esparcimiento y recreación de las personas, en este caso el parque Central y el parque Las Vegas han sido lugares de mayor renombre en esta investigación. De hecho, el parque Las Vegas se ha convertido en el nuevo punto de recreación y esparcimiento, es lo más presente en el imaginario de las personas, produciendo una movilización de un parque histórico de reducido espacio hacia uno más natural con múltiples actividades y gran cantidad de vegetación.




REFERENCIAS

- [1] K. Lynch, *La imagen de la ciudad*, Buenos Aires: Ediciones Infinito, 1960.
- [2] Instituto Geofísico Militar, «Atlas del sismo Ecuador 16 Abril del 2016,» 2016. [En línea]. Available: geoportalligm.gob.ec/portal/index.php/atlas-sismo-ecuador-16a/.
- [3] IGEPN, «<https://www.igepn.edu.ec/>,» 16 Abril 2020. [En línea]. Available: <https://www.igepn.edu.ec/interactuamos-con-usted/1810-cuatro-anos-despues-del-terremoto-de-pedernales-un-testimonio-sobre-el-peligro-sismico-en-el-ecuador>.
- [4] L. A. López, «Archivo BAQ,» [En línea]. Available: <https://arquitecturapanamericana.com/regeneracion-del-centro-de-portoviejo/#:~:text=El%20Plan%20Piloto%20de%20regeneraci%C3%B3n,servicios%20con%20las%20de%20vivienda..>
- [5] M. Avila, «La Percepción Visual de los Objetos del Espacio Urbano. Análisis del Sector El Llano del Area Central de la Ciudad de Mérida,» *Fermentum. Revista Venezolana de Sociología y Antropología*, n° 12(33), p. 86, 2002.

- [6] L. M. V. Melgarejo, «Sobre el concepto de percepción,» *Alteridades*, nº 8, pp. 47-53, 1994.
- [7] G. D. Buzai, «La construcción de mapas mentales mediante apoyo geoinformático. Desde las imágenes perceptivas hacia la modelización digital,» *Revista Geográfica de Valparaíso*, vol. 44, pp. 1-17, 2011.
- [8] G. Soloviy, «Eslabones Activos | Paisajes Expuestos.,» *Revistas Arquis*, vol. 3, nº 2, 2014.
- [9] J. Muñoz, «Un análisis necesario: epistemología de la geografía de la percepción.,» *Papeles de geografía*, nº (51-52), pp. 337-344, 2010.
- [10] M. Saga y B. Fernández-Ramírez, «Leer La Ciudad. La Imagen de la Ciudad.,» *URBS. Revista de Estudios Urbanos y Ciencias Sociales*, pp. 125-136, 2017.
- [11] J. Navarrete, «EL muestreo en la investigación cualitativa,» *Investigaciones sociales*, pp. 165-180, 2000.
- [12] J. A. García Ayala, «Métodos y técnicas cualitativas en la investigación de la ciudad,» *Mundo Siglo XXI*, nº 6, 2006.
- [13] J. Gehl, *Ciudades para la gente*, Buenos Aires: Infinito, 2014.

Vulnerabilidad sísmica en edificaciones de la ciudad de Portoviejo: Reflexiones del 16-A

(Seismic vulnerability in buildings of the Portoviejo city: Reflections of 16-A)

Gema María Menéndez-Navarro , Juan Gabriel García-García , Adrián Eliceo Reyna-García 

Universidad San Gregorio de Portoviejo, Portoviejo, Ecuador
gmmenendez@sangregorio.edu.ec, jggarcia@sangregorio.edu.ec, aereyna@sangregorio.edu.ec

Resumen: Existen muchas reflexiones y conclusiones derivadas luego del evento sísmico del 16 de abril de 2016, suceso que tuvo un fuerte impacto en las infraestructuras de la denominada zona cero de la ciudad de Portoviejo, en algunos casos reconfigurando su dinámica urbana y de movilidad. El rol de los profesionales es una de las aristas más cuestionadas por la comunidad luego del daño que sufrieron edificios y otras obras civiles, provocando grandes pérdidas económicas y humanas. El objetivo de la investigación es el de identificar la vulnerabilidad sísmica a las que están expuestas las infraestructuras ante sismos a partir de la experiencia vivida con el terremoto del 16-A, empleando una metodología de investigación documental (bibliográfica) y de campo (encuestas), aplicadas a los actores del sector de la construcción. Los resultados obtenidos evidencian que el sector antes mencionado, con todas sus ramas implícitas, requiere de constante capacitación y actualización de conocimientos y técnicas constructivas modernas.

Palabras clave: Conciencia constructiva, edificación, infraestructura vulnerable, sismo 16-A, zona cero.

Abstract: There are many reflections and conclusions derived after the seismic event of April 16, 2016, an event that had a strong impact on the infrastructure of the so-called ground zero of the city of Portoviejo, in some cases reconfiguring its urban and mobility dynamics. The role of professionals is one of the aspects most questioned by the community after the damage suffered by buildings and other civil works, causing great economic and human losses. The objective of the research is to identify the seismic vulnerability to which infrastructures are exposed to earthquakes based on the experience with the 16-A earthquake, using a documentary (bibliographical) and field (survey) research methodology, applied to the actors of the construction sector. The results obtained show that the aforementioned sector, with all its implicit branches, requires constant training and updating of knowledge and modern construction techniques.

Keywords: Constructive awareness, building, vulnerable infrastructure, earthquake 16-A, ground zero.

1. INTRODUCCIÓN

El 16 de abril del año 2016 en la costa manabita se produjo un gran sismo de magnitud de 7,8 grados en la escala de Richter causando daños catastróficos. Según el Comité de Reconstrucción y Reactivación señala que, a finales de diciembre 2016, se llegó a inspeccionar

70.311 edificaciones, de las cuales 20.510 viviendas se consideraron como habitables o seguras; 27.486 fueron consideradas recuperables y 22.315 catalogadas inseguras [1].

Tanto por el número de eventos como por el número de víctimas, son los países en vías de desarrollo como el Ecuador los que se ven más gravemente afectados. Esto se debe a dos factores fundamentales: 1) localización: esos países, en conjunto, abarcan una extensión mucho mayor y, además, se encuentran en muchos casos en zonas de intensa actividad geodinámica; 2) desarrollo económico, social, político y cultural: es frecuente que en estos países no existan, o no se apliquen, normas o políticas de ordenación territorial que tengan en cuenta los riesgos naturales; también suele ser limitado el grado de preparación de la población o la organización de planes de prevención y corrección de riesgos [2].

La ubicación geográfica de Ecuador lo coloca dentro del denominado cinturón de fuego del Océano Pacífico, mostrando la alta peligrosidad sísmica de esa zona del Pacífico, asociada a la convergencia de placas Nazca y Sudamérica.

Safina [3] expresa que los códigos de diseño sísmico son básicamente estrategias para reducir el nivel de riesgo de las edificaciones y otras instalaciones calificadas de importancia vital para atender situaciones de emergencias debido a un evento sísmico.

Con la creación y aplicación de las normas y códigos existentes, se pretendía mitigar los daños y preservar la vida ante un evento sísmico de gran magnitud. No obstante, la existencia de estas normas no asegura su aplicación. La vulnerabilidad de las edificaciones y de la vida está presente, en edificaciones construidas sin normas o sin control técnico por parte de autoridades municipales o instituciones gremiales de la rama, lo cual quedó evidenciado el 16 A.

Dentro de las nuevas tendencias de la Ingeniería Sísmica, reconocen la necesidad de evaluar la vulnerabilidad de los edificios en entornos urbanos, ya que los edificios ante la ocurrencia de fuertes sismos son los responsables de evitar verdaderas catástrofes y que hasta la fecha continúa dejando grandes pérdidas económicas y víctimas mortales [4].

La vulnerabilidad en las edificaciones fue expuesta el evento sísmico del 16 A, generando grandes interrogantes en la población ante la gran destrucción y muerte de personas. Los profesionales: ingenieros civiles, arquitectos, geólogos, geógrafos, entre otros, comenzaron a analizar y a evaluar los factores que volvieron vulnerables a las edificaciones, de manera especial en un punto central de la ciudad Portoviejo, denominado "zona cero" después del sismo.

Dentro del análisis del colapso de las edificaciones durante el terremoto del año 2016 en la ciudad de Portoviejo, Aguiar y Mielles [5] establecen que varias son las causas que llevaron al desplome a estos edificios, entre las que se destacan: 1) la magnitud del sismo reflejada en los espectros de respuesta, obtenidos en la ciudad de Portoviejo, que para el rango de periodos que están alrededor de 0.5 segundos superó notablemente a los espectros que prescriben el Código Ecuatoriano de la Construcción del 2000, y las Normas Ecuatorianas de la Construcción (NEC) de 2011 y 2015; 2) construcción de nuevos pisos sobre los ya existentes sin reforzar las estructuras; 3) estructuras bastante flexibles que tuvieron grandes desplazamientos 4) la tipología estructural que obliga a que las construcciones tengan la planta baja con una altura de 5 m y mezzanines, y 5) amplificación de las ondas sísmicas por efecto de sitio.

Podemos resumir entonces las consecuencias del evento sísmico en tres grandes variables que dieron como resultado la vulnerabilidad de las edificaciones en la zona cero de la ciudad de Portoviejo: Magnitud y amplificación de las ondas sísmicas (Peligrosidad sísmica), procesos constructivos erróneos, y conformación del suelo.

En cuanto a la peligrosidad sísmica, la NEC en su capítulo sobre Diseño Sísmico (NEC-SE-DS - parte 1), define a la peligrosidad sísmica como, probabilidad de excedencia, dentro de un

período específico de tiempo y dentro de una región determinada, de movimientos del suelo cuyos parámetros, aceleración, velocidad, desplazamiento, magnitud o intensidad son cuantificados [6]. Estos parámetros se los identifica por sus siglas en inglés como PGA (*Peak ground acceleration*) o Aceleración sísmica máxima (pico) horizontal en roca, PGV (*Peak ground velocity*) y PGD (*Peak ground displacement*). Para identificar el peligro sísmico en Ecuador, la NEC divide al país en seis zonas sísmicas, denominado mapa de zonificación sísmica para diseño, el valor z representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo en cada zona y se expresa en fracción de la aceleración de la gravedad tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Fuente: NEC 2015

De acuerdo con la NEC, todo el territorio ecuatoriano está catalogado como de amenaza sísmica alta, con excepción del nororiente que presenta una amenaza sísmica intermedia y del litoral ecuatoriano que presenta una amenaza sísmica muy alta [6], tal como lo podemos observar en la Figura 1.

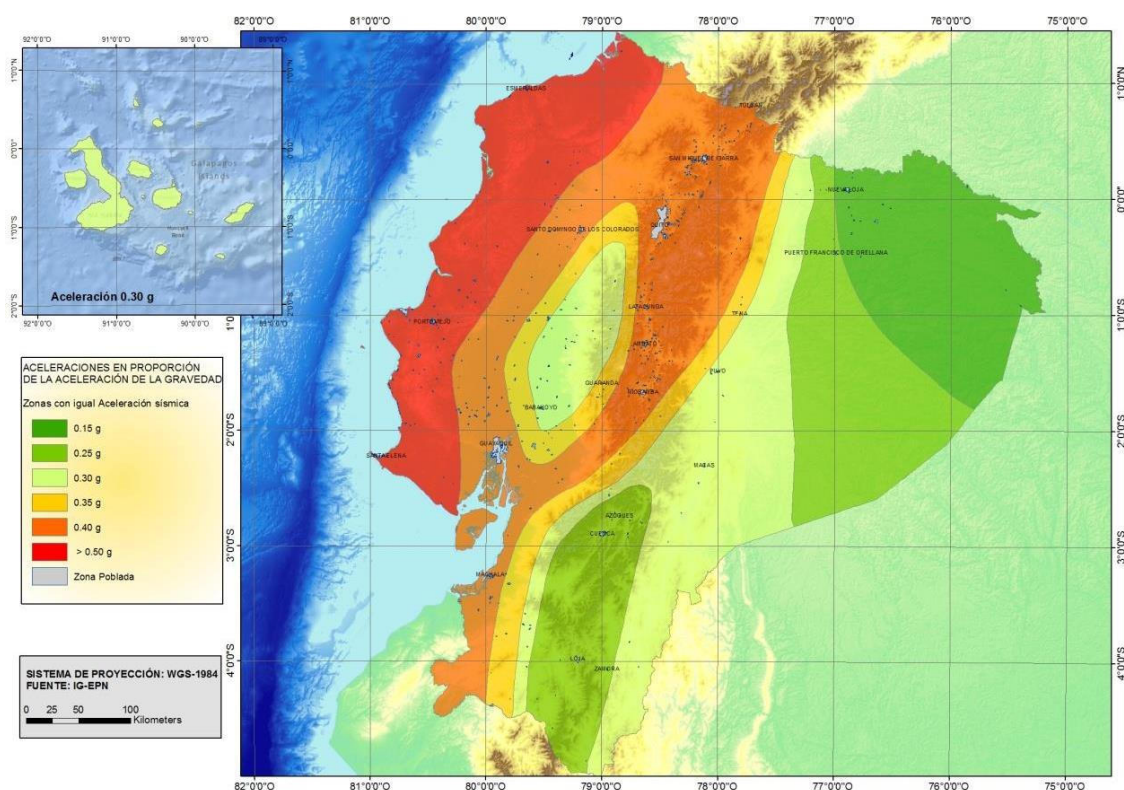


Figura 1. Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z.

Fuente: NEC 2015

Según la figura 2, el sismo del 16 A presentó los siguientes PGA: Pedernales epicentro del sismo 1.413g, sobrepasó la aceleración de la gravedad considerada en nuestra norma, y en Portoviejo el PGA fue de 0.42g, el cual se encuentra dentro del rango para la zona VI - actividad sísmica muy alta (mayor o igual a 0.5g) [5].

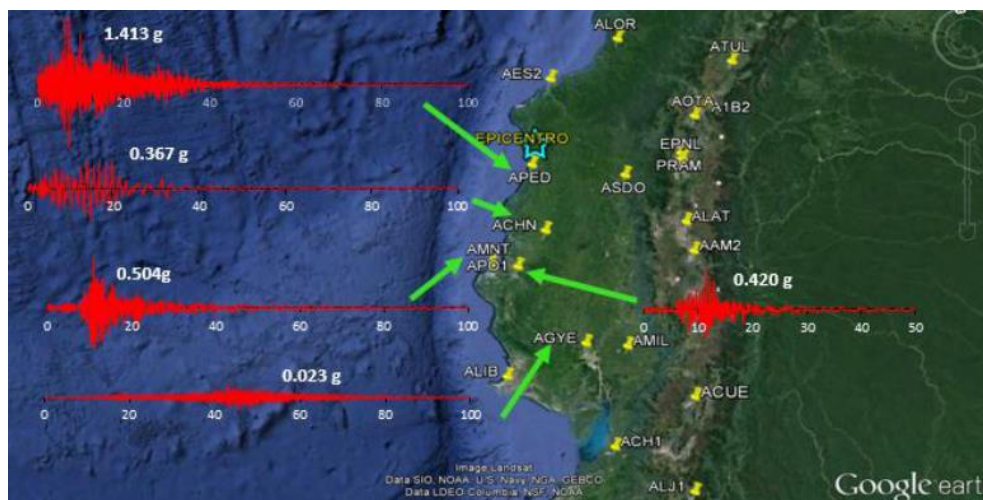


Figura 2. Acelerogramas obtenidos del terremoto del 16 A.

Fuente: RENAC-IGPN 2016

De manera general, el PGA del sismo del 16 A superó a la máxima aceleración de la gravedad dispuesta en nuestra norma, lo cual nos hace analizar la gran magnitud del sismo y replantear los valores z de nuestra normativa. Según los valores z para el diseño sísmico, Portoviejo se encuentra en una zona de actividad sísmica muy alta, exigiéndonos dar cumplimiento a las normas de construcción.

Suelo – Zona Cero

Sobre la conformación del suelo o de estratos de la zona cero, Alvarado [7] realiza la siguiente exposición:

“La ciudad se caracteriza por presentar una predominancia de depósitos del Holoceno principalmente de ambiente fluvial; al mismo tiempo por su geomorfología y ubicación, es propensa a inundaciones causadas por el desbordamiento del río Portoviejo, lo que genera la saturación del suelo, en especial en épocas donde se desarrolla el Fenómeno de El Niño.”

La zona cero de la ciudad de Portoviejo está asentada sobre suelos muy blandos, categorizados dentro del mapa de microzonificación sísmica con la categoría M5, como se puede apreciar en la figura 3. Estas características forman en conjunto una zona de alta vulnerabilidad para desarrollar fenómenos en los suelos, como licuefacción, asentamientos, expansividad, entre otros. Estos fenómenos pueden ser simultáneos o posteriores a la amenaza principal, como sismos o inundaciones.

Estas condiciones dieron lugar a una afectación mayor por el sismo del 16 A, la vulnerabilidad de nuestras edificaciones frente al factor suelo fueron altas, además la tipologías o procesos constructivos con los que se desarrolló la urbe de la zona cero, jugaron un papel importante, convirtiendo al centro de Portoviejo en una bomba de tiempo.

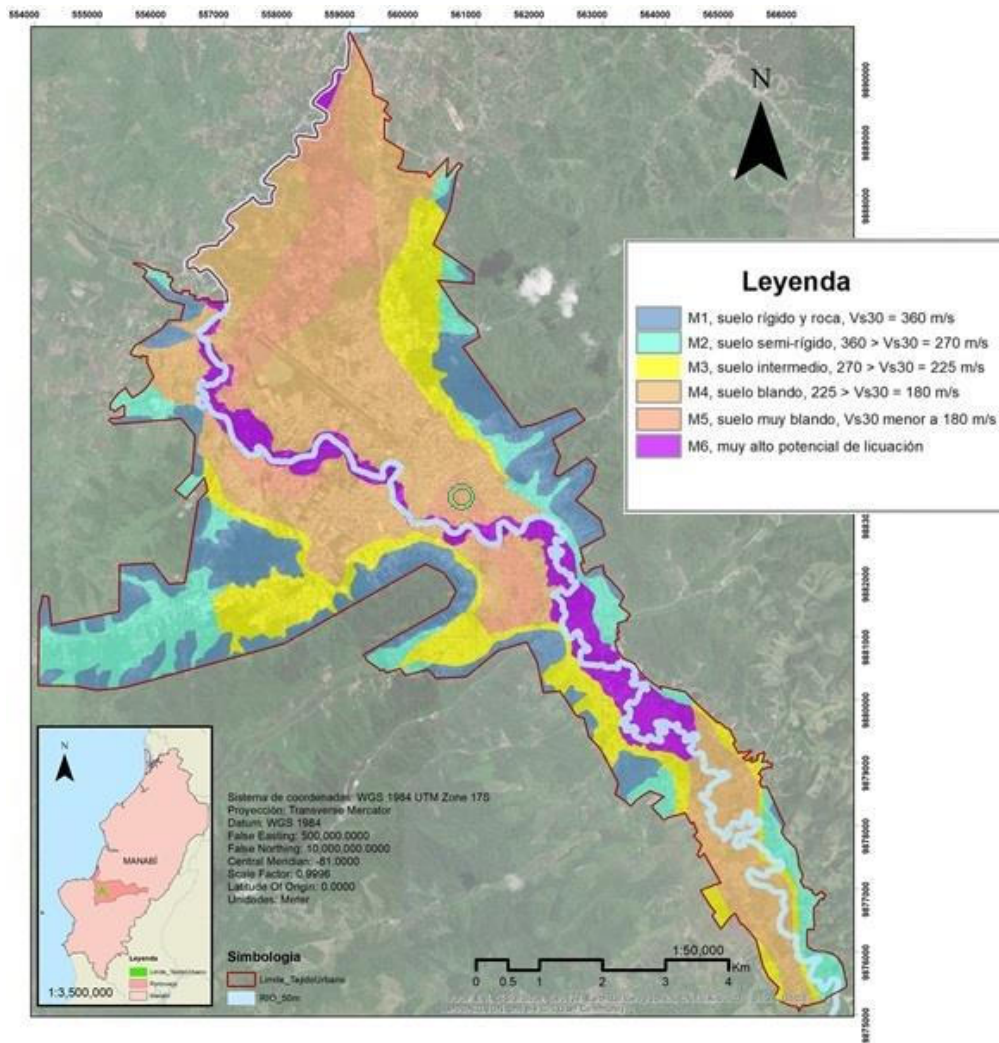


Figura 3. Mapa de Microzonificación sísmica de la ciudad de Portoviejo

Fuente: GAD Portoviejo

Vulnerabilidad Estructural Zona Cero

Yépez, Barbat y Canas [8] señalan que, indistintamente de que existen edificaciones dentro de una misma tipología estructural, estas experimentan mayor o menor daño a pesar de estar ubicadas en la misma zona, algo que aconteció en la zona cero de la ciudad de Portoviejo. Si al grado de daño que sufre una estructura, ocasionado por un sismo de determinadas características, se le denomina vulnerabilidad, por ende, se puede clasificar a una edificación como “más vulnerable” o “menos vulnerable”.

El grado o daño que puede sufrir una estructura puede ser de dos tipos: daño estructural o daño no estructural, entendiéndose el primero como el daño que se produce en elementos que forman parte del sistema resistente de la edificación y en el segundo se pueden agrupar los daños arquitectónicos y a los sistemas mecánicos, eléctricos y sanitarios entre otros [8].

Según [9], la vulnerabilidad es una característica intrínseca de las estructuras, dependiente de la forma como hayan sido diseñadas pero independiente de la peligrosidad sísmica del sitio donde estén ubicadas. Se puede afirmar que cada tipo de estructura tiene su propia función de

vulnerabilidad y que el método para la determinación de dicha función varía en la misma forma en que el comportamiento estructural del elemento en riesgo sea distinto.

Un buen diseño estructural sísmo-resistente es clave para impedir el colapso de la estructura, cumpliendo con un nivel de prevención de colapso (sismos extremos), y proteger la vida de sus ocupantes ante un sismo, cumpliendo con un nivel de seguridad de vida (sismo de diseño), lamentablemente en Ecuador la aplicación de criterios de diseños sísmo-resistente no se han aplicado de manera correcta.

En el proceso de estudio del grado de vulnerabilidad hay que recordar que, todo sistema constructivo es susceptible de ser afectado por un sismo. En la actualidad existe diversidad de literatura sobre el estudio de la vulnerabilidad de algunos elementos en riesgos como líneas de conducción de energía, red de distribución de aguas, puentes, edificaciones, entre otros [9]. La mayoría se centra en la valoración de los elementos constructivos que están sometidos a los procesos sísmicos, pero pocos estudios recogen la versión de los profesionales de la construcción o pocos son los que tratan de comprender el nivel de conocimiento y manejo de las normas que rigen la construcción en los profesionales que se dedican a esta actividad.

A través de la presente investigación se pretende identificar las vulneraciones sísmicas a las que están expuestas las infraestructuras ante sismos a partir de las experiencias vividas con el terremoto del 16-A desde la perspectiva de los profesionales en el área de la construcción que desarrollan esta actividad en la ciudad y así conocer el nivel que poseen en cuanto al manejo de la normativa vigente.

2. METODOLOGÍA

El enfoque de la investigación es de carácter cuantitativo y descriptivo, pues se realizó la recolección de datos empleando el instrumento de las encuestas, que posteriormente fueron analizadas e interpretadas para responder a preguntas de investigación definidas con anterioridad en referencia a la deficiencia del conocimiento de los profesionales en cuanto a las normativas que regulan los procesos constructivos [10]. Además, se realizó una investigación de corte documental que permitió identificar el conocimiento de patrones de vulnerabilidad presentes en nuestro objeto de estudio.

Población y Muestra

Se contó con una muestra de la población de los profesionales del campo amplio del conocimiento de la Ingeniería, Industria y Construcción a nivel de la ciudad de Portoviejo, teniendo la participación de la agremiación de Arquitectos representada, en ese entonces, por el Arq. David Cobeña Looor como presidente del Colegio de Arquitectos de Manabí (CAM), quien expresó que, en el CAM, se registran alrededor de 700 arquitectos inscritos a nivel del cantón Portoviejo. En cuanto a los profesionales Ingenieros Civiles, representados por el Ing. Fabricio Villavicencio, presidente (vigente) del Colegio de Ingenieros Civiles de Manabí (CICM), expresó que en su agremiación se tiene un registro de 2165 profesionales a nivel del cantón Portoviejo.

Tamaño de la muestra

Considerando la población la suma total de los arquitectos e ingenieros civiles inscritos en sus respectivos colegios.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Donde:

- $N = \text{Tamaño de la población} = 700 + 2165 = 2865$

- Z = Nivel de confianza del 95% = 1.96
- p = Probabilidad de éxito = 0.95
- q = Probabilidad de fracaso = 0.05
- e = Precisión del 5% = 0.05

$$n = \frac{2865 * 1.96^2 * 0.95 * 0.05}{0.05^2 * (2865 - 1) + (1.96^2 * 0.95 * 0.05)}$$

$$n = 71$$

Se realizaron 71 encuestas a profesionales entre Arquitectos e Ingenieros Civiles, para interpretar y conocer estadísticamente el compromiso profesional y de responsabilidad ante un proyecto de construcción, cubriendo el tema de los procesos constructivos aplicados en la ciudad de Portoviejo, realizando énfasis en la utilización de la NEC 2015, como normativa de uso obligatorio en el territorio ecuatoriano, y sobre estudios de mecánica de suelos. La técnica utilizada para la recolección de datos fue la encuesta; el instrumento empleado fue el cuestionario y los datos se procesaron en una hoja de cálculo electrónica.

3. RESULTADOS

3.1. Diagnóstico del Conocimiento de los Profesionales sobre las normas de construcción.

La importancia que tienen las normas de construcción radican, en gran parte, en el funcionamiento interno, los requisitos, así como en los datos técnicos necesarios para los profesionales de este sector. Las normas se constituyen en un documento de permanente actualización y de consulta, necesario para las personas involucradas en los procesos de construcción de obras civiles, permitiendo tener parámetros de cálculos y diseños de cualquier elemento como por ejemplo en el caso de construcciones sismo resistente de estructuras, considerando las condiciones sísmicas de cada territorio [6].

Los diagnósticos de conocimiento o de valoración de las competencias profesionales, permiten tener una visión más amplia de las debilidades y permiten generar estrategias que ayuden a solventar las deficiencias en los conocimientos y habilidades que poseen las personas en diferentes campos de acción, y los profesionales de la construcción no pueden estar ajenos a esto. Se vuelve vital el investigar las causas por las cuales las obras no se construyen exactamente igual al diseño original para determinar los correctivos necesarios a dicha problemática que tiene su origen en aspectos menos considerados como lo son la adquisición de equipos y materiales no disponible en la ciudad y la disponibilidad de materiales y de mano de obra capacitada [11], que puede muy bien ser detectada a tiempo mediante un diagnóstico del personal.

Suárez [12] en su estudio señala entre algunos aspectos identificados que inciden en la calidad de la construcción tales como a la aplicabilidad de las normas locales y a la escasa contratación de mano de obra profesional y calificada durante la ejecución de la obra, pone en evidencia lo importante de conocer, manejar y aplicar las normativas. Con base en estos criterios expuestos la encuesta se enmarca en la detección del nivel de conocimiento de la Norma Ecuatoriana de la Construcción vigente y la identificación sobre la importancia de estudios preliminares a los procesos constructivos y los resultados se exponen a continuación:

Pregunta 1: Marque con un x su profesión

De acuerdo con los datos obtenidos de la pregunta 1 referente a la profesión del encuestado, se pudo observar que de los 71 profesionales encuestados el 45%, es decir 32 personas, son ingenieros civiles y el 55%, es decir 39 personas son arquitectos, muestra de la población de técnicos (Ing. Civiles y Arquitectos) de la ciudad de Portoviejo como se aprecia en la Figura 4.



Figura 4. Profesionales encuestados.

Pregunta 2: ¿Conoce usted las Normas Ecuatorianas de la construcción (NEC)?

El 89% de los encuestados (profesionales Arquitectos e Ingenieros Civiles) conocen la Norma Ecuatoriana de la Construcción, y un 11% no sabe de ella; lo que indica que un alto porcentaje conoce las normas, pero llama la atención que, aun siendo bajo, existen profesionales que desconocen de las normas que rigen en el país en cuanto a temas constructivos (Figura 5).



Figura 5. Porcentaje de conocimiento de la NEC.

Pregunta 3. ¿Sabe usted cuando fue la última actualización de la NEC?

En cuanto al conocimiento de la actualización de la normativa, se pudo observar e la figura 6 que existe paridad en los encuestados puesto que 36 profesionales conocen la última fecha de actualización de la Norma Ecuatoriana de la Construcción y los otros 35 profesionales restantes la desconocen. Se puede inferir con estos datos que la mitad de los profesionales no se encuentra actualizado en temas constructivos y las reformas a la normativa que rigen en el país.



Figura 6. Porcentaje de conocimiento en temas de actualización de la NEC.

Pregunta 4. ¿Sabe usted la importancia de realizar estudios de Mecánica de suelos?

En este caso el resultado es unánime, ya que el 100% de los encuestados (71 profesionales entre Arquitectos e Ingenieros Civiles) supo manifestar que si es importante realizar los estudios de Mecánica de suelos para los proyectos constructivos.

Pregunta 5. ¿Conoce usted las condiciones para realizar un estudio de Mecánica de suelos?

56 de los profesionales, lo que representa el 79% de los encuestados, afirman conocer las condiciones para realizar un estudio de mecánica de suelos, mientras 15 profesionales afirmaron no conocer, representando el 21% del total de los encuestados (Figura 7).

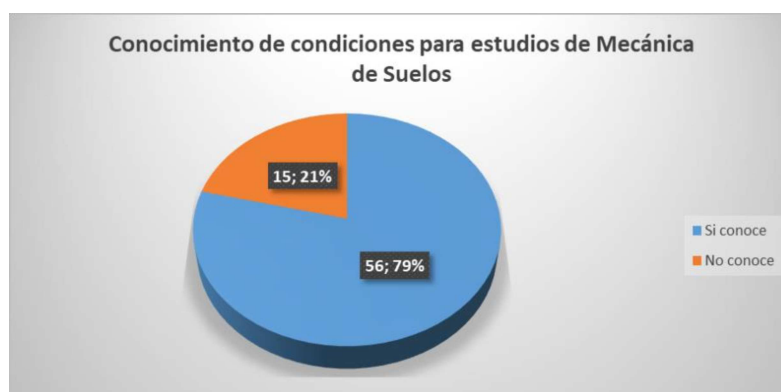


Figura 7. Porcentaje de conocimiento de condiciones para la realización de estudios de suelos.

Pregunta 6. ¿Sabe usted interpretar un estudio de mecánica de suelos?

En la Figura 8 podemos apreciar que el 59% (42 profesionales) saben interpretar un estudio de mecánica de suelos, en tanto que el 41% (29 profesionales) no tiene conocimiento para la interpretación de un estudio de suelos.

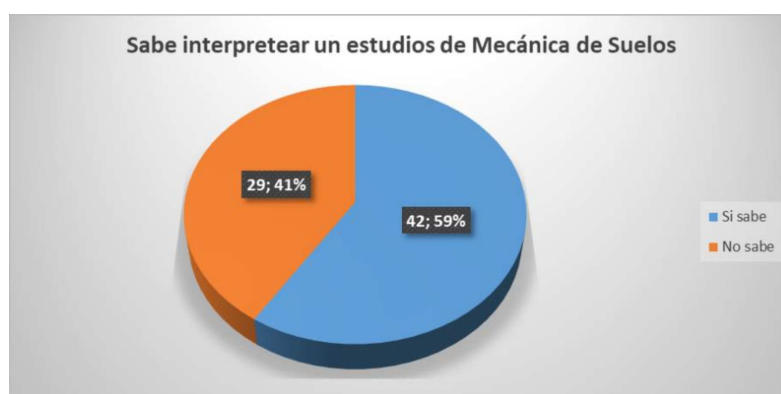


Figura 8. Porcentaje de conocimiento de interpretación de un estudio de suelos.

3.2. Identificación de patrones de vulnerabilidad sísmica en edificaciones de la ciudad de Portoviejo

Los procesos constructivos ejecutados en la zona cero no favorecieron a las estructuras ante el sismo, algunos procesos constructivos irregulares y muy comunes en las estructuras que fallan ante un sismo y de los cuales se pudieron evidenciar en la zona cero de la ciudad de Portoviejo están relacionados a pisos blandos, columnas esbeltas, columnas cortas, viga fuerte-columna débil, pesos en las terrazas, golpeteo, poca redundancia estructural, irregularidades en planta y elevación, nudos débiles, los cuales son un problema recurrente y que ha provocado daño en otros eventos en diferentes sismos [13].

Entre otras fallencias típicas de la zona cero podemos destacar las siguientes:

- Traslape en nudo de unión viga-columna
- Separamiento de estribos (15 cm)
- Falta de confinamiento en la unión viga columna y en las vigas y columnas (normas antiguas)
- Construcción de pisos adicionales no planificados en el cálculo original (Falta de inspección, problemática cultural)
- Licuefacción de suelos (provocó fallas estructurales)

Los edificios gravemente afectados han sido abandonados en su mayoría, es el ejemplo del edificio de la Mutualista de Manabí que, hasta la actualidad, no presenta un plan de manejo de rehabilitación, además existieron edificaciones que tuvieron que ser demolidas por ser inviables, como fue el caso de edificaciones apostadas sobre la Av. Pedro Gual entre calles Espejo y Juan Montalvo. El comercio y otros servicios más ordinarios sufrieron un traslado inmediato hacia nuevos emplazamientos más periféricos para mantener la actividad económica. En algunas edificaciones no existe previsión de retorno al centro tradicional, por el elevado coste de la rehabilitación o, en su caso, renovación de la construcción, así como por una nueva y extendida percepción de riesgo sísmico centrada en el solar de la zona centro, conforme con los estudios geotécnicos [14].

Así mismo, existieron edificaciones que colapsaron en el instante que se produjo el terremoto, es el caso de edificios como el de la Mutualista Pichincha, Centro Comercial, Dirección Administrativa del IEES Portoviejo, Magisterio Manabita, Farmacia Comercio entre otros [5] y [15].

Cabe recalcar que algunas de las fallas mencionadas anteriormente se evidenciaron en edificaciones de la zona cero con una antigüedad considerable. Estas edificaciones antiguas

cumplían con las normas a la fecha de su construcción (Código Ecuatoriano de la construcción, NEC 2011 y ACI), las cuales en la actualidad son obsoletas, aquellas fueron sujetas a cambios considerables con el pasar de los años, mejorando aspectos estructurales muy importantes, como separaciones máximas de estribos en zonas de confinamiento, diámetros máximos en barras longitudinales y transversales.

4. DISCUSIÓN

En la actualidad es necesario identificar los factores que generan vulnerabilidad sísmica en las edificaciones. De acuerdo con la metodología de campo, implementando encuestas a profesionales de la rama del cantón Portoviejo, se obtuvo lo siguiente.

Se evidencia la falta de preparación continua en factores de suma importancia (NEC 2015, Mecánica de Suelos y Materiales) para la planificación, ejecución, seguimiento, cierre y mantenimiento de un proyecto de construcción.

Es necesario que los profesionales de la rama (diseño y construcción) manejen e interpreten adecuadamente nuestra norma (NEC), como las normas internacionales (ACI, por mayor relevancia), para una correcta aplicación, diseñando y construyendo edificaciones capaces de poseer un nivel alto de prevención de colapso en sismos extremos y sobre todo garantizar la vida de sus ocupantes.

De manera general, las estructuras fallaron por fuerza cortante en la base de las columnas, y lo hacen de manera súbita y frágil, sin ningún margen de ductilidad. Deficiente proceso constructivo [16].

En la ciudad de Portoviejo, en el campo laboral de la construcción los arquitectos y los ingenieros civiles tienen una participación casi igual para la elaboración y ejecución de proyectos de construcción. El 100% de los profesionales encuestados en el estudio conocen la Norma Ecuatoriana de la Construcción, pero la mitad desconoce su última actualización que fue en el año 2015, los que indica que estos profesionales no se encuentran en constante actualización de conocimientos en el área, factor clave para el diseño estructural sismo – resistente, suelo, selección de materiales, ejecución y fiscalización de la obra.

De la misma manera el 100% de los profesionales encuestados aseguraron conocer la importancia de realizar estudios de mecánica de suelos antes de iniciar una construcción, pero el 21.1% de la muestra desconoce las condiciones para realizarlos y el 40.8% de la muestra en general no sabe interpretarlos. Estos hallazgos revelan que hay un porcentaje alto de profesionales que trabajan sin realizar estudios de mecánica de suelos, o que realizan los estudios, pero ejecutan una interpretación errónea o la menos favorable para el caso, conllevando esto a problemas geotécnicos/estructurales más adelante.

La falta de conocimiento y de conciencia en temas técnicos es altamente preocupante y se refleja como una irresponsabilidad como profesionales. Todos estos parámetros deben cumplirse a cabalidad y en unión de una correcta gestión de otras áreas, así, se puede llegar a evitar muchos daños, ante cualquier desastre natural, tal como lo recomienda [17] ante la gran probabilidad de ocurrencias de sismos de grandes magnitudes.

Se debe establecer un plan global para la atención de las emergencias, proponiendo a las autoridades programas específicos para la realización de la inspección postsísmica y desarrollar una programación de cursos de actualización en el área de evaluación postsísmica dirigidos a: ingenieros, arquitectos, técnicos en construcción, personal de protección civil, bomberos y personas interesadas en el tema, voluntarios.

Es importante también analizar el trabajo que desempeñan los profesionales de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, sus departamentos técnicos, al momento

de la aprobación de los proyectos de construcción (planos, cálculos y estudios), ellos juegan un papel clave, la aprobación de dichos requisitos deben estar basados en nuestras normas de construcción de ordenanzas municipales, sin permitir excepciones y así no dar origen al error.

A pesar de que la investigación se centraba en el tema técnico, es necesario recalcar puntos importantes que surgieron en esta discusión, y que como autores compartimos, ya que no es solo una prevención técnica, sino, una corresponsabilidad entre todas las áreas.

Aguilera [18] expresa que, la vulnerabilidad surge en una sociedad, de acuerdo con la forma como está organizada o relacionada con factores físicos, ambientales, económicos, sociales y culturales, siendo la pobreza una de las principales causas de vulnerabilidad.

La vulnerabilidad funcional evidenciada en Manabí y de manera especial en la ciudad de Portoviejo, tras el sismo, es posible por una desorientada gestión pública nacional y local, que pone muchas veces en condiciones de riesgo a la población, sin generar habilidades que permita contener y minimizar situaciones de riesgo de manera eficiente, y desarrollar una adecuada preparación ante el desastre, como lo indica Gonzáles [19], la preparación ante el desastre se lleva a cabo en dos frentes. Por una parte, se desarrollan planes de emergencia por parte de los organismos encargados de la protección civil. Por otra, se prepara a la población frente al terremoto (Gestión de Riesgo).

5. CONCLUSIÓN

Los hallazgos permitieron concluir que nuestros profesionales, Arquitectos e Ingenieros Civiles de la ciudad de Portoviejo, poseen una insuficiencia en la metodología empleada para las normativas vigentes. Asimismo, se identificó que los parámetros de cumplimiento para inicio de un proyecto de construcción (estudios de mecánica de suelos, cálculos estructuras en función al suelo y al diseño arquitectónico y una correcta selección de materiales construcción), no siempre son correctamente ejecutados o simplemente no son ejecutados. Finalmente se determinó que, el estudio de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones no solo se debe al caso estructural (aplicación de normas), sino a la no estructural, en sí, una visión global de la vulnerabilidad funcional. Todas estas conclusiones están ligadas con el desarrollo económico, social, político y cultural de la ciudad de Portoviejo, la no aplicación de normas o políticas de ordenamiento territorial, que contemplen los riesgos naturales; asimismo suele ser delimitado el grado de preparación de la población o la formación de planes de prevención y corrección de riesgos.

6. RECOMENDACIÓN

Se recomienda seguir evaluando las razones por las cuales se presentan dificultades en las obras, para así determinar las acciones correctivas que favorezcan la productividad y la reducción de la peligrosidad sísmica en las obras.

También se deben establecer estrategias que permitan tener constantemente actualizado a los profesionales y personas involucradas en los procesos constructivos, con un enfoque práctico experimental, y estos deben ser liderados por las agremiaciones profesionales.

El rol de la academia es también muy importante, por lo que se recomienda además generar procesos de fortalecimiento del aprendizaje del aseguramiento de control de calidad y la seguridad en las nuevas edificaciones; tanto a nivel teórico y experimental, para que las siguientes generaciones de profesionales asociados a la construcción sean conscientes de la magnitud del impacto de una buena proyección, gestión y ejecución de los nuevos proyectos.

AGRADECIMIENTOS: Los resultados aquí mostrados forman parte del proyecto de investigación denominado "Análisis de riesgo técnico en las edificaciones post terremoto del 16

abril del 2016 en la ciudad de Portoviejo” y los autores agradecen el apoyo de la Universidad San Gregorio de Portoviejo.

REFERENCIAS

- [1] Comité de Reconstrucción y Reactivación, “Plan de Reconstrucción y Reactivación Productiva post terremoto - Mayo 2017”, Plan Reconstruyo Ecuador, Ecuador, Informe, 2017, [En línea]. Disponible en: <https://djc.es/haErI>
- [2] J. Bonachea, “Desarrollo, aplicación y validación de procedimientos y modelos para la evaluación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo debidos a procesos geomorfológicos”. Tesis Doctoral, Departamento de ciencias de la tierra y física de la materia condensada, Universidad de Cantabria, Santander, España, 2006.
- [3] S. Safina, “Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales”. Tesis Doctoral, Departamento de ingeniería del terreno, cartográfica y geofísica, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España, 2003.
- [4] R. Bonett, “Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada”. Tesis Doctoral, Departamento de ingeniería del terreno, cartográfica y geofísica, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España, 2003.
- [5] R. Aguiar y Y. Mieles, “Análisis de los edificios que colapsaron en Portoviejo durante el terremoto del 16 de abril de 2016”, *Ingeniería de Estructuras*, vol. 21, no. 3, pp. 257-282, 2016.
- [6] *Norma Ecuatoriana de la Construcción - NEC*, MIDUVI NEC–SE-GC-2015 [En línea]. Disponible en: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>
- [7] K. Alvarado, “Mapa de Microzonificación Geotécnico y Modelo Geológico-Geotécnico 3D de la Ciudad de Portoviejo”. Trabajo fin de grado, Facultad de Ingeniería en Geología y Petróleo, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 2017.
- [8] F. Yépez, A. Barbat y J. Canas, *Riesgo, peligrosidad y vulnerabilidad sísmica de edificios de mampostería*, Barcelona: Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, 1995.
- [9] C. Caicedo, A. Barbat, J. Canas y R. Aguiar, *Vulnerabilidad sísmica en edificios*, Barcelona: Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, 1994.
- [10] H. Sánchez, C. Reyes y K. Mejía, *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística*, Lima: Universidad Ricardo Palma, 2018.
- [11] Z. Giménez y C. Suárez, “Diagnóstico de la gestión de la construcción e implementación de la constructabilidad en empresas de obras civiles”, *Revista Ingeniería de Construcción*, vol. 23, no. 1, pp. 4-17, 2008.
- [12] L. Suárez, “Factores incidentes en la calidad constructiva en viviendas de baja densidad. Caso de estudio viviendas circundantes a la Av. Maldonado”. Trabajo fin de grado, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, 2019.
- [13] R. Aguiar, “Fallas frecuentes durante los terremotos”, *ESPECTATIVA*, vol. 4, pp. 10-11, 2010.
- [14] G. Ponce y N. Pelegrín, “Reconstruir el centro o reconstruir la ciudad. Renovación post-sísmica. Caso de estudio en una ciudad ecuatoriana”, *Revista Espacios*, vol. 41, no. 34, pp. 46-68, 2020.

- [15] A. Castañeda y Y. Mieles, “Una mirada al comportamiento estructural de columnas, vigas, entrepisos y edificaciones durante el sismo de Ecuador 2016”, *Revista Ingeniería de Construcción*, vol. 32, no. 3, pp. 157-172, 2017.
- [16] M. Lara, H. Aguirre y M. Gallegos, “Estructuras Aporticadas de Hormigón Armado que Colapsaron en el Terremoto del 16 de Abril de 2016 en Tabuga–Ecuador”, *Revista Politécnica*, vol. 42, no. 1, pp. 37-46, 2018.
- [17] A. Pinto y R. Torres, “Evaluación postsísmica de edificaciones afectadas por terremotos”, *Revista Ciencia e Ingeniería*, vol. 37, no. 3, pp. 167-176, 2016.
- [18] V. Aguilera, “Vulnerabilidades y facilitación en el terremoto de abril 2016 Manabí”. Trabajo fin de grado, Gestión para el Desarrollo Local Sostenible, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador, 2018.
- [19] M. González, “La gestión del riesgo sísmico: recursos didácticos en internet”, *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, vol. 19, no. 3, pp. 356-62, 2011.

InGeni



Revista Científica y Tecnológica

Indexaciones:





Más artículos científicos aquí



UTEQ
UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE
QUEVEDO