

Software to study the speed and acceleration of growing and developing of biological systems in the time (Pro-Vel-Ac). Technical note

Programa para estudiar la velocidad y aceleración del crecimiento y desarrollo de sistemas biológicos en el tiempo (Pro-Vel-Ac). Nota técnica

Yaneilys García Avila, Mildrey Torres Martínez, Yolaine Medina Mesa, Sarai Gómez Camacho and A. Mejías Caba

Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba
Email: feygarciaa@ica.edu.cu

Yaneilys García Avila: <https://orcid.org/0000-0003-0126-6233>

Mildrey Torres Martínez: <https://orcid.org/0000-0001-7942-0195>

Yolaine Medina Mesa: <https://orcid.org/0000-0003-0869-2665>

Sarai Gómez Camacho: <https://orcid.org/0000-0001-9248-8143>

A. Mejías Caba: <https://orcid.org/0000-0002-1787-0868>

The design and develop of a software to study the speed and acceleration of growing and developing of biological systems in the time (Pro-Vel-Ac) is showed with the objective of support the researchers performed by the experts in the study of the biological systems evolution. For the implementation of this software, Microsoft Office Excel 2007 was used. The estimation of the speed and acceleration was based on the calculation of the average variation rates. The local maximum and minimum were estimated from the mathematical concepts of the calculation of the critical and inflection points of a function. The software has three sheets: data input, analysis and graphs. It is concluded that Pro-Vel-Ac provides the analysis of data because calculate and illustrate its speed and acceleration without needing a mathematical model. Inform about the estimated time in which the critical points of the growing speed occurs. Also, generate a table that summarizes the characteristics of data, allowing knowing the biological process in study.

The biological growing is defined as the increase of an organism's size or of the parts which is made it until their stabilization in the adulthood (Castro-Ochoa 2020). The biological developing is the process through this a cell turn into a creature made up by an innumerable cells with different functions. This term also make reference to the progression of vital stages an organism pass from fecundation to senescence.

The growing as the developing is the result of complex changes which occurs in live systems. The growing is just quantitative, while the developing can be quantitative and qualitative (Castro-Ochoa 2020).

The biological growing curves have a non linear performance and can have several of the fallowing phases: lag, acceleration, exponential, deceleration, asymptotic and died (Ortega-Monsalve *et al.* 2021).

Se presenta el diseño y desarrollo de un programa para estudiar la velocidad y aceleración del crecimiento y desarrollo de sistemas biológicos en el tiempo (Pro-Vel-Ac) con el objetivo de apoyar las investigaciones que realizan los expertos en el estudio de la evolución de los sistemas biológicos. Para la implementación del programa se utilizó Microsoft Office Excel 2007. La estimación de la velocidad y aceleración se basó en el cálculo de las tasas de variación medias. Los máximos y mínimos locales se estimaron a partir de los conceptos matemáticos del cálculo de los puntos críticos y de inflexión de una función. El programa tiene tres hojas: entrada de datos, análisis y gráficas. Se concluye que Pro-Vel-Ac facilita el análisis de los datos porque calcula y grafica su velocidad y aceleración sin necesidad de un modelo matemático. Informa acerca del tiempo aproximado en que se producen los puntos críticos de la velocidad de crecimiento. Además, genera una tabla que resume las características de los datos, lo que permite conocer mejor el proceso biológico en estudio.

El crecimiento biológico se define como el aumento del tamaño de un organismo o de las partes que lo constituyen hasta su estabilización en la edad adulta (Castro-Ochoa 2020). El desarrollo biológico es el proceso por el cual una sola célula se convierte en una criatura compuesta por una infinidad de células con funciones distintas. Este término también hace referencia a la progresión de estadios vitales por los que pasa un organismo desde la fecundación hasta la senescencia.

El crecimiento como el desarrollo son el resultado de cambios complejos que ocurren en los sistemas vivos. El crecimiento es meramente cuantitativo, mientras que el desarrollo puede ser cuantitativo y cualitativo (Ayala-Vargas 2018).

Las curvas de crecimiento biológico tienen un comportamiento no lineal y pueden presentar varias de las fases siguientes: lag, aceleración, exponencial,

Generally, sigmoid mathematical models that allow summarizing the observed performance in parameters are used (Rodríguez *et al.* 2013). However, the analysis of speed and acceleration from the models is a more complex task for the researchers.

In the field of research, different statistical programs to model and processing the data are used. These software needs the choice of a mathematical equation to estimate the model indicators. Later the research should derive the equation once and once again to obtain the performance of the speed and acceleration, respectively. This procedure has as disadvantage that an inadequate selection of the mathematical model involves an incorrect description of the speed and acceleration of the biological phenomenon in study. Another disadvantage is that the mathematical models most common to describe the biological growing have an only local maximum, while speed of the data set can have more than one and even, can have several local minimums.

There was not either an specialized informatics tool, able to calculate and illustrate the speed and acceleration of data without needing a mathematical model, that estimate, in turn, the estimated time in which occurs the maximums, minimums and inflection points of the phenomenon in study. That is why in the Departamento de Bioestadística Aplicada at the Instituto de Ciencia Animal an informatics system to study the speed and acceleration of growing and developing of biological system in time was designed and developed.

The development range Microsoft Office Excel 2007 was used, which has a friendly platform, usual among researchers with numerous options, formula and logical operators that make the implementation process easy. To determine the estimated performance of speed and acceleration of the data set, Pro-Vel-Ac is based on the calculation of the average variation rate (figure 1). This is the slope of the line that passes through the abscissa points t and $t+h$. The h value corresponds with the absolute value of the difference between the execution time of the measure and the next one. It is important to highlight that when the measurements are not taken evenly spaced and the time between them is lengthened, h increases and the approximations are less exacts. However, with these concepts it is possible to have an approximate image of the real speed of data, especially when “ h ” is small. Similarly, acceleration can be calculated by performing the same procedure at the approximate point velocities.

To determine the local maximums and minimums, the procedures for calculating the critical and inflection points were used (González and Llamas 2017). They state that there is a local maximum of the function f' at point “ a ” if: $f'(a) = 0$ and $f''(a) < 0$ and there is a local minimum at point “ a ”, if: $f'(a) = 0$ and $f''(a) > 0$. On the

desaceleración, asintótica y muerte (Ortega-Monsalve *et al.* 2021). Generalmente, se utilizan modelos matemáticos sigmoidales que permiten resumir el comportamiento observado en parámetros (Rodríguez *et al.* 2013). Sin embargo, el análisis de la velocidad y aceleración a partir de los modelos resulta una tarea más compleja para los investigadores.

En el ámbito científico, se utilizan diferentes programas estadísticos para modelar y procesar los datos. Estos programas informáticos necesitan de la elección de una ecuación matemática para estimar los parámetros del modelo. Luego, el investigador debe derivar la ecuación una y otra vez para obtener el comportamiento de la velocidad y aceleración, respectivamente. Este procedimiento tiene como desventaja que una selección inadecuada del modelo matemático implica la incorrecta descripción de la velocidad y aceleración del fenómeno biológico en estudio. Otra desventaja es que los modelos matemáticos más comunes para describir el crecimiento biológico tienen un solo máximo local, mientras que la velocidad del conjunto de datos puede tener más de uno e inclusive, puede tener varios mínimos locales.

Tampoco se encontró una herramienta informática especializada, capaz de calcular y graficar la velocidad y aceleración de los datos sin necesidad de un modelo matemático, que estime, a su vez, el tiempo aproximado en el que ocurren los máximos, mínimos y puntos de inflexión del fenómeno en estudio. Es por ello que en el departamento de bioestadística aplicada del Instituto de Ciencia Animal se diseñó y desarrolló un sistema informático para estudiar la velocidad y aceleración de crecimiento y desarrollo de los sistemas biológicos en el tiempo.

Se utilizó el entorno de desarrollo Microsoft Office Excel 2007, que tiene una plataforma amigable, común entre los investigadores y con numerosas opciones, fórmulas y operadores lógicos que hacen fácil el proceso de implementación. Para determinar el comportamiento aproximado de la velocidad y aceleración del conjunto de datos, Pro-Vel-Ac se basa en el cálculo de la tasa de variación media (figura 1). Esto no es más que la pendiente de la recta que pasa por los puntos de abscisas t y $t + h$. El valor de h se corresponde con el valor absoluto de la diferencia entre el tiempo de realización de una medición y la siguiente. Es importante señalar que cuando las mediciones no se toman de forma equiespaciadas y se alarga el tiempo entre ellas, la “ h ” aumenta y las aproximaciones son menos exactas. No obstante, con estos conceptos se puede tener una imagen aproximada de la velocidad real de los datos, especialmente cuando “ h ” es pequeña. De igual manera, se puede calcular la aceleración al realizar el mismo procedimiento a las velocidades puntuales aproximadas.

Para determinar los máximos y mínimos locales, se utilizan los procedimientos del cálculo de los puntos críticos y de inflexión (González y Llamas 2017). Estos plantean que existe un máximo local de la función f' en el punto “ a ” si: $f'(a) = 0$ y $f''(a) < 0$ y existe un mínimo local en el punto “ a ” si: $f'(a) = 0$ y $f''(a) > 0$. Por otra parte,

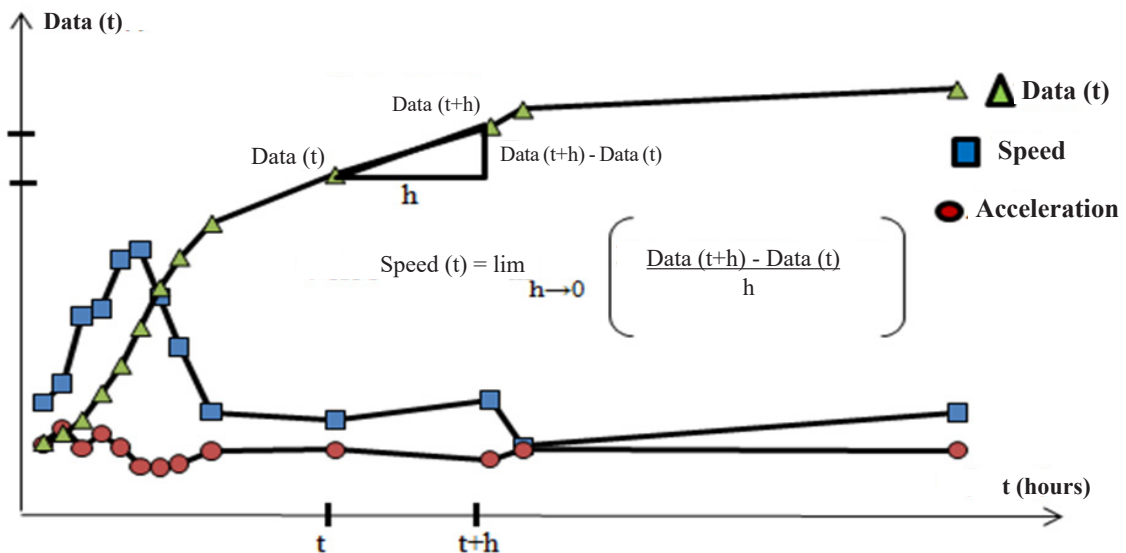


Figure 1. Performance of growing data: speed and acceleration calculated by means of the average variation rates of the studied data footprint

other hand, if f' is derivable at point “a”, $f''(a) = 0$ and $f'''(a) \neq 0$, there is an inflection point at “a”.

To access Pro-Vel-Ac, users must have a computer running Microsoft Windows XP or newer versions of the operating system, Microsoft Excel 97 newer versions. Then, they must copy and open the Pro-Vel-Ac file, in Excel format (xls).

When starting Pro-Vel-Ac the sheet data input appears (figure 2), from which you can see the name of the other sheets analysis and graphs. The only sheet that can be edited is the data input. Here it should introduce the numerical data of the variable to be studied in the time. The measurement unit of the variable should be homogeneous.

sí f' es derivable en el punto “a”; $f''(a) = 0$ y $f'''(a) \neq 0$; existe un punto de inflexión en “a”.

Para acceder a Pro-Vel-Ac, los usuarios deben contar con un ordenador con un sistema operativo Microsoft Windows XP o versiones más actuales, Microsoft Excel 97 o versiones más actuales. Luego, deben copiar y abrir el archivo Pro-Vel-Ac en formato Excel (xls).

Al iniciar Pro-Vel-Ac aparece la hoja entrada de datos (figura 2), desde la cual se puede ver el nombre de las otras hojas análisis y gráficas. La única hoja que se puede editar es la de entrada de datos. Aquí se deben introducir los datos numéricos de la variable a estudiar en el tiempo. Las unidades de medida de las variables deben ser homogéneas.

Data	
Time	Growing and developing variable (Y)
1	2
2	3
3	5
4	16
5	32
6	64
7	128
8	192
9	256
10	320
11	400
12	448
13	467
14	483
15	498

Introduced data:	
Number of points	15.0
Average value of Y	13.5

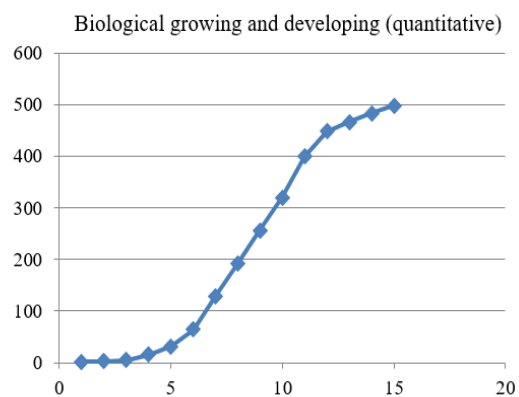


Figure 2. Sight of the Pro-Vel-Ac options. Data input sheet

Once the values are filled, the application calculates the average variation rates as punctual and approximates indicators of the derivatives from the data set. The

Una vez que se llenan los valores, la aplicación calcula las tasas medias de variación como indicadores puntuales y aproximados de las derivadas del conjunto

first, second, third and fourth derivate of the data are estimated. With these results, Pro-Vel-Ac showed in the speed row, of the analysis sheet (figure 3), the moments in which the critical points of speed were reached and it is specified if it is a local maximum or minimum. These critical points are probable inflection points of the variable under study. In the analysis sheet is also provide a summarize outlet table with some characteristics of the analyzed data: average speed, maximum speed, minimum speed, asymptotic, critical points, among others.

The graphics sheet shows the performance of the speed and acceleration of the growing and developing variable. Figure 4 show an example.

de datos. Se estiman la primera, segunda, tercera y cuarta derivada de los datos. Con estos resultados, Pro-Vel-Ac muestra en la columna velocidad, de la hoja análisis (figura 3), los momentos en los que se alcanzaron los puntos críticos de la velocidad y se especifica si es un máximo o mínimo local. Estos puntos críticos son probables puntos de inflexión de la variable en estudio. En la hoja análisis también se brinda una tabla resumen de salida con algunas características de los datos analizados: velocidad promedio, máxima, mínima, asíntota, puntos críticos, entre otros.

La hoja gráficas deja ver el comportamiento de la velocidad y aceleración de la variable de crecimiento y desarrollo. En la figura 4 se muestra un ejemplo.

Input data		Speed		Acceleration
Time	Variable (Y)	Values	Type	Values
1	2	1		1
2	3	2		9
3	5	11		5
4	16	16		16
5	32	32		32
6	64	64		0
7	128	64		0
8	192	64		0
9	256	64		16
10	320	80	local maximum	-32
11	400	48		-29
12	448	19		-3
13	467	16		-1
14	483	15	local minimum	18,2
15	498	33,2		2,213333333

Outlet summarize table		
Characteristics	Values	Time
Number of points	15	15
Variable (Y) increasing in all its domain?	SI	-
Minimum value of (Y)	2	1
Maximum value of (Y)	498	15
Asymptotic of (Y)	498	-
Minimum speed	1	1
Maximum speed	80	10
Rate in % of growing of (Y)	99,60	-
Number of inflection points:	0	-
1st Inflection point	-	10
2nd Inflection point	-	14
3rd Inflection point	-	-
4th Inflection point	-	-
5th Inflection point	-	-
6th Inflection point	-	-
7th Inflection point	-	-
8th Inflection point	-	-
9th Inflection point	-	-
10th Inflection point	-	-

Figure 3. Analysis sheet of the program Pro-Vel-Ac

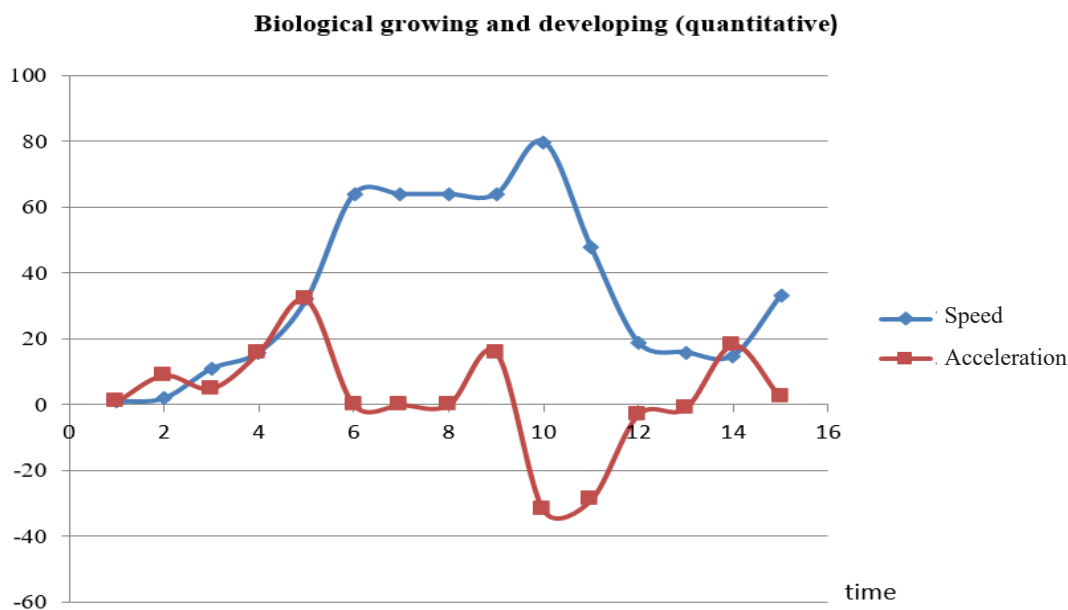


Figure 4. Graphics sheet of the program Pro-Vel-Ac

Articles about software or informatics applications were searched, which were not statistical program, and help the researchers in the analysis of biological data of growing and developing. It was showed great availability of informatics tools specialized in the topic of child growing and developing (OMS 2009). In the animal science branch the livestock software SG. (2016), is highlight, which provide the livestock management and, also, control the animal growing. It was also located the Wezoot (2016) software, which unify and analyze the cattle data to improve the production yield. However, these softwares should be buying in the market, and they are only applied to the animal sector. The value of Pro-Vel-Ac lies in which is a general tool that is applied to any biological system in growing and developing in the time.

It is concluded that (Pro-Vel-Ac) provide the analysis of data because calculate and illustrate its speed and acceleration, without needing a mathematical model. It offers the estimated time in which the growing peaks are produced. Also, generate a table that summarizes the characteristics of data, allowing knowing the biological process in study.

Conflict of interest

The authors declare that there was not conflict among them.

Authors contribution

Yaneilys García Avila: Conceptualization, Investigation, Methodology, Supervision, Writing - original draft

Mildrey Torres Martínez: Supervision, Writing - original draft

Yolaine Medina Mesa: Data curation, Writing - original draft

Sarai Gómez Camacho: Writing - original draft

A. Mejías Caba: Data curation, Writing - original draft

Se buscaron artículos sobre programas o aplicaciones informáticas, que no fueran un programa estadístico, y que ayudasen a los investigadores en el análisis de datos biológicos de crecimiento y desarrollo. Se evidenció gran disponibilidad de herramientas informáticas especializadas en el tema de crecimiento y desarrollo infantil (OMS 2009). En la rama de la ciencia animal se destaca el programa Ganadero SG., que facilita la administración ganadera y, además, controla el crecimiento de los animales. También se localizó el programa Wezoot, que unifica y analiza los datos del ganado para mejorar el rendimiento de la producción. Sin embargo, estos programas se deben comprar en el mercado, y solo se aplican al sector ganadero. El valor de Pro-Vel-Ac radica en que es una herramienta general, que se aplica a cualquier sistema biológico en crecimiento y desarrollo en el tiempo.

Se concluye que Pro-Vel-Ac facilita el análisis de los datos porque calcula y grafica su velocidad y aceleración, sin necesidad de un modelo matemático. Ofrece el tiempo aproximado en que se producen los picos de crecimiento. Además, genera una tabla que resume las características de los datos, lo que permite conocer mejor el proceso biológico en estudio.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses entre ellos

Contribución de los autores

Yaneilys García Avila: Conceptualización, Investigación, Metodología, Supervisión, Redacción – documento original

Mildrey Torres Martínez: Supervisión, Redacción – documento original

Yolaine Medina Mesa: Curación de datos, Redacción – documento original

Sarai Gómez Camacho: Redacción – documento original

A. Mejías Caba: Curación de datos, Redacción – documento original

References

- Ayala-Vargas, C. 2018. Crecimiento y desarrollo de los mamíferos domésticos. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 5 (Especial): 34-42, ISSN: 2409-1618.
- Castro-Ochoa, A. 2020. Selección y ajuste de modelos no lineales aplicaciones al crecimiento animal. Tesis de maestría. Universidad autónoma de Chihuahua. México.
- Ganadero SG. 2016. Software para la gestión en instituciones ganaderas desarrollado por la empresa USATI LTDA, Colombia, Cartagena de Indias, Available: <http://softwareganadero.com>.
- González, J.P. & Llamas, C.G. 2017. Análisis y representación gráfica de funciones matemáticas con Excel. *Anales de ASEPUMA*, 25 (103): 1-20, ISSN: 2171-892X.
- OMS. 2009. Anthro: software for assessing growth and development of the words children. <http://www.who.int/childgrowth/software>
- Ortega-Monsalve, M., Velásquez-Henao, A. M., Ortiz-Acevedo, A., Galeano-Vasco, L.F. & Medina-Sierra, M. 2021. Ajuste a un modelo matemático, comparación de las curvas de crecimiento y características morfológicas de cuatro Urochloas de una colección in vivo establecida en Antioquía, Colombia. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(5), ISSN: 1609-9117. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i5.19678>.
- Rodríguez, R., Lores, J., Gutiérrez, D., Ramírez, A., Gómez, S., Elías, A., Aldana, A.I., Moreira, O., Sarduy, L. & Jay, O. 2013.

Inclusion of the microbial additive Vitafert in the in vitro ruminal fermentation of a goat diet. Cuban Journal of Agricultural Science, 47(2): 171-178, ISSN: 2079-3480.

Wezoot. 2016. Software para la gestión en instituciones ganaderas desarrollado por la empresa Digidelta Software, Portugal, Leira, <http://wezoot.com>, info@wezoot.com.

Recibido: December 9, 2022

Aceptado: July 25, 2023