

Capítulo 2

Análisis univariado y multivariado para evaluación de fitoplancton y calidad de agua en estanques acuícolas en el municipio de Ahome, Sinaloa, México

*Jesús Manuel Díaz Gaxiola
Jesús Octavio Escobedo Urquidez*

Introducción

En el ámbito profesional, cada día hay que resolver los problemas que se presentan de la mejor manera y sin duda, el uso de la estadística es fundamental para comprender y tomar decisiones más acertadas. ¿Qué es la estadística? Estadística es la parte de las matemáticas que estudia las características de las muestras y de las poblaciones de las que provienen (Corral-Dávalos, 2019), por su parte Milton (2007) la define como el arte de la decisión frente a la incertidumbre. La ciencia basada en un proceso analítico y crítico produce el conocimiento que ha permitido una mejor comprensión de la realidad circundante. Asimismo, ha facultado al hombre para penetrar en los secretos más profundos del mundo, incluido el ser del hombre mismo (Pérez-Tejada, 2008).

En este capítulo, se muestra el análisis que se realiza a los datos obtenidos de una investigación sobre las microalgas y los parámetros físico-químicos del agua utilizada para el cultivo de camarón. El proceso de análisis se lleva a cabo por medio del software estadístico PAST (Hammer, Harper y Ryan, 2001) versión 4.15.

El análisis de una base de datos siempre partirá de técnicas simples de resumen de los datos y presentación de los resultados. A partir de estos resultados iniciales, y en función del diseño del estudio y de las hipótesis preestablecidas, se aplicarán las técnicas de inferencia estadística que permitirán obtener conclusiones acerca de las relaciones estructurales entre las variables estudiadas. Las técnicas de estadística descriptiva no precisan de asunciones para su interpretación, pero en contrapartida la información que proporcionan no es fácilmente generalizable. La estadística inferencial permite esta generalización, pero requiere ciertas asunciones que deben verificarse para tener un grado razonable de seguridad en las inferencias (Pastor-Barriuso, 2012).

En los estudios descriptivos, el investigador se limita a medir la presencia, características o distribución de un fenómeno en una población en un momento de corte en el tiempo, tal sería el caso de estudios que describen la presencia de un determinado factor ambiental, una determinada enfermedad, mortalidad en la población, etc., pero siempre referido a un momento concreto y sobre todo, limitándose a describir uno o varios fenómenos sin intención de establecer relaciones causales con otros factores (Veiga-de Cabo, De la Fuente-Díez y Zimmermann-Verdejo, 2008).

Al observar muchas variables sobre una muestra es presumible que una parte de la información recogida pueda ser redundante o que sea excesiva, en cuyo caso los métodos multivariantes de reducción de la dimensión (análisis en componentes principales, factorial, correspondencias, escalamiento óptimo, homogeneidades, análisis conjunto, etc.) tratan de eliminarla. Estos métodos combinan muchas variables observadas para obtener pocas variables ficticias que las representen (Pérez-López, 2004).

El objetivo del Análisis de Componentes Principales (ACP) es reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos multivariante mediante la sustitución de las variables originales por transformaciones lineales de las mismas, obteniendo componentes incorreladas y con poca pérdida de información. De este modo, el método permite hacer una representación gráfica que podamos interpretar y también adecuar los datos para realizar cualquier otro tipo de análisis. Esta técnica, iniciada por Pearson en 1901 y desarrollada por Hotelling en 1933, no requiere supuesto de normalidad; solo que exista el vector de medias y la matriz de varianzas y covarianzas del vector aleatorio objeto de estudio (Muñoz-Armayones, 2016).

Por otro lado, los individuos pueden presentar ciertas características comunes en sus respuestas, que permitan intentar su clasificación en grupos de cierta homogeneidad. Los métodos de clasificación (análisis clúster, análisis discriminante, árboles de decisión, etc.) buscan analizar las relaciones entre variables para ver si se pueden separar los individuos en agrupaciones a posteriori (Pérez-López, 2004).

El análisis de conglomerados busca particionar un conjunto de objetos en grupos, de tal forma que los objetos de un mismo grupo sean similares y los objetos de grupos diferentes sean disímiles. Así, el análisis de conglomerados tiene como objetivo principal definir la estructura de los datos colocando las observaciones más parecidas en grupos (Díaz-Monroy, 2007).

La acuicultura representa un importante sector de la producción alimentaria mundial y constituye una elemental fuente de proteínas, empleo e ingresos, siendo la base del sustento de una gran parte de la población mundial. En concreto, el camarón es un producto de alto valor, que se produce principalmente en Asia y América Latina. En particular, en Latinoamérica, donde *Penaeus vannamei* (Familia Penaeidae) es la principal especie cultivada (FAO, 2004).

El objetivo principal es utilizar el programa estadístico PAST®, con la finalidad de realizar un análisis de fitoplancton y parámetros físico-químicos en muestras de agua de una granja camaronícola, para evidenciar el uso de los diversos menús del *software* y su aplicación.

Metodología

El presente trabajo se realizó durante los meses de agosto a octubre de 2023, con dos muestreos mensuales para un total de 42 muestras. El estudio se llevó a cabo en los estanques de cultivo de camarón, canal de entrada y salida en la granja acuícola “Desembocadero Vecinos” S.A de C.V, que se localiza en el poblado Las Grullas Margen Izquierda, en el norte del estado de Sinaloa, México, en las coordenadas 25°49′48 N 109°23′13 W (figura 1).



Figura 1. Localización de la granja “Desembocadero Vecinos”, en el estado de Sinaloa, México (Imágenes satelitales de Google Earth, 2023).

El análisis de los datos se realiza en el programa PAST© (Hammer, Harper y Ryan, 2001), el cual puede ser obtenido de manera gratuita de la siguiente dirección electrónica: <https://www.nhm.uio.no/english/research/resources/past/>. Este programa no requiere instalación. Una vez descargado y abierto, muestra los 13 menús que despliega para diversos análisis (figura 2) y también muestra la zona de trabajo (zona central de columnas e hileras en blanco) la cual acepta matrices de Excel© para su examen. A todos los datos se les aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, posteriormente a los valores de parámetros físico-químicos se les realizó una estadística descriptiva para ver la variación de los datos. Finalmente, a la matriz de fitoplancton se le realizó un análisis de varianza para buscar diferencias en los muestreos o en los estanques, y también se les realizó un análisis de componentes principales y análisis clúster.

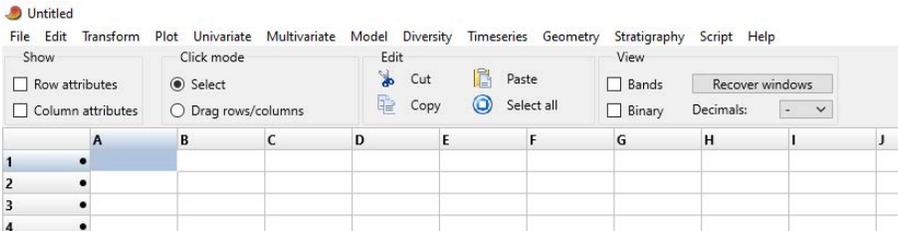


Figura 2. Opciones de análisis en el programa PAST.

El menú “Plot” será de utilidad para presentar los valores en gráficos de diversos tipos, de acuerdo con las necesidades (figura 3).

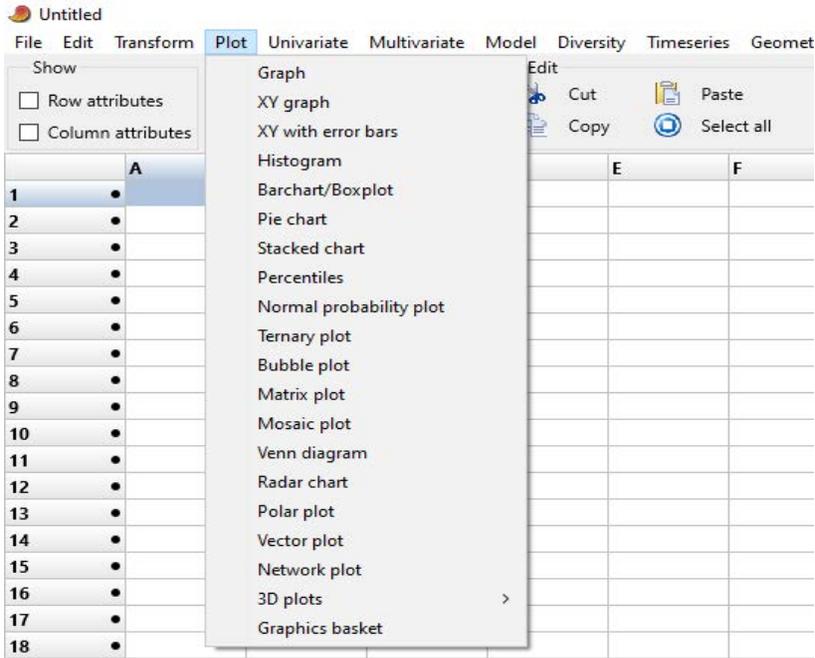


Figura 3. Menú Plot y sus diferentes opciones.

El siguiente menú es el de métodos univariados (Figura 4), el cual contiene varias opciones para análisis: estadística descriptiva, análisis de normalidad de datos, análisis de varianza (ANOVA), etcétera.

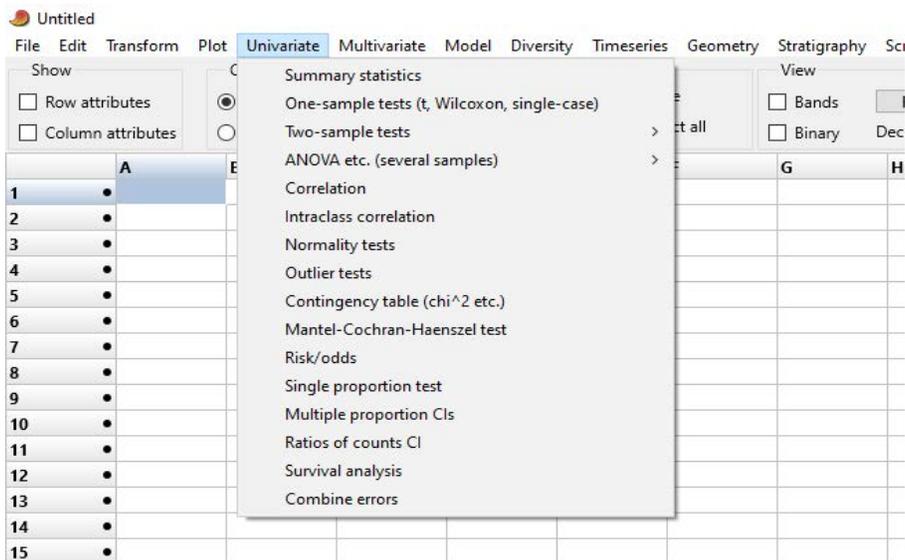


Figura 4. Menú Univariados y sus diferentes opciones.

Normality Test: Se utilizan para determinar si un conjunto de datos está bien modelado por una distribución normal y para calcular la probabilidad de que una variable aleatoria subyacente al conjunto de datos tenga una distribución normal (Shukla, 2015). Así mismo, se realizó el análisis de varianza (ANOVA) para los datos de parámetros físico-químicos en los estanques por muestreo. En la figura 5 se muestra el módulo de Univariados que contiene la instrucción para el cálculo de la normalidad de los datos para procesarse.

Summary Statistic: Las estadísticas de resumen (figura 6) La estadística descriptiva está formada por procedimientos empleados para resumir y describir las características importantes de un conjunto de mediciones (Mendenhall, Beaver y Beaver, 2006). Por otro lado, se tiene ahí mismo la opción para la realización del análisis de varianza (ANOVA) (figura 7).

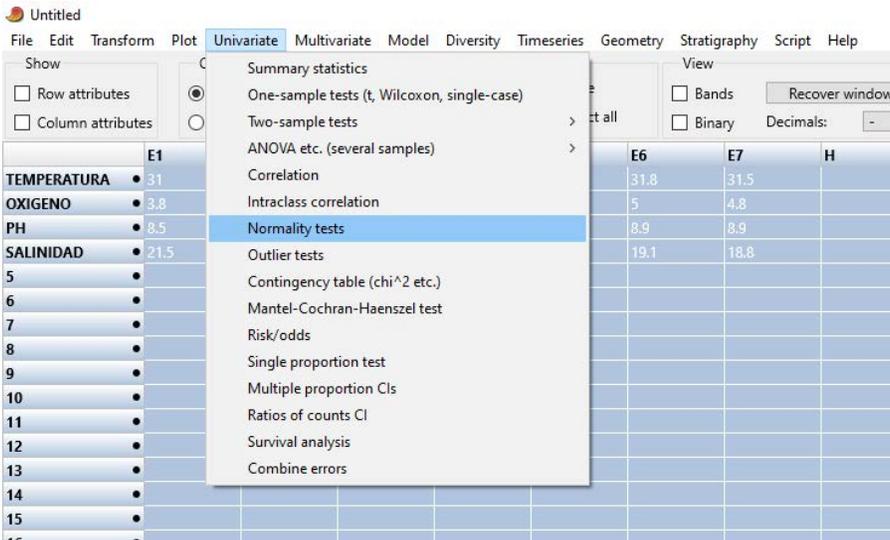


Figura 5. Módulo de Univariados y la opción de prueba de normalidad.

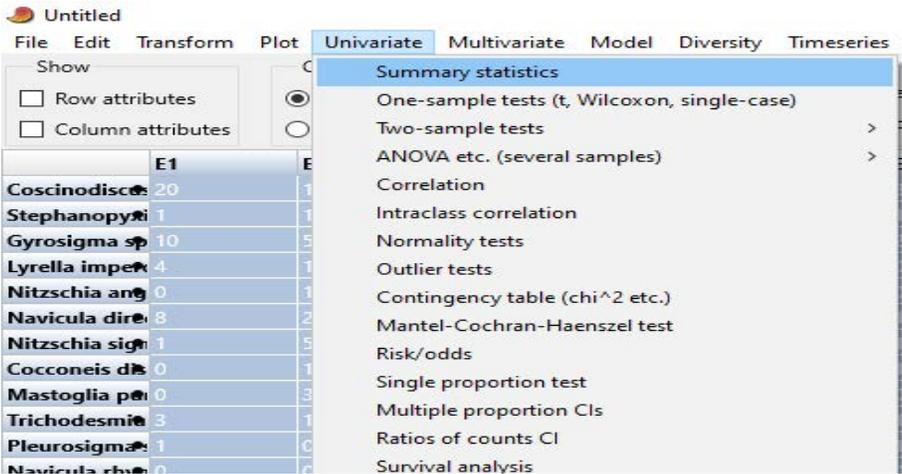


Figura 6. Módulo Univariado y la opción de summary statistics.

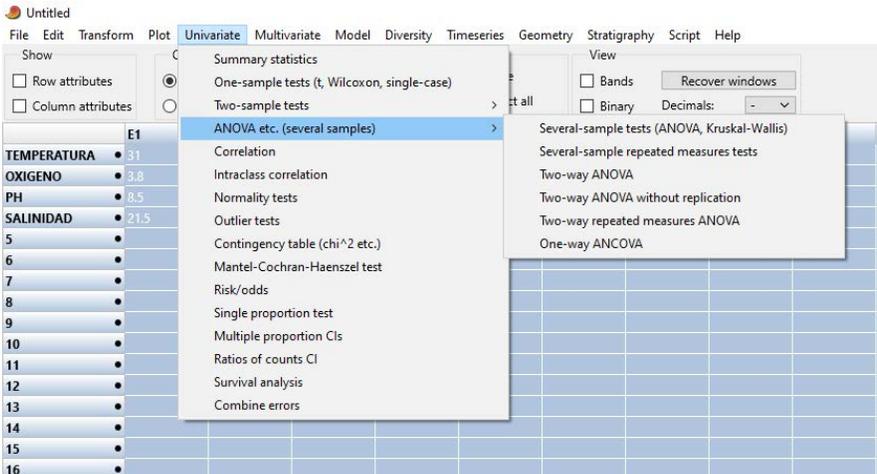


Figura 7. Módulo Univariado y la opción de análisis de varianza.

El módulo de Multivariados (figura 8) muestra las opciones (de ordenación, clúster, etc.) para realizar el análisis de datos. Una vez colocada la matriz de datos en el campo correspondiente, se elige la opción de Ordenación y se selecciona la opción de Principal Components (PCA) (figura 9), mostrando el resultado con todos los análisis realizados (figura 10), como los componentes principales (CP), los eigenvalores y el porcentaje de la varianza explicada del fenómeno, la gráfica obtenida con los vectores de mayor peso y los scores de los ítems con mayor valor. Se eligen generalmente los 2 primeros que explican el mayor porcentaje de la variación del fenómeno modelado. Así el primer eje (CP) contiene a la mayor varianza y el segundo eje contiene a la segunda varianza más grande y así sucesivamente. La otra opción dentro de multivariados lo constituye el Análisis Clúster, que en este caso fue realizado en la modalidad Classical clustering (figura 11) por el método de Mahalanobis, ya que esta es invariante a los cambios de escala (Correa-Henao, 2021).

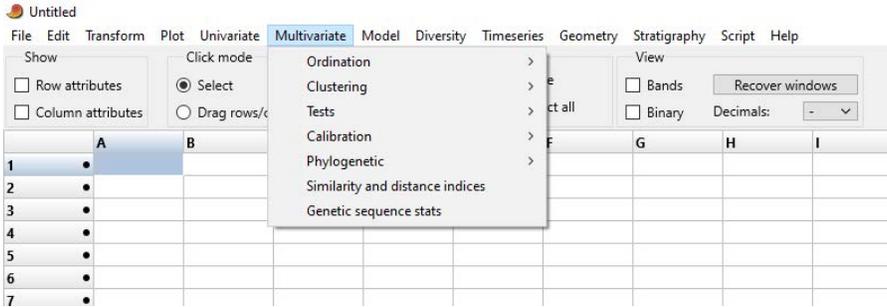


Figura 8. Menú multivariados y sus múltiples opciones.

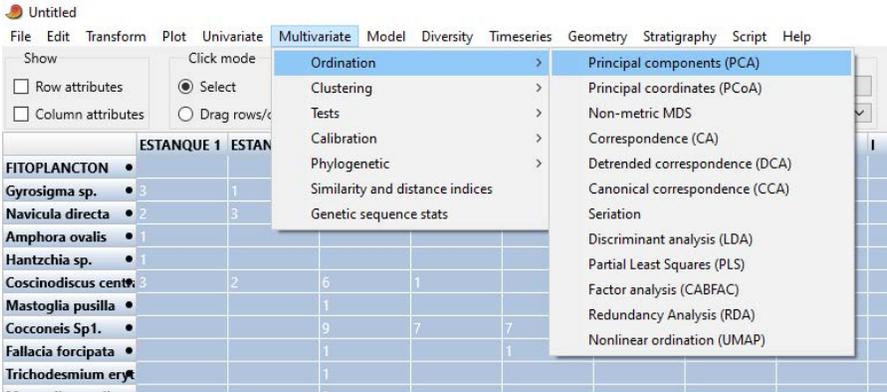


Figura 9. Opción de PCA en ordenación dentro del menú multivariado.



Figura 10. Panel con los resultados del análisis de componentes principales.

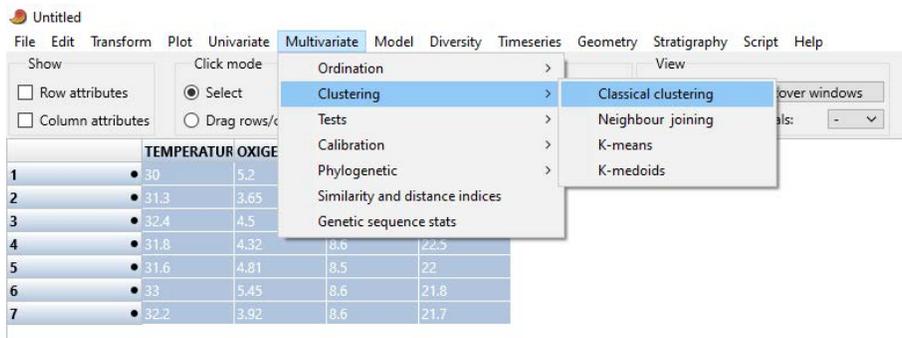


Figura 11. Menú multivariados, opción clúster: classical clustering.

Se utilizó el módulo Diversity (Figura 12) para analizar el comportamiento de los índices de diversidad biológica (métodos de diversidad alfa, los cuales se dividen en los que miden riqueza específica y la estructura de la comunidad), basados en Moreno (2001).

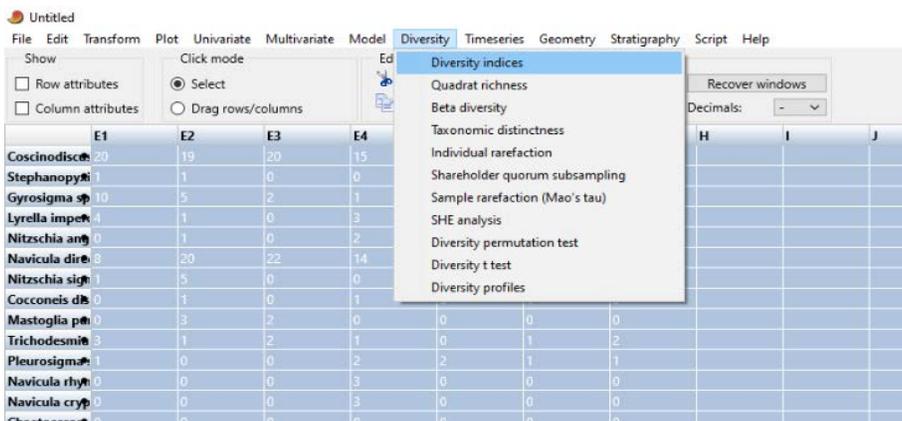


Figura 12. Módulo Diversity y sus opciones.

Resultados y discusión

A continuación, se establece el análisis paso a paso de cada uno de los módulos señalados anteriormente, utilizando para ello los datos del monitoreo del riqueza y abundancia de fitoplancton y de los parámetros físico-químicos del agua de 7 estanques acuícolas. En este caso, para el primer muestreo de los 7 estanques, se aprecia que el valor de P de la prueba de Shapiro-Wilk es mayor al alfa (figura 13) y la regla de decisión indica que en ese caso si existe distribución normal de los datos.

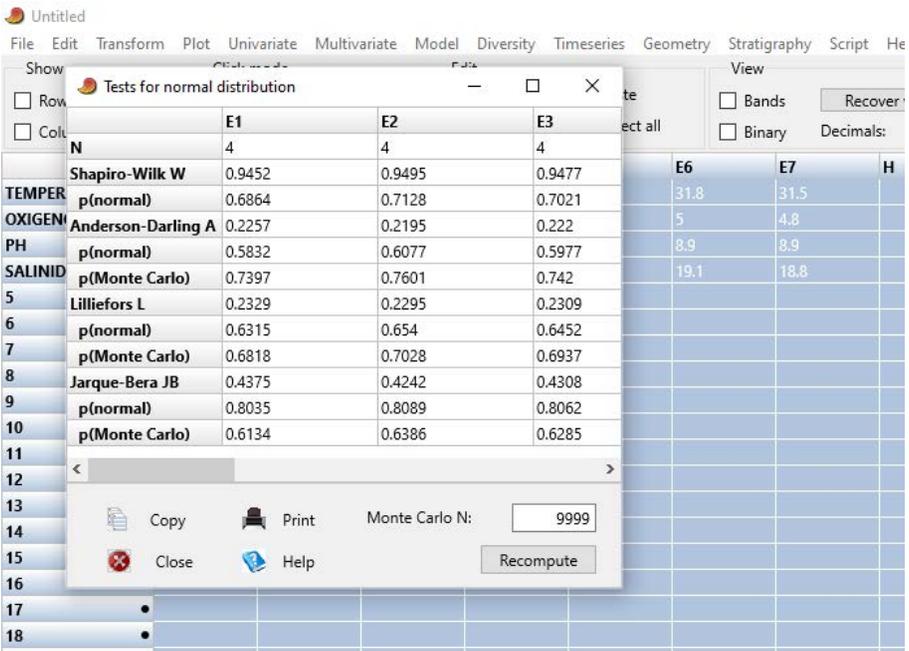


Figura 13. Se muestran los valores de P de la prueba de Shapiro-Wilk.

Caracterización ambiental por muestreo

Para llevar a cabo esta caracterización, se realizó un análisis en la opción summary statistics del menú Univariado. Mostrando los resultados como se observan en la figura 14. Despliega el tamaño de datos analizados, los valores máximos y mínimos, la media, desviación estándar y error estándar, varianza, mediana, curtosis, entre otra información importante.

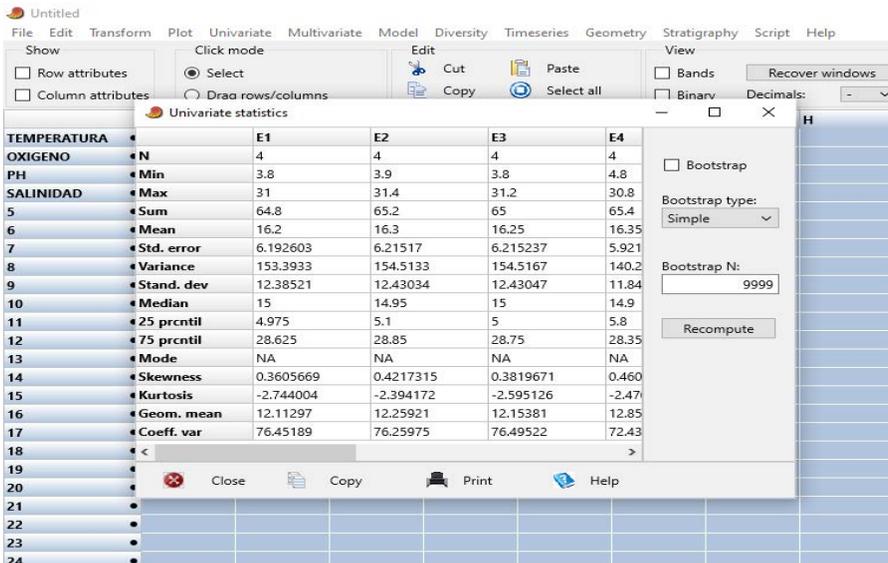


Figura 14. Resultados de la estadística descriptiva de los datos.

La temperatura tuvo un promedio de 31.77°C durante todo el estudio, con una mínima de 30°C en el estanque 2 del muestreo 1, mientras que la máxima fue de 33.3°C en el estanque 3 durante el muestreo 3. Al aumentar la temperatura, disminuye la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. Cuando el agua contiene todo el oxígeno disuelto a una temperatura dada, se dice que está 100 por cien saturada de oxígeno. El agua puede estar sobresaturada de oxígeno bajo ciertas condiciones (Boyd, 1989). El oxígeno disuelto presentó un promedio de 4.55 mg/L en toda la investigación, con un valor mínimo de 3.7 mg/L en el estanque 4 durante el muestreo 7 y el valor máximo fue de 6.0 mg/L en el estanque 4 durante el muestreo 5, se indica que este parámetro ambiental puede variar mucho, ya sea subiendo por evaporación o bajar su cantidad con la lluvia, también dice que el rango esencial para la sobrevivencia del camarón, debe de ser entre 0 % hasta 50 % ppm donde el valor obtenido en el análisis realizado sobrepasa el rango de tolerancia del camarón (LABOMERSA, 2021). Los valores de pH muestran un promedio general de 8.76, con un valor mínimo de 8.5 registrado en los estanques 1, 2, 4 y 6, y el valor máximo fue de 9.1 encontrado en el estanque 3 durante los muestreos 1 y 5. La salinidad tuvo un promedio de 21.62 ‰, con un valor mínimo de 18.8 ‰ en los estanques 1 y 6 del muestreo 7, mientras que el valor máximo se presentó en el estanque 4 del muestreo 2. Según Gao (2022), en cuanto a la calidad del agua de los sistemas

de producción, los parámetros más importantes son la temperatura, el oxígeno disuelto, el pH y la salinidad. Los camarones no pueden regular su temperatura interna y el ambiente la determina, lo que afecta varios procesos fisiológicos, incluidas las tasas metabólicas y la alimentación (figura 15).

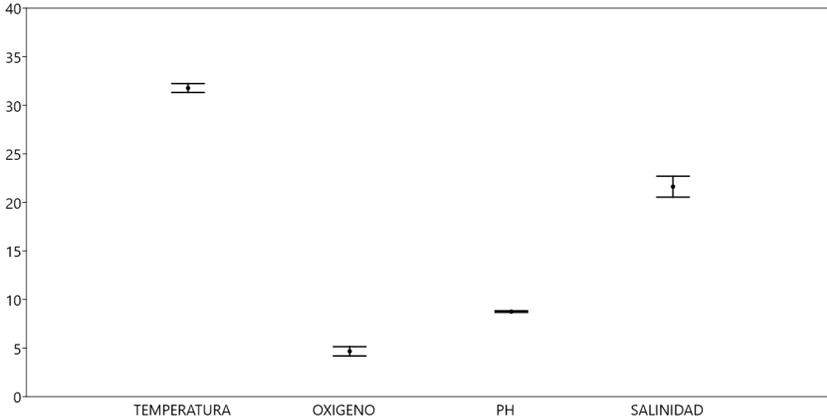


Figura 15. Box plot de los parámetros monitoreados.

La siguiente prueba realizada fue el ANOVA, la cual se aplicó para los valores de los resultados de los parámetros físico-químicos de cada estanque en cada muestreo, con la finalidad de buscar diferencias significativas entre estos valores. Aquí se utilizó el módulo Univariado en la opción de ANOVA (Figura 16), y enseguida muestra los resultados de dicha prueba a los valores de salinidad del agua en los 7 estanques durante el estudio (figura 17).

Al realizar una comparación mediante ANOVA con los valores de temperatura en los estanques, durante todos los muestreos se observa que no existieron diferencias significativas ($P\text{value} = 0.5745 > 0.05$). Para el caso del oxígeno disuelto tampoco se observaron diferencias significativas ($P\text{value} = 0.2724 > 0.05$). Con respecto al pH se obtuvo un $P\text{value} = 0.7189 > 0.05$, por lo que tampoco hubo diferencias significativas entre los estanques. La salinidad, por el contrario, mostró diferencias significativas entre los estanques, al obtenerse un $P\text{value} = 0.01966 < 0.05$.

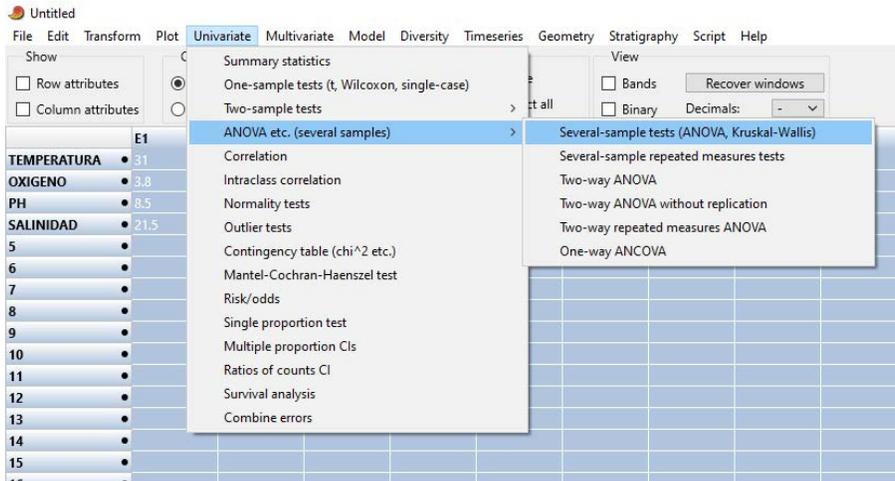


Figura 16. Menú desplegado del Análisis de Varianza.

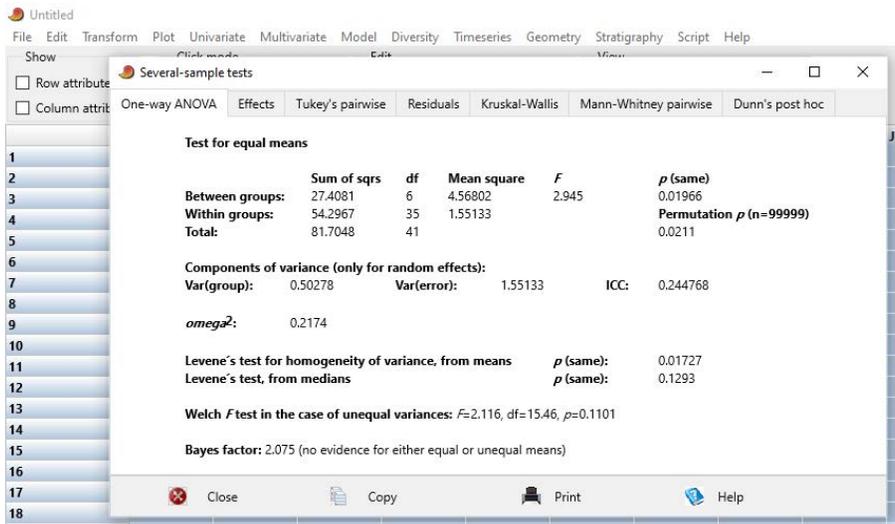


Figura 17. Resultados del ANOVA, con el valor P.

Caracterización ambiental general

De acuerdo con los datos obtenidos a través de los diferentes monitoreos se realizaron promedios generales para la comparación del comportamiento de los parámetros ambientales en los meses de estudio. El valor máximo de temperatura lo obtuvo el mes de septiembre con 32.3°C, mientras que octubre fue el mes con menor registro con 31.5 °C. En cuanto al oxígeno el mes de septiembre contó con el registro más alto con 5.2142 mg/L, mientras que octubre con 4.3785 mg/L fue el registro más bajo. Por su parte el pH en septiembre tuvo el valor más alto con 8.85, mientras que agosto con 8.69 tuvo el registro más bajo. Finalizando con salinidad, con el mes de septiembre como el registro más alto con 22.7857 ‰ y el mes de octubre con el registro más bajo con 20.6642 ‰.

Presencia y abundancia de fitoplancton

Con las especies identificadas se realizó un catálogo general relacionado a la presencia y distribución de especies fitoplanctónicas, donde destacan las especies *Coscinodiscus centralis*, *Gyrosigma sp*, *Navicula directa* y *Cocconeis sp 1*, las cuales se colectaron en la totalidad de estaciones, mientras que especies como *Stephanopyxis turris*, *Navicula cryptocephala*, *Navicula rhynchocephala*, *Fragilaria brevistriata*, *Bacillaria paxilifera*, *Prorocentrum gracile*, *Pleurosigma sp. 3*, *Lithodesmium undulatum* y *Gyrosigma sp.1*, fueron las menos predominantes, colectándose únicamente en una estación. En los sistemas de cultivo de camarón se encuentran microalgas provenientes de los cuerpos de agua de abastecimiento, ya sea un estero, laguna costera o del mar. La composición y la abundancia del fitoplancton del agua de abastecimiento de la granja es modificada en el ambiente de los estanques (Páez-Osuna, 2001).

De igual manera se realizó el análisis de la estadística descriptiva, siguiendo las indicaciones señaladas anteriormente en el software, para los datos de la abundancia de especies por estanques y por muestreo (figura 18). El estanque 1 presentó un total de 21 especies con 104 individuos, mientras que el estanque 2 tuvo 20 especies y 93 individuos. En el caso del estanque 3 tuvo el registro más bajo de especies con 14 solamente y 89 individuos, para el estanque 4 se registraron 23 especies y 87 individuos y el estanque 5 registró 15 especies con 87 individuos. Finalmente, el estanque 6 tuvo 24 especies y el valor más bajo de individuos con 64.

En la figura 19 se muestra la estadística descriptiva que se obtiene en el software para las especies de fitoplancton por muestreo, tras la identificación

y conteo de los ejemplares de fitoplancton, se evidencia una diversidad de 45 especies con una abundancia total de 597 ejemplares. Destacando una clara dominancia de la especie *Navicula directa*, con un total de 128 ejemplares, seguida de cerca por *Coscinodiscus centralis* con 115 ejemplares. Entre las especies menos abundantes, se encuentran *Thalassionema nitzschioides*, *Fragilaria brevistriata*, *Navicula regularis*, *Amphora proteus*, *Bacillaria paxillifera*, *Prorocentrum gracile*, *Pleurosigma sp. 3*, *Coscinodiscus centralis* y *Lithodesmium undulatum* con un solo ejemplar de cada uno. El fitoplancton de los sistemas acuícolas está formado por casi todos los grupos taxonómicos de algas, donde el grupo de las diatomeas es normalmente el grupo dominante de la comunidad fitoplanctónica en aguas templadas (Martínez-Córdova, et al, 2004,), lo cual coincide con lo encontrado en este estudio.

Para el mes de agosto se registró una riqueza específica de 34 especies, con una abundancia total de 189 individuos. Donde la especie con mayor abundancia fue *Navicula directa* con 56 individuos y *Trichodesmium erythraeum* con únicamente 2 ejemplares. En septiembre se registró una riqueza específica de 21 especies, con una abundancia total de 194 individuos. Donde la especie con mayor abundancia fue *Coscinodiscus centralis* con 56 individuos y *Climacosphenia monilifera* con únicamente 1 ejemplar. Durante el mes de octubre se registró una riqueza específica de 25 especies, con una abundancia total de 198 individuos. Donde la especie con mayor abundancia fue *Cocconeis sp1* con 41 individuos y *Achnanthes fimbriata* con únicamente 1 ejemplar.

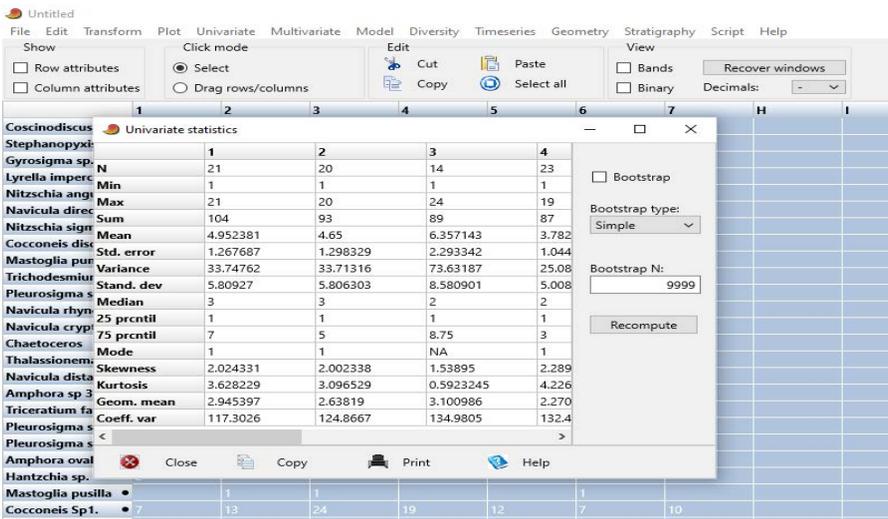


Figura 18. Resultados de estadística descriptiva por estanques.

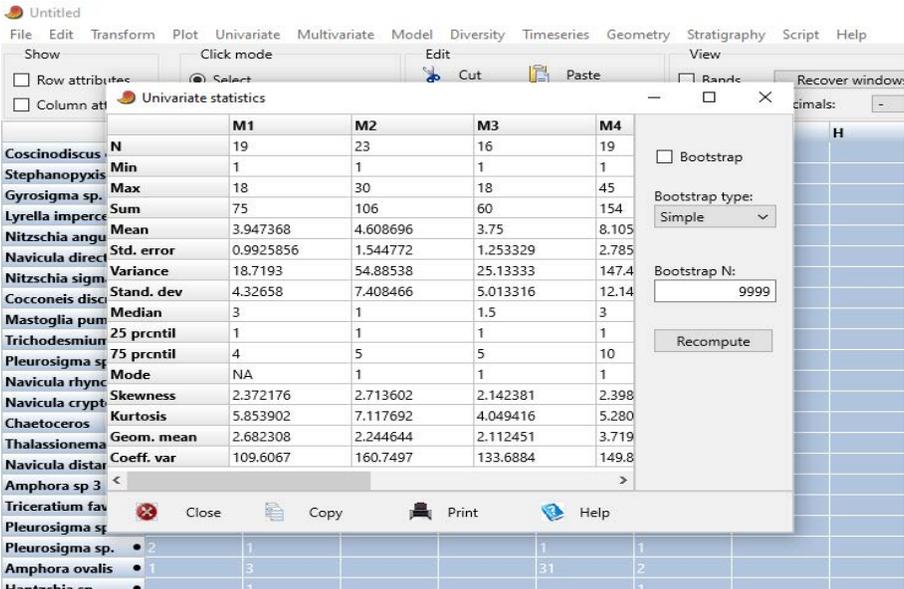


Figura 19. Resultados de estadística descriptiva para fitoplancton por muestreo.

Análisis multivariado por muestreos

Análisis de componentes principales

En este análisis se puede apreciar que la mayor explicación de la varianza del fenómeno se concentra en los componentes principales 1 y 2, con valores de 66.94 % y 20.47 % respectivamente. Los vectores representan la magnitud o fuerza de la variable muestreo. En la figura 20 se muestra a las especies de fitoplancton que estuvieron con mayor abundancia y asociadas a los diferentes estanques monitoreados. Por ejemplo, se aprecia a *Navicula directa* y *Coscinodiscus centralis* fuertemente ligadas al muestreo 4 y a *Amphora ovalis* al muestreo 5. Para el caso del análisis en referencia a los estanques, se aprecia que destacan tres especies de fitoplancton: *Navicula directa*, *Coscinodiscus centralis*, *Cocconeis sp1* y *Amphora ovalis* (Figura 21) y los primeros 2 componentes principales describen la mayor variabilidad del problema con 72.50 % y 13.18 % respectivamente. Las especies aquí identificadas coinciden con aquellas encontradas por Valenzuela-Sánchez, (2014) para zonas impactadas y no por actividades acuícolas en Sonora.

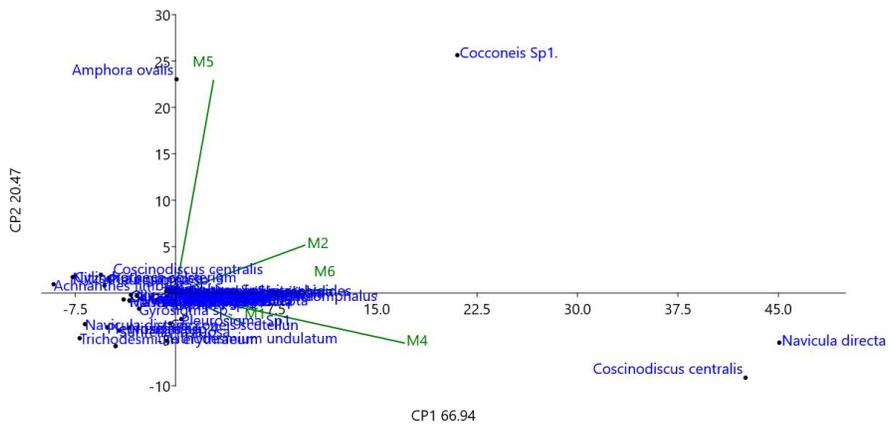


Figura 20. Análisis de componentes principales por muestreos.

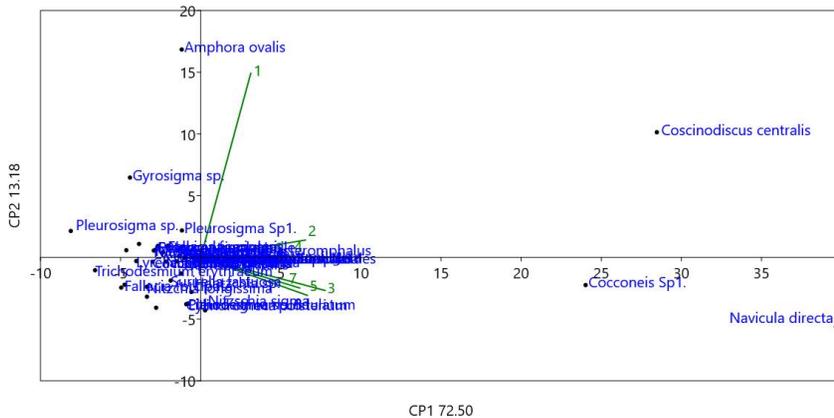


Figura 21. Análisis de componentes principales por estación.

Análisis clúster

Al analizar los parámetros físico-químicos del muestreo 1, mediante el índice de similitud de Mahalanobis, se aprecia que se forman 2 conglomerados o clústeres, en uno de ellos presente solamente el estanque 1 (con una distancia

de separación de 1.55 del otro grupo), debido a sus condiciones de temperatura, oxígeno disuelto, pH y salinidad relativamente más altas que el resto de los estanques. En el segundo conglomerado se observan a los estanques 2 al 7 formando subconglomerados: el 7 separado en este segundo conglomerado por una distancia de 1.5, los estanques 2 y 4 con una similitud entre ellos de 0.7, y a su vez similares al 5 con una similitud de 1.1. Los estanques 3 y 6 similares entre ellos con 1.5 y separados del resto con una distancia de 1.31 (figura 22).

Para el muestreo 2 se observaron 2 conglomerados formados por el estanque 1 y el resto formando el otro grupo. Durante el muestreo 3 se formaron 2 conglomerados integrados por el estanque 7 en uno y el resto de las estaciones en el segundo conglomerado. Para el muestreo 4 también hubo 2 conglomerados siendo el 5 diferente del resto. En el quinto muestreo destacó de nuevo el estanque 1 separado del resto de los demás estanques y finalmente en el sexto muestreo el estanque 4 se separó de los demás estanques.

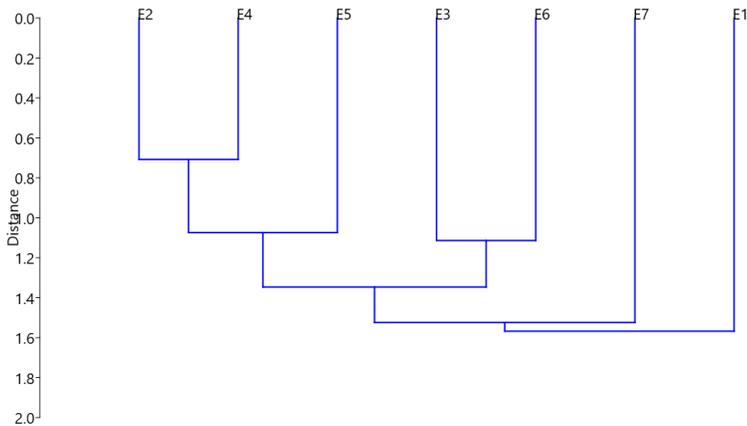


Figura 22. Análisis clúster para parámetros físico-químicos en muestreo 1.

Comportamiento biológico

Índices ecológicos por estación

Se observa que el índice de dominancia muestra valores bajos, con lo cual se interpreta que no hay una dominancia de un taxón en específico. El índice de Simpson por su parte, mide la igualdad en la comunidad presentando valores que fluctúan desde 0.81 hasta 0.90, lo que indica una uniformidad. Por otro lado, el índice de Shannon mide la diversidad y considera a individuos y taxa en cada estación, para este estudio los valores son superiores a 2 y menores a 3, por lo que se considera valor de diversidad media-baja. Con respecto al índice de Margalef se obtuvieron resultados entre 2.90 (baja diversidad) hasta 5.51 (diversidad media) (cuadro 1).

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Taxa_S	21	20	14	23	15	24	15
Individuals	104	93	89	87	87	65	70
Dominance_D	0.10	0.11	0.18	0.11	0.15	0.11	0.19
Simpson_1-D	0.90	0.89	0.82	0.89	0.85	0.89	0.81
Shannon_H	2.64	2.55	2.04	2.70	2.22	2.80	2.11
Evenness_e^H/S	0.67	0.64	0.55	0.64	0.61	0.69	0.55
Brillouin	2.27	2.17	1.76	2.24	1.91	2.21	1.75
Menhinick	2.06	2.07	1.48	2.47	1.61	2.98	1.79
Margalef	4.31	4.19	2.90	4.93	3.14	5.51	3.30
Equitability_J	0.87	0.85	0.77	0.86	0.82	0.88	0.78
Fisher_alpha	7.93	7.82	4.67	10.20	5.23	13.75	5.86
Berger-Parker	0.20	0.22	0.27	0.22	0.30	0.28	0.37
Chao-1	26.20	55.61	15.19	28.93	22.41	49.85	24.20
iChao-1	30.97	58.88	16.02	31.01	34.12	62.62	32.45
ACE	27.83	28.87	16.57	29.62	21.38	58.88	35.37

Cuadro 1. Principales índices ecológicos.

Conclusiones

Los métodos empleados para el análisis resultan muy eficientes para organizar la información. Los métodos univariados permitieron conocer los comportamientos de los parámetros a lo largo del tiempo y a través de las diferentes zonas de muestreo. Las variaciones en parámetros físico-químicos y biológicos se presentaron de manera similar en todos los estanques, presentando oscilaciones y variaciones en cuanto a temperatura, pH y oxígeno, variando los niveles de salinidad entre los estanques a lo largo del estudio.

El módulo de Diversidad permitió conocer que la riqueza y la abundancia por muestreo fue: 1 con 19 especies y 75 ejemplares; 2 con 23 y 106; 3 con 16 y 60; 4, 19 y 154; 5, 16 y 104; y 6, 19 especies y 98 ejemplares. Las especies más abundantes por estanque fueron: *Amphora ovalis* para el 1; *Navicula directa* para 2, 5, 6, y 7; *Cocconeis sp1* para 3 y 4.

En el método de componentes principales se aprecia que, las especies de fitoplancton estuvieron cambiando su nivel de importancia en el curso del tiempo y espacio. Se identificaron 47 especies con una abundancia de 597 ejemplares, destacando el estanque 4 con 154 individuos y la menor fue la estación 6 con 65 individuos. El grupo predominante fueron las diatomeas, con la especie *Navicula directa* con una abundancia de 134 ejemplares, los cuales estuvieron presentes en todos los muestreos.

Referencias

- Boyd, C. E. (1989). Water quality management and aeration in shrimp farming. Fisheries and allied aquacultures department series No. 2. Alabama. Agricultural experiment station, Auburn University, Alabama, 70 p.
- Corral-Dávalos, L. (2019). Estadística y técnicas experimentales para la investigación biológica. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca, Ecuador. 522 p.
- Correa-Henao, M. (2021). Análisis de clúster automático. Tesis. Universidad Nacional de Colombia. 74 p.
- Díaz Monroy, L.G. (2007). Estadística multivariada: inferencia y métodos. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. XVII, 595 p.
- FAO. (2004). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. 241 p.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. (2001). PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica*. 4(1): 9 pp.
- Labomersa (2021) Importancia de la Calidad del Agua en los cultivos de camarón, Labomersa. Available at: <https://labomersa.com/2021/05/04/importancia-de-la-calidad-del-agua-en-los-cultivos-de-camaron/> (Accessed: 14 December 2023).
- Martínez Córdova, L. R., Campaña Torres, A. y Martínez Porchas, M. (2004). Manejo de la Productividad Natural en el Cultivo del Camarón. In: Cruz Suárez, L.E., Ricque Marie, D., Nieto López, M.G., Villarreal, D., Scholz, U. y González, M. 2004. Avances en Nutrición Acuícola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 16-19 noviembre, 2004. Hermosillo, Sonora, México.
- Mendenhall, W., R.J. Beaver y B. M. Beaver. (2006). Introducción a la probabilidad y estadística. Décima tercera edición. Cengage Learning Editores, S.A. de C.V., 780 pp.
- Milton, J.S. (2007). Estadística para biología y ciencias de la salud. McGraw-Hill Interamericana. Tercera edición ampliada. 744 p.
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- Muñoz-Armayones, S, (2016) Técnicas multivariantes para el análisis de datos ómicos. Trabajo de fin de grado. Facultad de Matemáticas. Departamento de estadística e investigación operativa. Universidad de Sevilla. 123 p.
- Páez-Osuna, F., 2001. Camaronicultura y medio ambiente. Mazatlán, Sinaloa: Instituto Ciencias del Mar y Limnología, Programa Universitario de Alimentos. El colegio de Sinaloa.

- Pastor-Barriuso R. (2012). Bioestadística. Madrid: Centro Nacional de Epidemiología, Instituto de Salud Carlos III. 262 p.
- Pérez-López, C. (2004). Técnicas de análisis multivariante de datos. Aplicaciones con SPSS. Pearson Educación, Madrid. 665 p.
- Pérez-Tejada, H.E. (2008). Estadística para las ciencias sociales, del comportamiento y de la salud.
- Shukla, S. (2015). Normality Test. Conference paper. 8 p.
- Valenzuela-Sánchez, C.G. (2014). Composición y abundancia de fitoplancton en áreas impactadas y no impactadas por descargas de granjas camaronícolas en la costa del estado de Sonora. Tesis Profesional. Universidad de Sonora. 66 p.
- Veiga de Cabo, J., De la Fuente Díez, E. y Marta Zimmerman-Verdejo, M. (2008). Modelos de estudios en investigación aplicada: Conceptos y criterios para el diseño. *Med. Segur Trab.* Vol LIV N° 210: 81-88

