

Modelación Matemática en Biología Pesquera por medio de Calc

José Trinidad Ulloa Ibarra¹, David Zamora Caloca¹, María Inés Ortega Arcega¹, Jaime Arrieta Vera²

¹ Universidad Autónoma de Nayarit

² Universidad Autónoma de Guerrero

Recibido: 02 de febrero de 2018

Aceptado: 07 de mayo de 2018

Resumen.

Los modelos matemáticos son una forma de intentar predecir el resultado probable de una situación compleja. Desde el clima, el mercado de valores y los modelos de la física, la química y por supuesto de la biología pueden recurrir al uso de modelos matemáticos para determinar un rango de resultados más probables. Determinar esos modelos por medio de hojas de cálculo tales como Excel, o Calc puede llevar a obtener muy buenos resultados ya que las hojas de cálculo cuentan con funciones que permiten varias ecuaciones de modelos, y otro tipo de cálculo como la desviación estándar y la distribución normal. Determinar la función o funciones correctas para un modelo generalmente puede lograrse con el uso de ellas.

Palabras clave: Modelación, hojas de cálculo, biología, pesca

Abstract

Mathematical models are a way of trying to predict the likely outcome of a complex situation. From the climate, the stock market and the models of physics, chemistry and of course biology can resort to the use of

mathematical models to determine a range of more likely outcomes. Determining these models by means of calculation sheets such as Excel, or Calc can lead to very good results since spreadsheets have functions that allow several model equations, and another type of calculation such as standard deviation and distribution. normal. Determining the correct function or functions for a model can usually be achieved with the use of them.

Key words: Modeling, spreadsheets, biology, fishing

Introducción.

Durante muchos años, el alcance de las hojas de cálculo (Excel, Calc y otras) era la resolución de problemas de contabilidad, sin embargo, gracias a su interfaz amigable y su facilidad de uso, su aplicación se ha extendido hacia diferentes campos de la ciencia (Cheetaneri y Cheng, 2009). En la literatura, se encuentra una gran diversidad de investigación enfocada en usar Excel como herramienta computacional para adquisición de datos (Aliane, 2010), educación medioambiental (El-Fadel et al., 2004), aplicaciones en ingeniería eléctrica (Chehab et al., 2004, Hill, 1990), aplicaciones en ingeniería mecánica (Cheetaneri y Cheng, 2009, Lowry y Shaun, 2010) entre otras.

La primera Hoja de Cálculo (VisiCalc) fue inventada por Dan Bricklin en 1979 y funcionaba en un computador Apple II. VisiCalc fue considerada en ese entonces como un software de “cuarta generación” que permitía a quienes realizaban proyecciones financieras la posibilidad de recalcular automáticamente toda la hoja de trabajo en el momento en que se cambiaba cualquier valor.

Al utilizar las hojas de cálculo los estudiantes tienen una mayor comprensión de las funciones y les facilita el trabajo y se hace más interesante, este programa facilita el trabajo de las empresas, como los bancos ya que tienen que hacer muchas cuentas y que unas personas meten dinero, pero les restan un porcentaje de lo que metieron, y luego retiran una parte y gracias con las poderosas hojas de cálculo se les facilita.

Las hojas de cálculo tienen mucho en común con las funciones matemáticas ya que este programa requiere de las funciones.

Existen una gran cantidad de aplicaciones que permiten trabajar con este formato de documentos, siendo las más populares las siguientes:

- Microsoft Excel (Incluida en el Paquete Office)
- Lotus 1-2-3 (con el respaldo de IBM)
- Corel Quattro Pro (Formando parte del paquete Corel WordPerfect Office)
- Calc (parte de la suite de aplicaciones OpenOffice)
- KSpread (parte de las herramientas incluidas en KOffice para el sistema operativo Linux)

Entre las ventajas que reporta el uso de la hoja electrónica de cálculo se pueden mencionar las siguientes:

- Permite desarrollar conceptos matemáticos importantes.
- Es posible diseñar una experiencia didáctica para el aprendizaje de un tópico particular.
- Permite plantear un problema matemático para su solución.
- Se puede construir un modelo matemático y usarlo en la enseñanza de las ciencias.

- Facilita la resolución de problemas de la vida cotidiana (depósitos en bancos, compras en supermercados, etcétera).

¿Cuáles son las ventajas específicas de una hoja electrónica de cálculo?

En primer lugar, debe considerarse que permite hacer muchos cálculos repetitivos de manera instantánea. Aunque una calculadora es una herramienta más adecuada para este propósito, la hoja de cálculo tiene otras virtudes:

- La situación que queremos describir o el problema que debemos resolver puede ordenarse en columnas; cada una de estas columnas representa una de las variables de la situación.
- A cada columna se le puede asignar una cabeza o título para no perder de vista qué cantidad o variable se está representando.
- Es posible designar cantidades especiales (parámetros) para que puedan variarse fácilmente y observar su efecto.
- Permite el empleo de fórmulas sencillas para relacionar las columnas o las celdas subsecuentes.
- Pone a nuestro alcance tablas de valores y sus gráficas correspondientes

Antecedentes

El interés por desarrollar un modelo radica en la posibilidad de reproducir un fenómeno o predecir el funcionamiento de un sistema. Los modelos pueden ser robustos, empíricos o de tipo caja negra, dependiendo del tipo de información disponible acerca del problema a resolver y de la experiencia y formación profesional del modelador.

En la profesión de químicos farmacéuticos encontramos el modelado matemático por medio de Excel y Calc, (Valderrama y Mariano 1995) específicamente las utilizan para:

- Estudio de valoraciones ácido fuerte-base fuerte (métodos de las derivadas, método de Gran, etc.)
- Comparación entre distintas formulaciones de un medicamento.
- Determinación de la constante de los gases ideales.
- Isoterma de un proceso de adsorción.
- Estimación de un modelo de Michaelis-Menten para una reacción enzimática.
- Inferencia sobre el modelo de recuento de partículas radiactivas...

En la modelación y simulación de sistemas térmicos también encontramos el uso de las hojas cálculo (Mendoza, Belman y Navarro, 2013). Con relación a la modelación matemática en el área de la pesca y la acuicultura, son escasas las aportaciones que se encuentran con uso de las hojas de cálculo, cabe destacar que Ulloa, Benítez y Rodríguez (2008) proponen la utilización de Excel para modelar datos de poblaciones de peces, describiendo de manera detallada dos vías para llegar a modelos matemáticos. También Ulloa, Ortega, Benítez y Rodríguez 2015, afirman que Excel tiene predefinidos una serie de modelos que pueden utilizarse con seguridad, ya que además de presentar el gráfico de ajuste, muestra si se activa, el coeficiente de correlación.

El procedimiento consiste en seleccionar un gráfico de dispersión, con los datos iniciales, colocando las etiquetas adecuadas para cada uno de los ejes, dar clic sobre uno de los puntos y seleccionar agregar línea de

tendencia, activar la opción exponencial y las cajas de presentar ecuación y el valor de R.

Existen algunos trabajos que utilizan GeoGebra tanto en sus ventanas gráfica y algebraica como en la hoja de cálculo de este, Ulloa, Arrieta y Benítez 2015; Ulloa, Grijalva, Arrieta y Ortega 2017 afirman que entre las ventajas que presente el GeoGebra además de la actualización continua que se hace del mismo está la de contar con la posibilidad de trabajar con una hoja de cálculo semejante a la de Excel, se pueden introducir los valores observados y utilizar las herramientas de ésta parte del programa, aunque en este último caso solo para los modelos predefinidos en el programa: Lineal, Log, Polinomio, Potencia, Exponencial, Crecimiento, Sen, Logística; además queda establecido que con el uso de software es posible construir modelos matemáticos de una cierta situación y estudiarlos en forma global o analizar la influencia de los diferentes parámetros involucrados, de igual forma se pueden analizar dos o tres de sus representaciones, a saber, una representación pictórica (un dibujo geométrico), una representación gráfica (la gráfica de una función) y una representación algebraica (la ecuación de una función); es decir es posible visualizar tres de las representaciones posibles de los modelos.

Justificación

A la hora de elegir una aplicación informática dirigida al cálculo matemático y a la visualización de datos experimentales, podrían haberse considerado un gran número de candidatas. Sin embargo, una hoja de cálculo reúne una serie de peculiaridades interesantes, que la convierten en una de las primeras de la lista de aplicaciones informáticas de cálculo.

Entre dichas características, podemos señalar las siguientes:

1. Las hojas de cálculo no requieren un tiempo excesivo para el aprendizaje de su manejo a nivel básico.
2. La mayoría de las hojas de cálculo, aunque con diferencias sustanciales en sus interfaces, presentan similitudes entre ellas en lo relativo a la filosofía de funcionamiento. Así, al menos a un nivel básico, un usuario de una hoja de cálculo podría convertirse con un poco de esfuerzo en potencial usuario de cualquier otra hoja de cálculo.
3. Las hojas de cálculo están muy extendidas entre los distintos sistemas operativos disponibles en PCs, en particular en el sistema Windows, omnipresente en la actualidad. De hecho, es muy habitual que un ordenador disponga instalado un paquete ofimático, en el que se encontrara, probablemente, una hoja de cálculo entre las aplicaciones que lo integran. Además, atendiendo al coste económico por su utilización, existe la posibilidad de elegir entre hojas de cálculo comerciales y de libre disposición (freeware), pasando por otras situaciones intermedias en cuanto a la licencia de usuario.
4. Las hojas de cálculo proporcionan un alto grado de versatilidad, pues permiten al usuario realizar una gran diversidad de tareas, ya sean cálculos matemáticos o representaciones gráficas de datos. Además, la mayoría de hojas de cálculo disponen de un interfaz que facilita en gran medida su manejo. Esto hace de las hojas de cálculo herramientas muy interesantes, en las que podemos encontrar tareas como la aplicación de fórmulas matemáticas, estimación de modelos, representaciones

gráficas de datos experimentales, representaciones de funciones, etc.

A pesar de la dificultad asociada al considerar dos hojas de cálculo distintas, se ha creído necesario incluir, por un lado, la hoja de cálculo Calc, siguiendo la línea del software libre (free software, en inglés) mantenida por la política de ahorro económico.

Objetivo General

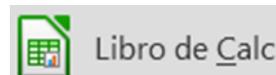
Aplicar la hoja de cálculo (Calc) de Open Office para la elaboración de modelos del área biológico - agropecuaria - pesquera, describiendo pasos a paso el procedimiento y de esta manera se facilita el manejo de Calc, como herramienta de cálculo matemático y de visualización de datos experimentales.

Metodología

Se plantea proponer un modelo para los datos siguientes que corresponden.

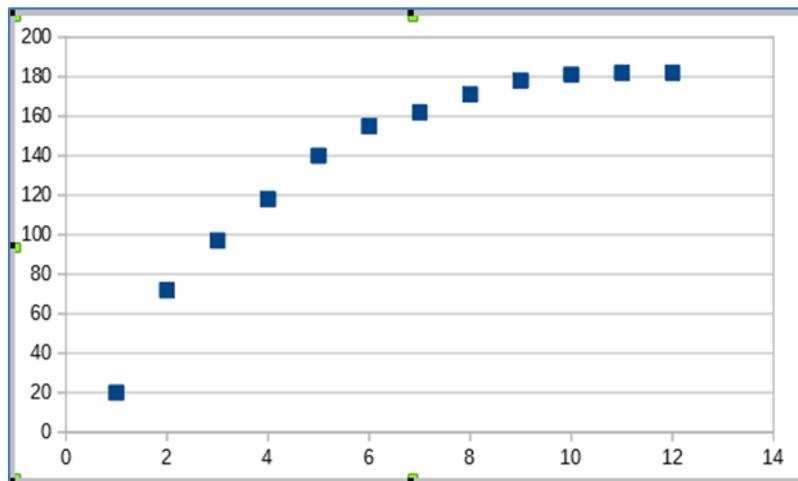
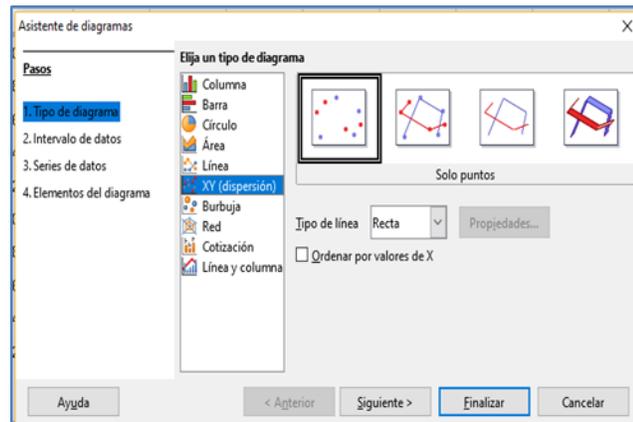
Los datos de crecimiento del *Litopenaeus stylirostris* se dan en la tabla que sigue:

meses	1	2	3	4	5	6
L (mm)	20	72	97	118	140	155
	7	8	9	10	11	12
	162	171	178	181	182	182



1. Se introducen los datos en hoja de Calc, se marcan las columnas que se desean relacionar y se grafican (gráfico de xy de dispersión). Se observa el comportamiento del gráfico para definir el tipo de ecuación que modelará los datos.

	A	B	C
1			
2	meses	L (mm)	
3	1	20	
4	2	72	
5	3	97	
6	4	118	
7	5	140	
8	6	155	
9	7	162	
10	8	171	
11	9	178	
12	10	181	
13	11	182	
14	12	182	
15			



¿Cómo podemos modelar estos datos matemáticamente?

Puesto que parece que los puntos se encuentran más o menos a lo largo de una curva sigmoideal, podemos intentar ajustar una de ellas para aproximar los puntos de la gráfica de dispersión. En otras palabras, podemos utilizar una función logística como nuestro modelo.

¿Cuál es la curva de mejor ajuste? ¿De qué manera obtenemos una curva que ajuste mejor los datos?

Por razones técnicas es más conveniente obtener la curva donde es más pequeña la suma de los cuadrados de estas distancias. La curva se conoce como de regresión o la curva de los cuadrados mínimos.

Modelación matemática por medio de Calc

Utilizando Calc, se tienen que seguir el siguiente procedimiento:

1. Escribir los datos en dos columnas (columna A y columna B). Partiendo de A3,
2. Marcarlos y enseguida seleccionar la opción Insertar de la barra de comandos y luego seleccionar Gráfico (o bien dar un clic sobre el icono de Gráfico). En el cuadro de diálogo que aparece seleccione XY (Dispersión) y de un clic en el botón Finalizar.
3. Dado que la nube de datos se parece a una curva logística, utilizaremos la ecuación:

$$f(x) = \frac{K}{1 + A * e^{-Bx}}$$

4. En la celda C3 cargue la fórmula a utilizar de la siguiente manera:

$$= k / (1 + a * \exp(-b * A1))$$

5. Copie esa fórmula en el resto de las celdas

The screenshot shows the Calc spreadsheet interface. The formula bar at the top displays the formula $=k/(1+a*EXP(-b*A1))$ for cell C3. The spreadsheet data is as follows:

	A	B	C
1			
2	meses	L (mm)	
3	1	20	#¿NOMBRE?
4	2	72	#¿NOMBRE?
5	3	97	#¿NOMBRE?
6	4	118	#¿NOMBRE?
7	5	140	#¿NOMBRE?
8	6	155	#¿NOMBRE?
9	7	162	#¿NOMBRE?
10	8	171	#¿NOMBRE?
11	9	178	#¿NOMBRE?
12	10	181	#¿NOMBRE?
13	11	182	#¿NOMBRE?
14	12	182	#¿NOMBRE?
15			

6. En las celdas D3 a D5 escriba los parámetros k, a y b de la ecuación.

The screenshot shows the Calc spreadsheet with the data table and parameters defined in column D:

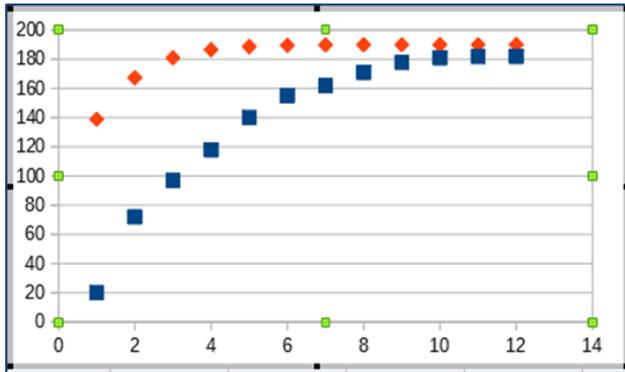
	A	B	C	D
1				
2	meses	L (mm)		
3	1	20	#¿NOMBRE?	k
4	2	72	#¿NOMBRE?	a
5	3	97	#¿NOMBRE?	b
6	4	118	#¿NOMBRE?	
7	5	140	#¿NOMBRE?	
8	6	155	#¿NOMBRE?	
9	7	162	#¿NOMBRE?	
10	8	171	#¿NOMBRE?	
11	9	178	#¿NOMBRE?	
12	10	181	#¿NOMBRE?	
13	11	182	#¿NOMBRE?	
14	12	182	#¿NOMBRE?	
15				

7. Coloque el cursor en la celda E3 presione las teclas Ctrl F3, de clic en añadir, escriba k, luego en aceptar para definir el nombre k. Repita el procedimiento en la celda E4 y E5 para los parámetros a, b.

The screenshot shows the Calc spreadsheet with the data table and parameters defined in column D. The formula bar at the top displays the formula $=k/(1+a*EXP(-b*A1))$ for cell E3. The spreadsheet data is as follows:

	A	B	C	D
1				
2	meses	L (mm)		
3	1	20	0	k
4	2	72	0	a
5	3	97	0	b
6	4	118	0	
7	5	140	0	
8	6	155	0	
9	7	162	0	
10	8	171	0	
11	9	178	0	
12	10	181	0	
13	11	182	0	
14	12	182	0	
15				
16				

8. De doble clic sobre el gráfico y luego clic derecho, en el intervalo de datos cambie: \$Hoja1.\$A\$3:\$B\$14 por \$Hoja1.\$A\$3:\$C\$14



Automatización del proceso (método de mínimos cuadrados).

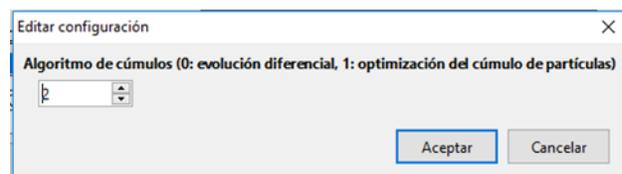
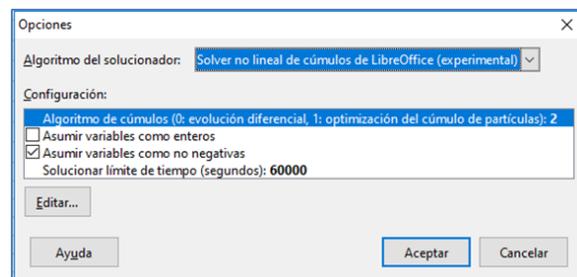
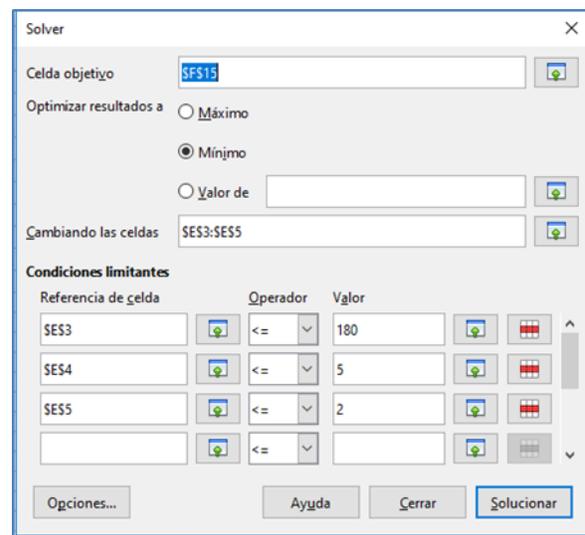
9. Cree una nueva columna con la diferencia cuadrada de los datos obtenidos en las celdas B y C. Coloque en el cursor en F3 y teclee = (B3 - C3)^2. Copie esta fórmula en el resto de la columna.

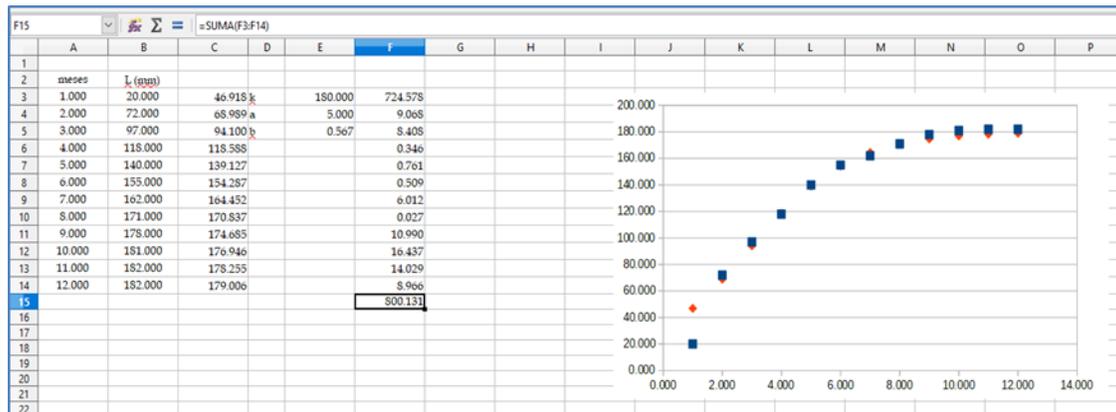
	A	B	C	D	E	F
1						
2	meses	L (mm)				
3	1	20	138,9011299	k	190	14137,4787
4	2	72	167,3514448	a	1	9091,898028
5	3	97	180,9890841	b	1	7054,166247
6	4	118	186,5826201			4703,575781
7	5	140	188,7283583			2374,452905
8	6	155	189,5302016			1192,334823
9	7	162	189,8269003			774,3363788
10	8	171	189,9362835			358,5828319
11	9	178	189,9765555			143,4378704
12	10	181	189,9913744			80,84481369
13	11	182	189,9968267			63,94923775
14	12	182	189,9988326			63,98132307
15						
16						

10. En la celda F603, calcule la suma de las diferencias de los cuadrados

	A	B	C	D	E	F
1						
2	meses	L (mm)				
3	1	20	138,9011299	k	190	14137,4787
4	2	72	167,3514448	a	1	9091,898028
5	3	97	180,9890841	b	1	7054,166247
6	4	118	186,5826201			4703,575781
7	5	140	188,7283583			2374,452905
8	6	155	189,5302016			1192,334823
9	7	162	189,8269003			774,3363788
10	8	171	189,9362835			358,5828319
11	9	178	189,9765555			143,4378704
12	10	181	189,9913744			80,84481369
13	11	182	189,9968267			63,94923775
14	12	182	189,9988326			63,98132307
15						40039,03894

11. En la celda del punto anterior de clic en Herramientas, Solucionador, luego de clic en la casilla Mínimo, asegúrese que la celda objetivo tenga la suma de las diferencias de los cuadrados, enseguida en la opción Cambiando las celdas, seleccione E3 a E5, luego vaya a Opciones y Escoja Algoritmo solucionador, Solver no lineal de cúmulos de LibreOffice, Aceptar





Por lo que el modelo es:

$$f(x) = \frac{180}{1 + 5 * e^{-0.567x}}$$

Conclusiones

Las nuevas tecnologías requieren un acercamiento diferente, basado en el planteamiento de problemas y la interacción con las herramientas tecnológicas. Si bien la hoja de cálculo puede utilizarse para resolver muchos problemas, muchas veces el enfoque resulta diferente del usual, ya que las técnicas para plantear un problema con y sin la hoja de cálculo son distintas. Por ejemplo, una función lineal puede plantearse mejor en una hoja de cálculo cuando se aborda con base en sus cambios (lineal = cambios constantes). En general, el trabajo que se realiza con la hoja de cálculo muestra que ésta es una herramienta adecuada para la realización de las relaciones recursivas. Otro tema que se adapta sin problemas a la hoja de cálculo es el de las funciones exponenciales, cuando se emplean para establecer un modelo de una situación real.

La utilización de un software diferente requiere de un análisis detallada de cada una de las herramientas presentes y posteriormente su ade-

cuación al problema que se desea resolver. Calc presenta diferencias significativas con relación a la hoja de cálculo clásica; el Excel, sin embargo, en la actualidad Office se tiene como una plataforma de paga por lo que la compra de licencias es algo que no se tiene con LibreOffice, por lo que el tiempo que se utilice para su aprendizaje es algo que compensa lo anterior.

Referencias Bibliográficas

- Aliane, N. 2010. Data acquisition and real-time control using spreadsheets: Interfacing Excel with external hardware. *ISA T.* 49, 264-269.
- Cheetanteri, G.; Cheng, H. 2009. Spreadsheet-based interactive design and analysis of mechanism using Excel and Ch. *Adv. Eng. Softw.* 40, 274-280.
- Chehab, A., El-Hajji, A., Al-Husseini, M., Artail, H. 2004. Spreadsheets in electrical engineering: A review. *Int. J. Engng. Ed.* 20, 902-908.
- El-Fadel M., Bsat R., Adada M. 2004. Use of spreadsheets in environmental education: An application for solid waste management. *Int. J. Engng. Ed.* 20, 909-919.

- Hill A. 1990. Using a spreadsheet program for frequency response analysis. *ISA T.*, 29 (59-70).
- Lowry G., Thomas S. 2010. Spreadsheet-based calculation tool for direct daylight illuminance adaptable for different glazing properties and sky models. *Build. Environ.* 45, 1081-1086.
- Mendoza J.; Belman J.; Navarro J.. 2013. Manejo de Microsoft Excel en el modelado y simulación de sistemas térmicos. Memorias del XXVIII congreso nacional de termodinámica y tercer simposio nacional de fisicoquímica. Pp 561 - 570
- Ulloa, J.; Benítez, A.; Rodríguez, G. 2008. Modelos Alométricos e Isométricos en Mojarra y Lobina con apoyo de tecnología. *Acta Pesquera No. 1*, pp 67 - 82
- Ulloa, J.; Ortega, M.; Rodríguez, G.; Benítez, A. 2015. Modelos matemáticos no lineales del crecimiento de la Carpa común (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758). *Acta Pesquera 2*, pp 44 - 54
- Ulloa, J.; Arrieta, J.; Benítez, A. 2015. Alternativas para la elaboración de modelos matemáticos. *Acta Pesquera 1* impresa, pp 42, 57
- Ulloa, J.; Grijalva, F.; Arrieta, J.; Ortega. 2017. Tratamiento del modelo de Richards. *Acta Pesquera impresa 6*, pp 51 - 59
- Valderrama, B.; Mariano J. (1995), Modelos Matemáticos en las Ciencias Experimentales. Ediciones Pirámide, Madrid.

