Modelo lineal múltiple para proteína en la corvina (*Cynoscion Parvipinnis*)

Multiple linear model for protein in the croaker (*Cynoscion Parvipinnis*)

José Trinidad Ulloa Ibarra1, José David Ramos Carrillo[1], Nidia D. Uribe Olivares[2], Juan Felipe Flores Robles[3], María Inés Ortega Arcega[1]

[1] Universidad Autónoma de Nayarit
[2] CBETIS 100
[3] CETMAR 26

Recibido: 10 de octubre de 2021
Aceptado: 04 de diciembre de 2021

Resumen.
Se presenta una contribución a los trabajos de modelación que desarrolla el grupo de matemática educativa – modelación matemática, 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. La propuesta tiene como base el estudio bromatológico desarrollado por Ramos (2009) como parte del trabajo de tesis realizado. 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: Modelos matemáticos, modelo lineal múltiple, proteína, curvina

Abstract
A contribution is presented to the modeling work carried out by the group of educational mathematics - mathematical modeling, 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 for it. The proposal is based on the bromatological study developed by Ramos (2009) as part of the thesis work carried out. 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: Mathematical models, multiple linear model, protein, curvin

Introducción.

Al estudiar fenómenos en las ciencias se requiere la utilización de las matemáticas para tratar de comprenderlos y poder hacer predicciones sobre otros similares a los del estudio, esto se considera parte de la construcción de las ciencias. Como recurso didáctico se puede utilizar tal reciprocidad de manera amena, en cualquiera de sus formas para enriquecer la enseñanza, la praxis y formación del docente de matemática. Todo esto se puede hacer desde una pedagogía integral que aboga por un proceso educativo vivo y transdisciplinar que muestre el concierto de fantasías que entrelazan todas las ciencias, en mayor o menor intensidad.

De esta manera en algunos momentos es necesario recurrir a la historia de grandes creaciones de las ciencias y algunos descubrimientos para presentar la investigación. 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”, (Garritz y Rincón, 1997).

Por otra parte, la química no solo influye en la vida de un ser vivo, sino que también afecta a toda la sociedad, cuando se quema un combustible fósil ocurren reacciones químicas que liberan energía capaz de suministra potencia para el transporte y electricidad o calor para hogares y negocios. Recordemos que la química estudia características y composición de todos los materiales.

Características de la especie
Corvina de aleta corta
Alargado, robusto, comprimido, ovalado en sección transversal; cabeza, larga y puntiaguda; boca ligeramente oblicua, grande, termina detrás del borde posterior del ojo, mandíbula inferior proyectante; sin barbillas o poros en el mentón; branquiespinas inferiores 7-9; parte frontal de la mandíbula superior con 1 par de caninos grandes y puntiagudos; margen del preopérculo liso; dorsal con una base larga, con un espacio corto entre los dos partes, VII-IX + I, 21-23; anal II, 10-11; aletas pectorales 15-16, cortas, terminando muy delante las puntas de las pélvicas; margen posterior de la aleta caudal levemente cóncava; escamas del cuerpo y cabeza casi todas ásperas, lisas abajo la dorsal y la pectoral; aletas anal y dorsal suave con una banda angosta de escamas en la base de la misma; 65-75 escamas en la línea lateral; escamas de la línea lateral más pequeñas que las escamas adyacentes, con escamas accesorias pequeñas; línea lateral arqueada anteriormente y volviéndose recta cerca del nivel del origen de la aleta dorsal. Color plateado, gris azul dorsalmente; axila de la aleta pectoral cenizo; anaranjado amarillo dentro de la boca, con un creciente oscuro detrás dientes inferiores centrales; adentro del opérculo oscuro. Tamaño: crece hasta 60 cm. Habita en aguas costeras, usualmente afuera de playas arenosas. Profundidad: 1-101 m. (ISIT, 2021)

La figura 1 muestra la relación de la química con otras áreas y algunas de sus aplicaciones.
En ella se puede observar que entre otras es importante destacar que: la química se relaciona con la matemática, porque desarrolla ecuaciones que explica el comportamiento de la materia, como el cálculo de la composición porcentual de los elementos en la formula, o las ecuaciones matemáticas que representan las leyes de Gases; la química se relaciona con la física, por las leyes establecidas que estudian la estructura de la materia y la interacción de los átomos para formar moléculas, y lo diferentes cambios que suceden en estos; La química se relaciona con la biología, porque ambas estudian la composición química/ biológica de un ser vivo desde al átomo, molécula, macromolécula, hasta un sistema complejo; La química se relaciona con la medicina, porque gracias a la química la farmacéutica desarrolla nuevos medicamentos que contienen sustancias que actúan de forma específica al agente infeccioso.

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

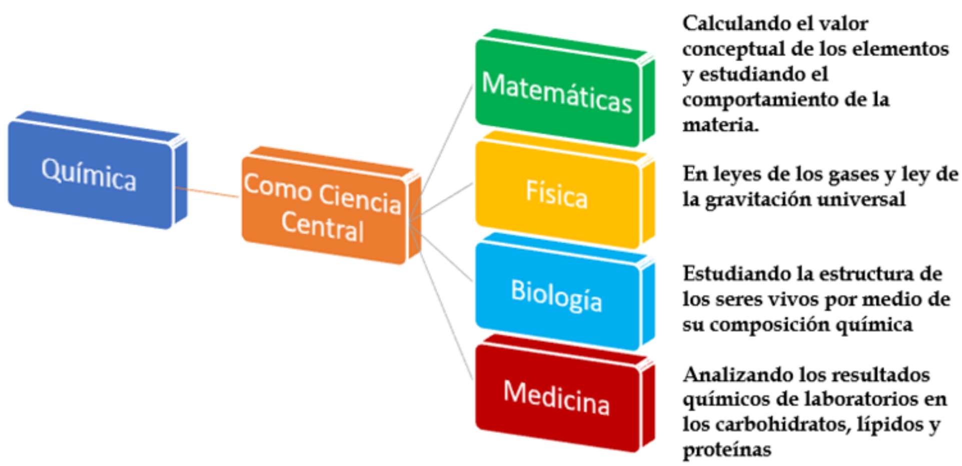

Figura 1. La química relaciones y aplicaciones (espaciohonduras.net/

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:

a. Encontrar un problema del mundo real
b. Formular un modelo matemático acerca del problema, identificando variables (dependientes e independientes) y estableciendo hipótesis lo suficientemente simples para tratarse de manera matemática.
c. Aplicar los conocimientos matemáticos que se posee para llegar a conclusiones matemáticas.
d. 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.

¿Qué es y para qué sirve un modelo matemático?
Para entender si algo funcionara correctamente, en determinado momento se tiene que recurrir al diseño de un modelo matemático que ayude a limar esos imperfectos que puedan presentarse, a través de las matemáticas. Hay que recalcar algo y es que, aunque un modelo matemático pueda ofrecer resultados exactos teóricamente hablando, estará expuesto al error al ser aplicado en el mundo real, debido a factores externos.

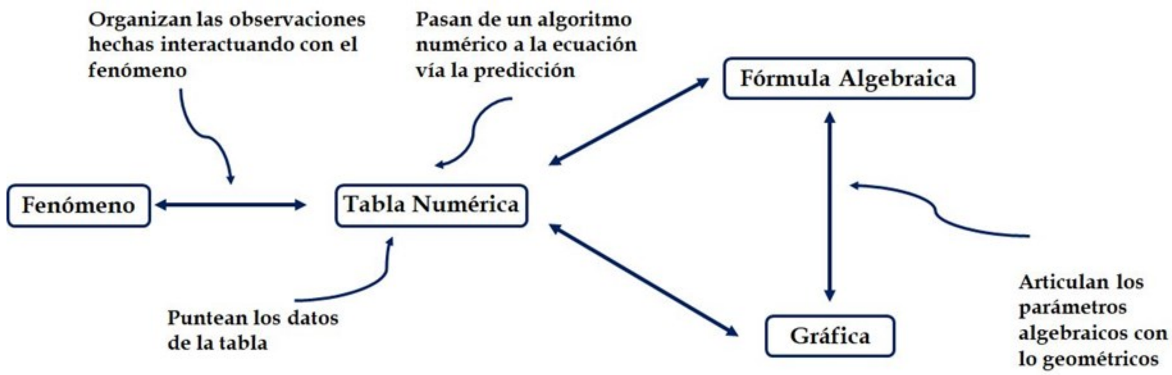

Figura 2. La numerización de los fenómenos (Arrieta y Díaz, 2015)

¿Qué es un modelo matemático?

Es uno de los tantos modelos científicos que permiten representar de forma gráfica o visual y/o a través de ecuaciones matemáticas, relaciones, hechos, variables, parámetros o comportamientos que son difíciles de observar en la realidad. Cumpliendo el objetivo de los modelos científicos el cual es en general, explorar, controlar y predecir. Para obtener resultados correctos, es necesario decidir cuáles son las variables significativas y aquellas que no son tan importantes, distinguir cuales son las variables dependientes e independientes y definir correctamente las ***unidades de medida*** den modelo matemático.

¿Para qué sirve un modelo matemático?

Este tipo de modelos son principalmente usados en **estadística**, ya sea para representar problemas o situaciones del mundo real o para analizar, explicar o describir fenómenos o procesos que podrían ocurrir a la hora de pasar a la práctica. Un ejemplo de modelo matemático popular es lo que ocurrió con el **puente "Del Milenio"** en Londres, que se movía por el flujo de gente que transitaba por él, a partir de ello un grupo de investigadores desarrollo un modelo matemático que consideraba el largo, ancho, así como los materiales que constituyen el puente y basado en ello podría deducirse a partir de qué número de personas la estructura genera un **movimiento oscilatorio**.

Un modelo matemático puede ofrecer respuestas muy acertadas que ayudan a evaluar esas situaciones que ponen en aprietos a muchos, entonces se plantea la pregunta **¿puede responderse matemáticamente?** 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 (Ulloa, et al 2021).

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 estese ha elaborado (Esparza, 2017).

Antecedentes
Los antecedentes sobre el tema se basan principalmente en los desarrollados a partir de la numerización de los fenómenos descritos inicialmente por Arieta (2003) y refinados por Arrieta y Díaz (2015) en los que además de la numerización se ve a la modelación como una práctica social; otra de las bases son las prácticas de análisis de los resultados de la composición de las especies (Nieto, 2006). 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).

Cabe mencionar que en los primeros trabajos sobre aspectos químicos de las especien en la ENIP (Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera), 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
La composición química de los peces varía considerablemente entre las diferentes especies y también entre individuos de una misma especie, dependiendo de la edad, sexo, medio ambiente y estación del año (FAO, 1998).

Los principales constituyentes de los peces y los mamíferos pueden ser divididos en las mismas categorías. En el Cuadro 1 se ilustran ejemplos de las variaciones entre ellos. La composición del músculo de la carne vacuna ha sido incluida para comparación.

Cuadro 1 Principales constituyentes (porcentaje) del músculo de pescado y de vacuno

Constituyente	Pescado (Filete)			Carne vacuna (músculo aislado)
	Mínimo	Variación Normal	Máximo	
Proteínas	6	16 – 21	28	20
Lípidos	0.1	0.2 - 25	67	3
Carbohidratos		<0.5		1
Cenizas	0.4	1.2 – 1.5	1.5	1
Agua	28	66 - 81	96	75

FUENTES: Stansby, 1962; Love, 1970

Como se evidencia en el Cuadro 1, se observa una variación normal substancial en los constituyentes del músculo de pescado. Los valores máximos y mínimos son casos extremos y se encuentran raramente.

Las variaciones en la composición química del pez están estrechamente relacionadas con la alimentación, nado migratorio y cambios sexuales relacionados con el desove. El pez tiene períodos de inanición por razones naturales o fisiológicas (como desove o migración) o bien por factores externos como la escasez de alimento. Usualmente el desove, independientemente de que ocurra luego de largas migraciones o no, requiere mayores niveles de energía. Los peces que tienen energía almacenada en la forma de lípidos recurrirán a ella. Las especies que llevan a cabo largas migraciones antes de alcanzar las zonas específicas de desove o ríos, degradarán -además de los lípidos- las proteínas almacenadas para obtener energía, agotando las reservas tanto de lípidos como de proteínas, originando una reducción de la condición biológica del pez. En adición, muchas especies generalmente no ingieren mucho alimento durante la migración para el desove y por lo tanto no tienen la capacidad de obtener energía a través de los alimentos (FAO, 1998).

Durante los períodos de intensa alimentación, el contenido de proteínas del músculo aumenta hasta una extensión que depende de la cantidad de proteína agotada; por ejemplo, con relación a la migración por el desove. Posteriormente, el contenido de lípidos muestra un marcado y rápido aumento. Después del desove el pez recobra su comportamiento de alimentación y generalmente migra hasta encontrar fuentes adecuadas de alimento. Las especies que se alimentan de plancton, como el arenque, experimentan una variación estacional natural dado que la producción de plancton depende de la estación.

Respecto al valor nutricional, los pescados son una excelente fuente de proteínas de alta calidad y digestibilidad. Las proteínas contienen todos los aminoácidos esenciales9 y son de mayor valor biológico que las de la carne. El pescado es rico en lisina y metionina, por lo que tiene un gran valor en la dieta humana. Una porción de 150 g de pescado puede proporcionar entre un 50 % y un 60 % de las necesidades proteínicas diarias para un adulto2.

Destacan las vitaminas del grupo B y las vitaminas A y D en el caso de pescados grasos. Son buena fuente de minerales como hierro, zinc, calcio, fósforo y selenio. Junto con los mariscos (después de la sal yodada) son los alimentos que más aportan yodo a la dieta. Además, el contenido de sodio en la carne de pescado es relativamente bajo (siempre que sea como filete de pescado fresco), lo cual le hace apropiado para regímenes alimenticios de tal naturaleza4.

Poseen un bajo contenido en grasas saturadas y alto contenido en grasas insaturadas, siendo la principal fuente de ácidos grasos omega 3 de cadena larga (EPA y DHA)4. Estos ácidos grasos han demostrado ser eficaces en el tratamiento y prevención de variadas enfermedades, tales como cardiovasculares, neurodegenerativas, cáncer, enfermedad inflamatoria intestinal, artritis reumatoidea e injuria por isquemia/reperfusión. Siendo importantes para el desarrollo óptimo del cerebro y sistema nervioso del bebé.

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. La propuesta que se presenta 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).

Marco Teórico

Se desarrolla el trabajo teniendo como base a la teoría de la Socioepistemología 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;

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 Matanchén y a partir de ellos se hicieron los análisis químicos para la obtención de los componentes químicos de la especie (Ramos, 2009)

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 análisis numérico o cálculo numérico es la rama de las matemáticas encargada de diseñar algoritmos para simular aproximaciones de solución a problemas en análisis matemático. Se distingue del cómputo simbólico en que no manipula expresiones algebraicas, sino números.

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

Resultados
Se analizaron en el laboratorio de análisis químico 30 muestras correspondientes al periodo enero – junio, capturadas en la Bahía de Matanchén, se procede como se describe en la figura 3:

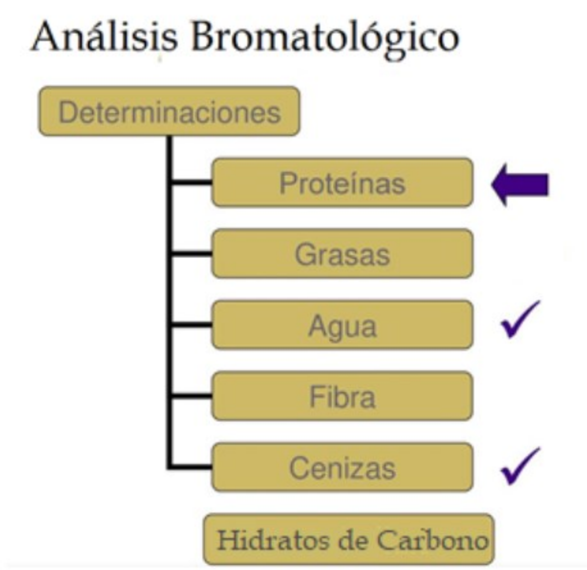

Figura 3. Diagrama de Análisis bromatológico

Una vez realizados los análisis de humedad, cenizas y grasas, se procedió a utilizar los métodos numéricos para determinar la relación multilineal 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, …) de la forma:

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

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:

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

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:

	Proteína	Humedad	Ceniza			Proteína	Humedad	Ceniza
1	17,6	76.833	1.111		26	17,0	85.530	0.9800
2	17,3	77.792	1.000		27	17,3	85.8800	1.01
3	17,1	85.250	1.111		28	18,0	80.750	1.200
4	17,1	85.500	1.056		29	17,7	86.3300	1.040
5	17,3	78.530	1.510		30	17,9	80.300	1.150
.	…	…	…					
.	…	…	…					
.	…	…	…					
.	…	…	…					

Puesto que el modelo propuesto es:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$$

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

Tabla 2. 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	17,6	76.833	1.111	85.361	5903.309	1.234	38,4165	0,5555
2	17,3	77.792	1.000	77.792	6051.595	1.000	155,584	2
3	17,1	85.250	1.111	94.712	7267.562	1.2340	85,25	1,111
4	17,1	85.500	1.056	90.288	7310.250	1.115	57,285	0,70752
…								
…								
Suma	525,100	2436,305	35,998	2916,640	198260,511	44,405	42644,369	630,402
	y_i	x_{1i}	x_{2i}	$x_{1i}x_{2i}$	x_{1i}^2	x_{2i}^2	$x_{1i}y_i$	$x_{2i}y_i$

Sustituyendo en la matriz del sistema, se tiene:

$$\begin{bmatrix} 30 & 2436.305 & 35.998 \\ 2436.305 & 198260.511 & 2916.639 \\ 35.998 & 2916.639 & 44.404 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 525.1 \\ 42644.369 \\ 630.402 \end{bmatrix}$$

Resolviendo se tiene

$a_0 = 16.5505$

$a_1 = 0.00725693$

$a_2 = 0.3028597$

Por lo que el modelo es: ***$y = 16.5505 + 0.00725693x_1 + 0.3028597x_2$***

Es decir: ***Proteína = 16.5505 + 0.00725693 Humedad + 0.3028597 Ceniza***

Su coeficiente de correlación es:

$$r = 0.978$$

$$r^2 = (0.978)^2 = 0.9564$$

Estos resultados nos indican que existe una muy buena correlación y que entre otras cosas el 95.64% de los datos quedan explicados por el modelo.

Discusión

Los modelos obtenidos con base en el análisis numérico al igual que los que se obtiene mediante el uso de software son herramientas que permite hacer las predicciones de fenómenos que tiene utilidad en ciertas comunidades como referente, es indudable que la obtención de todos los componente mediante la realización de los análisis químicos correspondientes son los privilegiados en la actualidad, por lo que, es necesario seguir indagando en las metodologías como la que se propone para llegar a lograr su aceptación. El camino aun se vislumbra largo y requiere de equipos multidisciplinarios a fin de ir afinando los procesos de cálculo. El análisis numérico requiere del uso de herramientas matemáticas no complicadas. No obstante, y tomando la definición de Coeficiente de Correlación: el valor de r denota la fuerza de la asociación como se ilustra en el siguiente diagrama.

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 muy buena, 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 mencioné 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

A pesar de la utilidad que pueden tener los modelos en la predicción, la propuesta de los mismo debe realizarse utilizando de manera correcta las diferentes metodologías y algo que se importante es que los modelos no son únicos ni para una región, ni para una especie. Estos deben calcularse para cada caso en particular ya que, como los citó Munguía, 2004, en 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.

La modelación es una actividad propia de muchas comunidades de prácticas entre ellas la comunidad en la que se realiza el estudio y se pone de manifiesto el estudio de las matemáticas y en su caso la utilización correcta de calculadoras o softwares adecuados, lo que en la experiencia del grupo sólo es recomendable para profesionistas en ejercicio y no para estudiantes, ya que éstos deben aprender el significado no sólo de los fenómenos, sino relacionarlos con los parámetros de los modelos para analizar su significado e influencia.

En este estudio la obtención de modelos de múltiples variables permite, en un primer estadio reconocer los valores de aproximación en un modelo general, pero a su vez con es os datos modificar las condiciones del proceso para recoger resultantes distintos y llegar a un consumo óptimo de recursos (Ulloa, et al. 2019).

Referencias Bibliográficas

Arrieta, J. (2003). Las prácticas de modelación como proceso de matematización en el aula.

Disertación doctoral publicada, Cinvestav, México.

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 através de la actividad humana. Revista Latinoamericana de Investigación en MatemáticaEducativa 4 (2), 103-128

Cordero, F. (2005). El rol de algunas categorías del conocimiento matemático eneducación superior. Una socioepistemología de la integral. Revista Latinoamericana deInvestigación en Matemática Educativa8 (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

FAO. (1992). AGROSTAT. Hojas de balance de alimentos

FAO. (1998). El Pescado Fresco: Su Calidad y Cambios de su Calidad. FAO documento tecnico de pesca 348

Garritz, A. y Rincón, C. (1997). Capricho valenciano (III). Valencia y números de oxidación. Corolario para docentes. *Educación Química* 8 (3), 130-140

ISIT. (2021). Especie: Cynoscion parvipinnis, Corvina de aleta corta. Consultado el 16 de agosto de 2021. https://biogeodb.stri.si.edu/sftep /es/thefishes/species/1523

Love, R.M. (1970). The Chemical Biology of Fishes. Academic Press. London.

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

Ramos, J. (2009). Modelos matemáticos asociados a la composición proximal del *Ortoprisits Chalceus* (Burrito) y *Cynoscion Parvipinnis* (Curvina). Tesis de Licenciatura no publicada. Universidad Autónoma de Nayarit.

Rodríguez, M. (2011). La matemática y su relación con las ciencias como recurso pedagógico. Números, Revista de Didáctica de las Matemáticas, 77, 35–49

Stansby, M.E. (1962). Proximate composition of fish. In: E. Heen and R. Kreuzer (ed.) Fish in nutrition, Fishing News Books Ltd., London, 55-60.

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.: Nieto, J., Ortega, M.; Flores, J.; Arrieta, J. (2019). Regresión multilineal 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 Micropterus Salmoides (Lacépède, 1802). Acta Pesquera, Vol. 6, No. 11. Universidad Autónoma de Nayarit

Ulloa, J., Ramos, D., Uribe, N., Flores, J., Ortega, M. (2021). Análisis numérico para determinar modelos asociados a la composición proximal de corvina (Cynoscion Parvipinnis) . Acta

Pesquera V. 7, No. 13 Escuela Superior de Ingeniería Pesquera. Universidad Autónoma de Nayarit.

Ulloa, J.: Nieto, J., Ortega, M.; Flores, J.; Arrieta, J. (2019). Regresión multilineal como apoyo a los análisis proximales. Acta Pesquera Vol. (5), No. 9. Universidad Autónoma de Nayarit.