

**ANÁLISIS NUMÉRICO PARA DETERMINAR  
MODELOS ASOCIADOS A LA  
COMPOSICIÓN PROXIMAL DE CORVINA  
(*Cynoscion Parvipinnis*)**

**NUMERICAL ANALYSIS TO DETERMINE MO-  
DELS ASSOCIATED WITH PROXIMAL  
COMPOSITION OF CROAKER (*Cynoscion Par-  
vipinnis*)**

José Trinidad Ulloa Ibarra<sup>1</sup>, José David Ramos Carrillo<sup>1</sup>, Nidia D. Uribe Olivares<sup>2</sup>, Juan Felipe Flores Robles<sup>3</sup>, María Inés Ortega Arcega<sup>1</sup>

1 Universidad Autónoma de Nayarit

2 CBETIS 100

3 CETMAR 26

Recibido: 07 de abril de 2021

Aceptado: 15 de mayo de 2021

**Resumen.**

Se presenta una contribución a los trabajos de modelación que desarrolla el grupo de matemática educativa, cuyo objetivo es elaborar propuestas para la elaboración de modelos asociados al análisis proximal de especies, en este caso par al Corvina aleta corta, utilizando el análisis numérico como metodología para ello. El sustento teórico para el trabajo es la Socioepistemología dado que se analizan las actividades de una comunidad de profesionales y que su resultado puede ser utilizando por docentes y estudiantes del área como un complemento en su formación. Se presenta la propuesta del análisis numérico para llegar modelos, la que ha sido utilizada con grupos de estudiantes de la licenciatura en Ingeniería Pesquera de la Universidad Autónoma de Nayarit.

**Palabras clave:** Análisis numérico, modelos matemáticos, curvina

**Abstract**

A contribution is presented to the modeling work carried out by the educational mathematics group, whose objective is to elaborate proposals for the elaboration of models associated with the proximal analysis of species, in this case for the Short-finned Corvina, using numerical analysis as a methodology it. The theoretical support for the work is Socioepistemology since the activities of a community of professionals are analyzed and its result can be used by teachers and students in the area as a complement in their training. The proposal of the numerical analysis to arrive at models is presented, which has been used with groups of students of the degree in Fisheries Engineering of the Autonomous University of Nayarit.

**Key words:** Numerical analysis, mathematical models, croaker

**Introducción.**

Las matemáticas son, una disciplina intelectual autónoma, uno de los más claros exponentes de la capacidad creativa de la mente humana. Se ha observado que han jugado un papel fundamental en la ciencia moderna y han influido en ella y han sido influidas por ella en forma esencial. Las matemáticas forman, junto con el método experimental, el esquema conceptual en que se basa la ciencia moderna y en el que se apoya la tecnología, con íntimas interacciones entre sí. Sobre estas bases se gestó hace casi cuatro siglos la sociedad industrial y se construye en el presente la naciente sociedad de la información (Vázquez, 2002).

La afirmación de Rodríguez (2011): "En todas las ciencias está presente la matemática y por tanto puede usarse la relación matemática-ciencias como recurso didáctico en cualquier nivel educativo", permite establecer no solo la relación entre ambas ramas de la ciencia, sino que permite contextualizar .

la matemática con base en la química, para ello consideremos que: “El balanceo algebraico de ecuaciones químicas, debe abordarse en los cursos de álgebra. Y ello no sólo porque introduce aspectos de sistemas de ecuaciones lineales con más o menos incógnitas, o porque permite iniciarse en el tema de matrices”, (Garriz y Rincón, 1997).

La figura 1 muestra la relación de la química con otras áreas y algunas de sus aplicaciones, el sentido de la flecha es desde las matemáticas a la química; lo que significa que la química prácticamente no ha hecho aportaciones a las matemáticas. La química indudablemente usa las matemáticas continuamente. En la imagen siguiente se indican algunas de las aportaciones de las matemáticas a la química, tanto actuales como esperables.



Figura 1. La química relaciones y aplicaciones (Herradón, 2012)

Sin embargo, ¿qué tipo de uso hace la química de las matemáticas? ¿Qué responderían los químicos si se les pregunta si necesitan las matemáticas para su investigación? La mayoría, independientemente del área (se consideran sólo las 4 grandes y clásicas divisiones de la química: analítica, física, inorgánica y orgánica), responderían que usan las matemáticas para hacer cálculos (estequiometría, rendimientos, despejar alguna incógnita, etc.; es decir, aritmética y álgebra elementales), algún ajuste estadístico (principalmente los químicos analíticos interesados en quimiometría), y algún químico-físico podrá decir que unas

matemáticas “más sofisticadas” (un poco de análisis matemático) para explicar los resultados experimentales o avanzar en aspectos teóricos

La Química matemática es el área científica que se encarga de las aplicaciones de las matemáticas en la química. Se trata de usar instrumentos matemáticos que ayuden a modelar procesos químicos y no se debe confundir. Se trata de usar instrumentos matemáticos que ayuden a con la química computacional.

En los últimos tiempos, se ha manifestado una fuerte tendencia en las ciencias hacia la formulación de modelos *matemáticos* que consisten en la representación numérica de los elementos que forman un sistema en la naturaleza, los que permiten conocer sus interrelaciones y predecir su comportamiento, ya que constituyen la única forma de manejar situaciones muy complicadas y de probar hipótesis científicas básicas. Sin embargo, todavía no se cuenta con modelos matemáticos enteramente satisfactorios en relación con los fenómenos que se suceden en la biología, especialmente en el océano, (Cifuentes, et al, 1995)

### Modelación Matemática

Un modelo matemático es un sistema donde todos los comportamientos u opciones se pueden simular por medio de ecuaciones matemáticas cuyas variables están previamente establecidas de acuerdo con lo que se quiere contemplar. Permiten obtener resultados en base a experiencias anteriores o a estadística.

Se utiliza en pronósticos (de demanda, ventas), en control de inventarios, de calidad, muestreo). Hay que rescatar que todo modelo matemático sufre de error cuando se compara con la reali-

dad, pues siempre será un cálculo y factores externos que no permitan la exactitud (Esparza, 2017).

El objetivo del modelo matemático es entender ampliamente el fenómeno y tal vez predecir su comportamiento en el futuro. Los pasos para elaborar un modelo matemático pueden ser:

- Encontrar un problema del mundo real
- Formular un modelo matemático acerca del problema, identificando variables (dependientes e independientes) y estableciendo hipótesis lo suficientemente simples para tratarse de manera matemática.
- Aplicar los conocimientos matemáticos que se posee para llegar a conclusiones matemáticas.
- Comparar los datos obtenidos como predicciones con datos reales. Si los datos son diferentes, se reinicia el proceso. Los modelos simbólicos o matemáticos están constituidos por todas las ecuaciones matemáticas requeridas para representar satisfactoriamente un fenómeno o experimento. Cuando se usan los modelos matemáticos, a veces es posible determinar, mediante un proceso deductivo, cuáles serán los resultados de un experimento sin realizarlo. Generalmente esto ahorra tiempo, trabajo y dinero, y proporciona resultados aún más precisos que los que se pueden obtener por medio de la simulación. En la figura No. 2 se muestra el proceso metodológico para la desarrollar modelos.

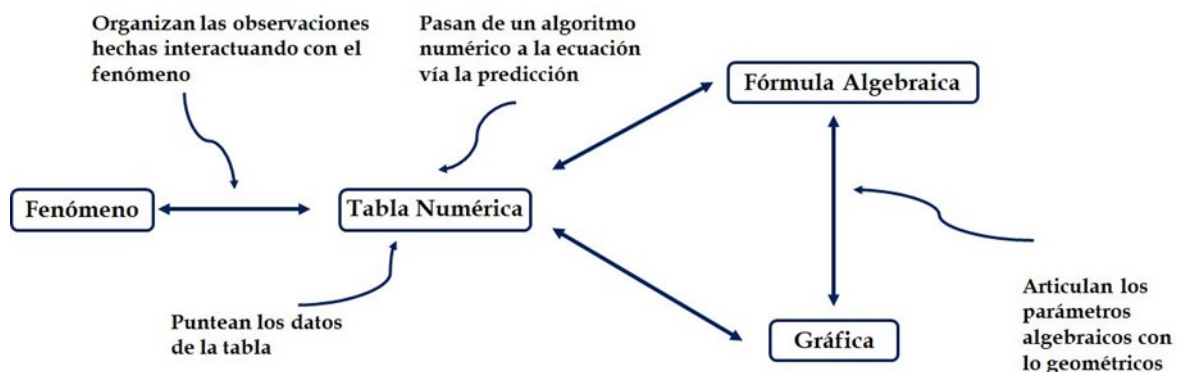


Figura 2. La numerización de los fenómenos (Arrieta y Díaz, 2015)

Utilidad de un modelo matemático.

Los modelos son útiles en diferentes formas, entre las que se pueden mencionar:

- a. Ofrecen una forma relativamente barata y segura de probar las ideas antes de ponerlas en práctica. Así, si se desea construir un nuevo barco, primero se deben hacer dibujos, cálculos y modelos de prueba antes de construir el barco.
- b. Proporciona una versión simplificada de algún problema o situación de la vida real, concebida para resaltar ciertos aspectos del problema, sin tener que analizar todos los detalles. Así, un modelo se utiliza destacando los aspectos de interés y haciendo a un lado otros detalles que no tienen mucha relación con el problema. Por lo tanto, el modelo ayuda a reducir la complejidad del problema.
- c. Permiten la comunicación de una idea o concepto. De esta forma, los planos, bocetos y maquetas permiten al arquitecto transmitir la idea que tiene sobre el tamaño, distribución y aspecto de una construcción.

Para poder utilizar correctamente un modelo, es necesario conocer bien el problema y definirlo con precisión, que es uno de los aspectos más importantes en la solución de todo problema. Un error que se presenta frecuentemente es que las personas prestan poca atención a la definición del problema, lo cual da como resultado un trabajo de mala calidad o la repetición de este.

Otro requerimiento en el uso de los modelos es que obliga a los usuarios a identificar las áreas en las que el conocimiento o la información son deficientes y en las que se requiere de mayor esfuerzo o de mayores conocimientos. La probabilidad, por su esencia, requiere del uso de modelos gráficos y matemáticos. Los modelos gráficos los usa para presentar la información y los matemáticos para procesar la misma y hacer inferencias con ella. Al plantear un problema estadístico, se deben buscar los métodos y procedimientos adecuados

para la solución y representarlos mediante un modelo matemático. El éxito que se obtenga dependerá de cuan fiel y completamente represente el modelo al problema y de que tan bien se puedan deducir soluciones al modelo una vez que este ha elaborado (Esparza, 2017).

### **Antecedentes**

La investigación tiene diversos antecedentes, los principales antecedentes son los trabajos acerca de la modelación como práctica social y las prácticas de análisis de los resultados de la composición de las especies. Uno de los aspectos fundamentales de esta línea de investigación consiste en situar el estudio de las prácticas de modelación en una comunidad, en un lugar y en un tiempo (Ulloa, 2013).

Sobre la modelación aplicada a relacionar los principales componentes de las especies marina, resaltamos los trabajos realizados por Nieto, 2006 y los trabajos de tesis posteriores en la licenciatura, tales como el desarrollado por Munguía en 2004, Hermosillo y Caamal, 2005; se tiene registros de los trabajos de Mónico, 2010. En todos ellos, el análisis matemático Para relacionar los componentes se basó en la utilización de software con lo que se determinaron los gráficos y la correlación entre dos o más componentes químicos

### **Justificación**

El conocimiento de la composición química de los alimentos es el primer elemento esencial en el tratamiento alimentario de las enfermedades o en cualquier estudio cuantitativo de la nutrición humana. (McCance y Widdowson, 1940)

Esta afirmación es tan verdadera ahora como en 1940, cuando apareció como primera frase de la introducción del libro que se ha convertido ahora en la Base de datos nutricionales del Reino Unido (Food Standards Agency, 2002).

Tradicionalmente, la fuente de información sobre la composición de los alimentos ha consistido en tablas impresas de composición de alimentos, que ahora se están sustituyendo por bases de datos informatizadas a partir de las cuales suelen obtenerse las versiones impresas. La información se utiliza ampliamente en los sectores de la salud, la agricultura y el comercio. Los datos se utilizan en estudios de investigación sobre los efectos de la alimentación en la salud, la reproducción, el crecimiento y el desarrollo. También se usan para preparar regímenes de alimentación con una composición específica de nutrientes en la práctica clínica, en la formulación de los tipos de raciones y en la preparación de los suministros de alimentos de urgencia. Los datos sobre la composición se utilizan a nivel nacional e internacional en la evaluación del valor nutricional de los productos alimenticios consumidos por las personas y las poblaciones.

Las necesidades de información sobre composición de alimentos y las aplicaciones de las tablas en los distintos países, guardan una estrecha relación con las características de la situación alimentaria y nutricional de la población, con el desarrollo de la investigación en el tema y con la prioridad que asignan los gobiernos a la búsqueda de soluciones a los problemas nutricionales.

El uso de las tablas de composición química de los alimentos es muy amplio. A nivel nacional, permiten evaluar la adecuación de la disponibilidad nacional de alimentos con respecto a las necesidades nutricionales de la población, en términos de nutrientes, permitiendo además identificar eventuales deficiencias en dicha disponibilidad (FAO 1992).

El desarrollo de paquetes computacionales de fácil manejo para los usuarios que tengan acceso a este tipo de tecnología constituye un gran

aporte a la velocidad y precisión de los análisis de la información recolectada, pero que ocurre en sitios en los que no se cuenta con este tipo de tecnología. Nuestra postura es proponer algún tipo de solución que esté al alcance para profesionistas con un bagaje básico de matemáticas.

Por otra parte, el poder relacionar mediante modelos matemáticos la relación entre los diferentes tipos de componentes puede ser de gran utilidad porque a partir de un análisis que además de ser relativamente rápido, pero principalmente de bajo costo, pueden tenerse de manera aproximada los componentes en cuya determinación se requiere de equipo y reactivos costosos (Ulloa, et al., 2019).

Además se encuentra en la mayoría de las licenciatura una gran desvinculación entre la escuela y su entorno social y profesional. En los trabajos de Galicia et al. (2011), Ulloa y Arrieta (2009) y Landa (2008), se da cuenta de la separación entre las prácticas sociales de modelación en comunidades de las ingenierías bioquímica y pesquera, con las comunidades escolares.

Aunque no solamente se ha documentado esa desvinculación, sino que se ha encontrado que en las licenciaturas del área existe un contenido bajo de matemáticas lo que origina una deficiente formación en este campo, con base a lo anterior se ha propuesto a la deconstrucción como una metodología que contribuya a que los egresados conozcan y puedan utilizar los procedimientos surgidos en los diferentes estudios (Ulloa y Arrieta, 2009).

Además se encuentra que la escuela ha minimizado o dado poca importancia a la creación matemática a partir de la experimentación en el laboratorio y por otra parte se ha dado poca importancia a la modelación como una asignatura de relevancia en la práctica profesional.

Desde nuestro punto de vista la modelación es una práctica que puede vincular la escuela con su entorno. La modelación es una práctica que articula las diferentes ciencias y la tecnología con las matemáticas. Para dar evidencias de estas afirmaciones, basta analizar el entorno laboral que tienen estas comunidades (Ulloa y Arrieta, 2010). La modelación tiene lugar en las tres etapas principales del complejo pesquero, ya que la encontramos no solamente al utilizar los Modelos de Predicción de las Capturas, sino también en el procesado de productos y al realizar estudios de consumo y demanda

### **Marco Teórico**

Ubicamos a la teoría Socioepistemológica como el marco ideal ya que se basa en el análisis de las prácticas de las comunidades ya sean de estudio, de práctica o profesionales considerando al grupo social en el que se desarrollan las actividades como el aspecto preponderante para entender la generación del conocimiento.

La Socioepistemología es una teoría que se basa en el estudio de la epistemología de prácticas considerando los aspectos socioculturales ligados a la producción y difusión de conocimiento matemático, así como los aspectos que atañen a los procesos de cognición, de naturaleza didáctica y construcción de dicho conocimiento (Cordero, 2005). En esta teoría se parte del supuesto de que las prácticas sociales son generadoras de conocimiento, para con ello poder modelar la práctica que en un contexto histórico y social otorga una estructura y un significado a lo que hacemos (Cordero, 2001).

Sin embargo, en la teoría Socioepistemológica se considera que para el análisis de las formas de construcción o producción de conocimiento matemático el énfasis esté, más que en los objetos matemáticos, en los contextos o prácticas donde se

emerge o se desarrolla dicho conocimiento en una actividad humana.

### **Metodología**

El trabajo se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo y se utilizaron los datos numéricos obtenidos de observaciones de corvina en la Bahía de Matanchen y a partir de ellos se hicieron los análisis químicos para la obtención de los componentes químicos de la especie.

El análisis numérico es una vía de solución alterna que permite conectar la teoría y la práctica al nivel que se quiera de medición y cálculo, pero en una forma diferente a como normalmente se enseña la operación analítica de los conceptos (Ulloa, et. al., 2020).

El estudio de fenómenos complejos en ciencia o el diseño en ingeniería, requiere en muchos casos, y antes de la verificación o construcción física de los mismos, un estudio teórico de ellos. A pesar de que el estudio clásico de las ciencias básicas y ciencias de la ingeniería enfatiza, en una primera aproximación, el estudio matemático y analítico de los problemas, en realidad, la complejidad de la mayoría de ellos implica técnicas diferentes a las analíticas que constituyen el cuerpo clásico de las matemáticas.

La mayoría de la gente asocia el trabajo científico y tecnológico a su cuantificación numérica. Esto implica que todo fenómeno físico o construcción tecnológica tiene un comportamiento predecible y por ello puede ser cuantificado y simulado sin tener que realizarse. Ese es el sentido numérico de la ciencia y la viabilidad predictiva de la tecnología. Sin embargo, aun cuando esto es parte del conocimiento general, rara vez se comprenden las vías por las que esta cuantificación pueda lograrse.

Por lo anterior se procede a la utilización del análisis numérico para establecer la relación entre los componentes químicos, privilegiando el uso del contenido de ceniza y agua, ya que son los que requieren menos tiempo y recursos económicos, tomando como base que la regresión lineal múltiple trata de ajustar modelos lineales o lineali-

zables entre una variable dependiente y más de una variable independiente.

### Resultados

Se analizaron en el laboratorio de análisis químico 50 muestras correspondientes al periodo enero - junio, capturadas en la Bahía de Matanchén, se procede como se describe en la figura 3:

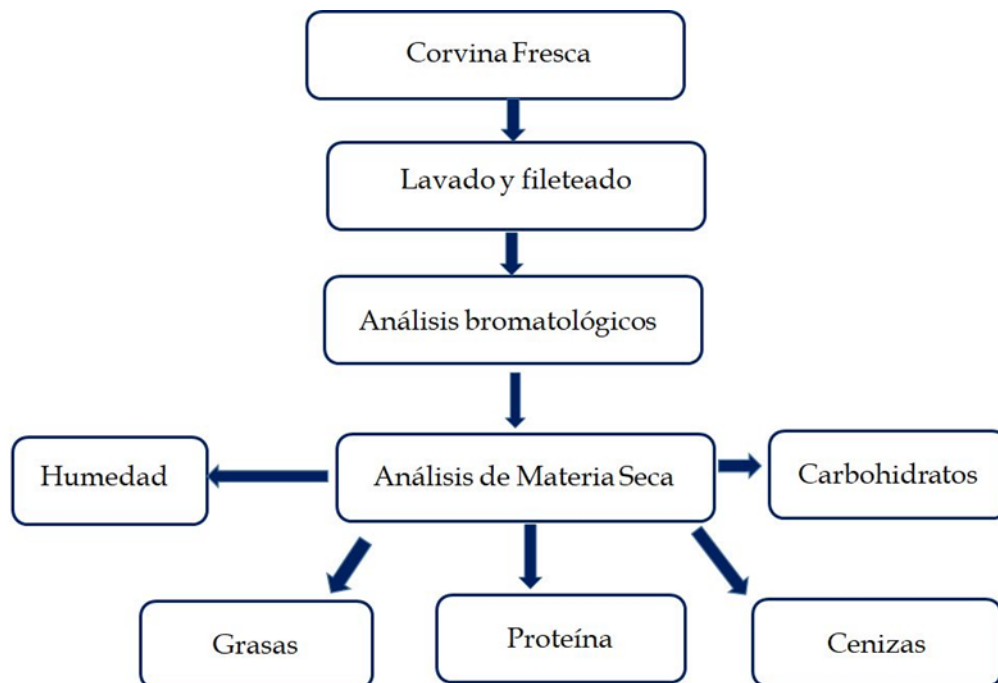


Figura 3. Diagrama de Análisis bromatológico

Una vez realizados los análisis de humedad, cenizas y grasas, se procedió a utilizar los métodos numéricos para determinar la relación multilínea múltiple para los datos obtenidos, considerando que: una extensión útil en la regresión lineal es el caso en el que la variable dependiente ( $y$ ) es una función lineal de dos o más variables independientes ( $x_1, x_2, x_3, \dots$ ) de la forma:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_{n-1}x_{n-1} + a_nx_n$$

Esta ecuación es útil particularmente cuando se ajustan datos experimentales como es

el caso de la composición química de alimentos en donde la variable que se está analizando es función de otras dos o más variables.

En el caso dos variables independientes:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$$

La representación de la regresión ya no es una línea recta ni una curva, sino un plano en el espacio, lo cual dificulta en cierto grado su representación, sin embargo, es posible utilizar el método de mínimos cuadrados para encontrar los coeficientes  $a_0, a_1$  y  $a_2$  de con base en el procedimiento que se describe.

Se debe obtener la suma de los cuadrados de las diferencias o errores:

$$Sr = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x_1 - a_2 x_2)^2$$

Los coeficientes que generan la suma mínima de los cuadrados se obtienen al igualar a cero las derivadas parciales y se genera el sistema de ecuaciones:

$$\sum y_i = n * a_0 + \sum x_{1i} * a_1 + \sum x_{2i} a_2$$

$$\sum x_{1i} y_i = \sum x_{1i} a_0 + \sum x_{1i}^2 a_1 + \sum x_{1i} x_{2i} a_2$$

$$\sum x_{2i} y_i = \sum x_{2i} a_0 + \sum x_{1i} x_{2i} a_1 + \sum x_{2i}^2 a_2$$

Las expresiones anteriores se pueden escribir en la forma matricial

$$\begin{bmatrix} n & \sum x_{1i} & \sum x_{2i} \\ \sum x_{1i} & \sum x_{1i}^2 & \sum x_{1i} x_{2i} \\ \sum x_{2i} & \sum x_{1i} x_{2i} & \sum x_{2i}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum x_{1i} y_i \\ \sum x_{2i} y_i \end{bmatrix}$$

El coeficiente de correlación se calcula mediante la ecuación:

$$r = \sqrt{\frac{St - Sr}{St}}$$

Utilizando los datos observados, se propone un modelo de la forma descrita anteriormente:

	Grasa	Humedad	Ceniza			Grasa	Humedad	Ceniza
1	0.500	76.833	1.111		26	1.230	85.530	0.9800
2	2.000	77.792	1.000		27	1.730	85.8800	1.01
3	1.000	85.250	1.111		28	2.760	80.750	1.200
4	0.670	85.500	1.056		29	2.270	86.3300	1.040
5	2.370	78.530	1.510		30	1.650	80.300	1.150
.	...	...	...					
.	...	...	...					
.	...	...	...					
.	...	...	...					

Puesto que el modelo propuesto es:

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2$$

El sistema que se debe plantear es el descrito en la forma matricial, en consecuencia, se debe construir una tabla como la siguiente:



Tabla 1. Datos para obtención del modelo

	$y_i$	$x_{1i}$	$x_{2i}$	$x_{1i}x_{2i}$	$x_{1i}^2$	$x_{2i}^2$	$x_{1i}y_i$	$x_{2i}y_i$
1	0.500	76.833	1.111	85.361	5903.309	1.234	38.416	0.555
2	2.000	77.792	1.000	77.792	6051.595	1.000	155.584	2.000
3	1.000	85.250	1.111	94.712	7267.562	1.2340	85.250	1.111
4	0.670	85.500	1.056	90.288	7310.250	1.115	57.285	0.707
...								
...								
Suma	59.640	2436.305	35.998	2916.639	198260.511	44.404	4832.034	72.459

Sustituyendo en la matriz del sistema, se tiene:

$$r = 0.92682$$

$$\begin{bmatrix} 30 & 2436.305 & 35.998 \\ 2436.305 & 198260.511 & 2916.639 \\ 35.998 & 2916.639 & 44.404 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 59.640 \\ 4832.034 \\ 72.459 \end{bmatrix}$$

$$r^2 = (0.92682)^2 = 0.8589$$

Resolviendo se tiene

$$a_0 = 2.604$$

$$a_1 = -0.017$$

$$a_2 = 0.644$$

Por lo que el modelo es:  $y = 2.64 - 0.017x_1 + 0.644x_2$

Es decir: *Grasa* = 2.64 - 0.017 *Humedad* + 3.391 *Ceniza*

Su coeficiente de correlación es:

Estos resultados nos indican que existe una buena correlación y que entre otras cosas el 85.89% de los datos quedan explicados por el modelo.

#### Discusión

La metodología utilizada para la obtención de los modelos a pesar de ser una herramienta de la ingeniería y las matemáticas se seleccionó con base en su facilidad por el tipo de conocimiento requerido. No obstante, y tomando la definición de Coeficiente de Correlación: el valor de  $r$  denota la fuerza de la asociación como se ilustra en la figura 4.

Coeficiente	Interpretación
$r = 1$	Correlación Perfecta
$0.80 < r < 1$	Muy alta
$0.60 < r < 0.80$	Alta
$0.40 < r < 0.60$	Moderada
$0.20 < r < 0.40$	Baja
$0 < r < 0.20$	Muy Baja
$r = 0$	Nula

Figura No. 4. Interpretación del Coeficiente de Correlación

Los coeficientes de correlación que se obtienen por medio del análisis numérico muestran que el ajuste de los datos es cercano a la correlación perfecta como puede deducirse de la Figura 4., por lo que puede establecerse como una alternativa para determinar el contenido de grasa con base a las mediciones en humedad y ceniza que como ya se mencionó puede ser aplicado a otro tipo de modelos, sin embargo, no debe perderse de vista que la valoración y uso de los modelos es responsabilidad de quien los utilice (Ulloa, Nieto, Ortega, Flores y Arrieta, 2019).

### **Conclusiones**

Ya se ha mencionado que la gran utilidad de los modelos matemáticos es la Predicción y que está debe sustentarse de manera adecuada para que pueda ser confiable, en el caso estudiado, no obstante el buen coeficiente de correlación obtenido, no debe pasarse por alto lo expuesto por Munguía, 2004, en el sentido de que la composición química de los peces está influenciada por una gran cantidad de factores entre los que se encuentran, la alimentación, la temporada del año, y otros factores del hábitat propio de la especie en cuestión.

Este ejercicio del establecimiento de modelos multilineales que es propio de la comunidad en estudio en donde la matemática y el uso de herramientas tecnológicas, tales como calculadora o software son de gran importancia para poder llegar a una buena aproximación y por lo tanto contar con una base para realizar predicciones que permitan ahorro de dinero y de tiempo.

Para este fin, un análisis de múltiples variables permite, en un primer estadio reconocer los valores de aproximación en un modelo general, pero a su vez con esos datos modificar las condiciones del proceso para recoger resultantes distin-

tos y llegar a un consumo óptimo de recursos (Ulloa, et al. 2019).

### **Referencias Bibliográficas**

- Arrieta, J.; Díaz, L. (2015). Una perspectiva de la modelación desde la socioepistemología. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa* (2015) 18 (1): 19-48
- Cifuentes, J.; Torres-García, M; Frías, M. (1995). El océano y sus recursos, III. Las ciencias del mar: Oceanografía física, matemáticas e ingeniería. Fondo de Cultura Económica (FCE)
- Cordero, F. (2001). La distinción entre construcciones del cálculo. Una epistemología a través de la actividad humana. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa* 4 (2), 103-128
- Cordero, F. (2005). El rol de algunas categorías del conocimiento matemático en educación superior. Una socioepistemología de la integral. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa* 8 (3), 265-286.
- Esparza, J. (2017). Qué es un modelo matemático. Recuperado el 25 de enero del 2021 de: [http://www.academia.edu/9253640/que\\_es\\_un\\_modelo\\_matematico](http://www.academia.edu/9253640/que_es_un_modelo_matematico)
- FAO. (1992). AGROSTAT. Hojas de balance de alimentos.
- Food Standards Agency. 2002a. McCance and Widdowson's The Composition of Foods. Sixth summary edition. Cambridge, UK, Royal Society of Chemistry.
- Galicia A., Díaz L. y Arrieta J. (2011). Práctica social de modelación del ingeniero bioquímico: Análisis microbiológico. En CIAEM (Ed.), Anais do XIII Conferência Interamericana de Educação Matemática. Recuperado de [http://www.lematec.no-ip.org/CDS/XIIICIAEM/index.html?info\\_type=fulllist&lang\\_user=en](http://www.lematec.no-ip.org/CDS/XIIICIAEM/index.html?info_type=fulllist&lang_user=en)
- Garriz, A. y Rincón, C. (1997). Capricho valenciano (III). Valencia y números de oxidación. *Corolario para docentes. Educación Química* 8 (3), 130-140
- Hermosillo, M.; Caamal, J. (2005). Composición química proximal en la almadraba durante el periodo febrero 2002 -2003 en la Bahía de Matanchén. Tesis de Licenciatura no publicada. Universidad Autónoma de Nayarit.

- Herradón, B. (2012). Matemáticas y química: una relación necesaria. Consultado el 05/02/2021 de: <https://educacionquimica.wordpress.com/2012/06/18/matematicas-y-quimica-una-necesaria-relacion/>
- Landa, L. (2008). Diluciones seriadas y sus herramientas, una práctica de estudiantes de ingeniería bioquímica al investigar la contaminación del río de la Sabana, (Tesis de maestría no publicada). Universidad Autónoma de Guerrero, Guerrero, México.
- McCance RA & Widdowson EM (1940). The Chemical Composition of Foods. Medical Research Council Special Report Series No. 25, London: HMSO
- Mónico, L. (2010). Modelos matemáticos asociados a los análisis proximales del *Centropomus robalito* (Constantino) en San Blas, Nayarit. Tesis de Licenciatura no publicada. Universidad Autónoma de Nayarit.
- Munguía, J. (2004). Análisis químico proximal de *Scomberomorus sierra* durante el periodo de Enero a Diciembre de 2003 en San Blas Nayarit. Tesis de Licenciatura no publicada. Universidad Autónoma de Nayarit
- Nieto, J. (2006). Análisis proximal de peces comerciales de la región de San Blas Nayarit. Tesis de Maestría no publicada. Universidad Autónoma de Nayarit - Universidad de Guadalajara, México
- Rodríguez, M. (2011). La matemática y su relación con las ciencias como recurso pedagógico. *Números, Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 77, 35-49
- Ulloa, J. (2013). Las prácticas de modelación y la construcción de lo exponencial en comunidades de profesionales: un estudio socioepistemológico (Tesis doctoral no publicada). Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del IPN, Distrito Federal, México.
- Ulloa, J.; Arrieta, J. (2009). Los modelos exponenciales: construcción y deconstrucción. En P. Lestón (Ed), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* 22, 479-488. México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa.
- Ulloa, J.; Arrieta, J. (2010). La deconstrucción como estrategia de la modelación. En P. Lestón (Ed), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* 22, 479-488. México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa.
- Ulloa, J.; Nieto, J., Ortega, M.; Flores, J.; Arrieta, J. (2019). Regresión multilínea como apoyo a los análisis proximales. *Acta Pesquera* Vol. (5), No. 9. Universidad Autónoma de Nayarit.
- Ulloa, J.; Uribe, N.; Flores, J.; Ortega, M. (2020). Análisis numérico para la determinación de modelos potenciales en la Lobina Negra *Micropogonias undulatus* (Lacépède, 1802). *Acta Pesquera*, Vol. 6, No. 11. Universidad Autónoma de Nayarit
- Vázquez, J. (2002). Matemáticas, ciencia y tecnología: una relación profunda y duradera. *Encuentros Multidisciplinarios*. Consultado el 12 de febrero de 2021 de: <http://www.encuentros-multidisciplinarios.org/Revistan%C2%BA11/Juan%20Luis%20V%C3%A1zquez.pdf>

