Universidad de Puerto Rico – Aguadilla
Departamento de Ciencias Naturales
Biol. 3019 – Biología del Desarrollo
Ejercicio 1 – Crecimiento Diferencial o Alometría

Introducción:

Entre los procesos básicos del desarrollo están la segmentación y morfogénesis. Estos son caracterizados por el crecimiento, el cual se puede definir como un aumento en masa y/o en el número de células. Probablemente todos hemos notado que a medida que un organismo crece, no todas sus partes aumentan de tamaño en la misma proporción, si no que el organismo aumenta su tamaño pero reteniendo sus proporciones relativas. En teoría un animal que aumenta su volumen (cm^3) por un factor de dos va a aumentar en longitud por un factor de 1.26 (1.26^3=2). Esta razón de crecimiento ha sido observada en la naturaleza con mucha frecuencia. Artrópodos extraídos por el "Challenger" a finales del siglo 19 aumentaban por un factor de 1.25 entre mudas de sus exoesqueletos.

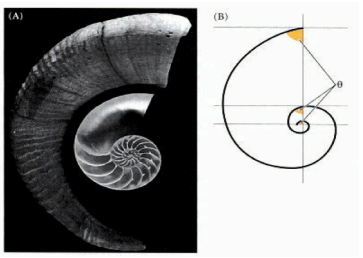

Figura 1 – Patrón de crecimiento equiangular en espiral .

Lo mismo se ha observado en el crecimiento espiral de conchas de moluscos (figura 1). Si por ejemplo, una vuelta es 1 pulgada de ancho en un punto a un radio y el ángulo del espiral es 80º, la siguiente vuelta tendrá un ancho de 3 pulgadas en el mismo radio. Este tipo de crecimiento se conoce como crecimiento **isométrico**, donde todos los componentes crecen al mismo ritmo para mantener la forma y proporciones.

Muchos organismos, sin embargo, no crecen de forma tan uniforme. Si comparamos las partes del cuerpo de un embrión de pollo de 72 horas con las de una gallina adulta, notaremos que tienen proporciones muy diferentes (figura 2) Para ajustar las proporciones de las partes del cuerpo del embrión o del juvenil a las del adulto, estas tienen que crecer de manera diferencial o **alométrica.**

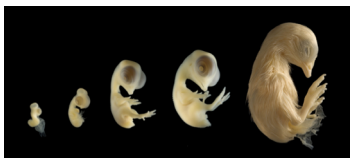
Figura 3 – Desarrollo del pollo.

Es obvio que hay periodos en la vida de un organismo donde su crecimiento es mas rápido que en otros. En humanos el crecimiento durante los primeros 10 años de vida es mucho mas dramático que durante los 10 años que le siguen a su graduación de universidad, y luego cesa por completo. Por ejemplo, nuestros brazos y piernas crecen mas rápidamente que nuestro tronco y cabeza, así las proporciones corporales de un adulto difieren marcadamente de las de un infante donde predomina el tamaño de la cabeza.

El que estas distintas razones de crecimiento están bien coordinadas entre sí de forma regular es indiscutible porque lo mas común es que al final del crecimiento se obtienen individuos maduros y con proporciones apropiadas en tamaño. En este ejercicio de laboratorio se analizará el crecimiento diferencial de órganos o de partes de órganos utilizando el método de Julian Huxley (1924).

Tomemos por ejemplo el cangrejo violinista (*Uca pugnax*) (figura 3). En machos juveniles ambas queliceras son de tamaño similar y cada una equivale al 8% del peso total. Según este va creciendo una quela crece mas rápido que la otra llegando a ser el 38% del peso corporal. Si esta información se pone en una gráfica logarítmica doble (log/log, masa corporal en x, y masa de la palanca en y), se obtendrá una línea recta cuya pendiente es la razón k = a/c. En *Uca* y/x es 6, o sea 6:1. Esto significa que la masa de esa quela aumenta 6 veces mas rápido que la del resto del cuerpo. En hembras esto no ocurre. Es en machos que la usan para defensa y para despliegue territorial que se observa esta alometría. Ocurrirán estas alometrías a nivel metabólico o celular?

Figura 3. *Uca pugnax,* crecimiento alométrico

Huxley encontró que: si dos partes de un organismo crecen a diferentes razones, sus tamaños en un momento dado guardan, uno con el otro, una relación simple que se expresa con la siguiente formula donde:

$$Y = bX^k \qquad (1)$$

- X y Y son dos dimensiones o medidas del órgano u organismo, (ej. largo y ancho de superficie de una hoja; largo del brazo y largo del cuerpo; **Y** la parte medida o estudiada y **X** la parte o medida de referencia para la comparación)
- b es una constante que representa la relación **inicial** entre las dos medidas Y y X, medida de Y cuando X =1
- k es la razón o proporción de crecimiento; demuestra la relación entre las razones de crecimiento de las dos partes que se comparan, cambio proporcional en Y por unidad de X.

En términos logarítmicos, la siguiente fórmula ofrece un medio por el cual se puede probar si las razones de crecimientos relativas de dos órganos son o no son proporcionales.

$$\log_{10} Y = \log_{10} b + (a/c)\log_{10} X. \qquad (2)$$

Si la razón de crecimiento, **K=1**, (figura 4) entonces los dos órganos (las dos medidas) crecen proporcional o isométricamente, la constante b demuestra la proporción en tamaño de un órgano a otro y **b = y/x.**

Si K ≠ 1, el crecimiento es alométrico y el tamaño relativo de los órganos, o las medidas, cambian con el crecimiento, o crecen desproporcionadamente.

Si K<1, el órgano (o la medida) Y crece (aumenta mas lentamente) y el crecimiento es alométrico negativo respecto al órgano X. (figura 5)

Si K>1, el órgano (o la medida) Y crece mas rápidamente y se dice que el crecimiento alométrico positivo respecto al órgano X (figura 6)

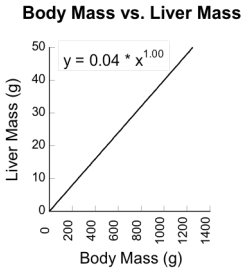

Figura 2 – Relaciones isométricas entre masa corporal y hepática.

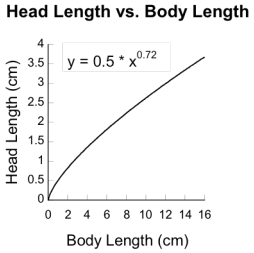

Figura 3 – Relación alométrica entre tamaño de cabeza y cuerpo.

Cuando los logaritmos de los valores X y Y de diferentes etapas en el desarrollo del órgano u organismo en consideración se ponen en una gráfica los puntos quedarán en una línea recta cuya pendiente es **k** y cuyo intercepto en Y es $\log_{10}$**b**.

El valor de **k** queda determinado por la siguiente ecuación, la que permite determinar la razón de crecimiento:

$$k = (\log_{10} Y - \log_{10} b) / \log_{10} X \qquad (3)$$

Este método permite analizar el crecimiento de los organismos o partes en un organismo cuya edad no se conoce, ya que no considera el tiempo; también aplica a medidas lineales como volumen o peso.

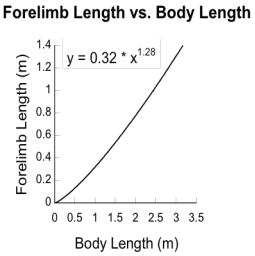

Figura 4- Relación alométrica entre longitud corporal y extremidad superior.

En este ejercicio de laboratorio se va a examinar el crecimiento de diferentes organismos u órganos (hojas, frutas, renacuajos, lagartijos, conchas) para determinar si estos muestran o no crecimiento isométrico, alométrico, y si este es positivo o negativo. La pertinencia de este ejercicio en desarrollo se refleja por el hecho de que esto ocurra durante la segmentación y morfogénesis en el desarrollo de distintos organismos

Materiales: Hay que traer al laboratorio:

- Papel de gráfica milimetrado (mm) (computadora)
- Regla milimetrada, o caliper vernier
- Órganos u organismos en 5 etapas de crecimiento distintas (5-10 de cada etapa)
  Ej: caracoles, almejas, frutas, pétalos, hojas
  Ej: 10 pequeñas, 10 medio pequeñas, 10 medianas, 10 medio grandes, 10 grandes
- Calculadora con función logarítmica, Computadora portátil

Procedimiento:

1. Sobre un papel milimetrado se coloca el organismo u órgano a medir.
2. Marque los puntos mas sobresalientes a lo largo de la línea media y en lo mas ancho del órgano, se obtendrán dos medidas.
3. Se retira el espécimen y se **mide las distancias entre las marcas en el papel en mm.** Lo mismo se puede obtener con un caliper. (Pregunte si no sabe usarlo)

4. Repetir esto para cada uno de los 5-10 especímenes de cada una de las 5 distintas etapas, y obtenga el promedio para cada etapa.
5. Anote los datos en la siguiente tabla.

Tabla 1 – Resumen de datos de crecimiento.

Etapa	Largos Y (mm)	Promedio Y	Anchos X (mm)	Promedio X	Log Y	Log X
1	/ / / / /		/ / / / /			
2	/ / / / /		/ / / / /			
3	/ / / / /		/ / / / /			
4	/ / / / /		/ / / / /			
5	/ / / / /		/ / / / /			
…10						

6. Prepare una gráfica en papel milimetrado lineal utilizando los logaritmos de los promedios. Si los puntos caen en una línea mas o menos recta, encuentre el valor de k y el $\log_{10}$b.

K = _____ Log_{10}b_____

7. Analice su gráfica, y discuta sus resultados.

Conclusiones:
Presente y discuta sus resultados en base a estos concluya sobre el tipo de crecimiento que exhibe el órgano u organismo estudiado. Considere los parámetros medidos (ej; crecimiento a lo largo y ancho) y la forma final del órgano u organismo.

Coinciden sus resultados analíticos con los obtenidos por la inspección visual?

Alguna generalización?

Referencias:

Developmental Biology, S. Gilbert 9th Edition, Sinauer Associatess, Cap 1.

Morales, MH, Ortiz, JR. (1995) Experimentos en Biología del Desarrollo, Departamento de Biología, Universidad de Puerto Rico, Rio Piedras.

Gayon, J. (2000). History of the Concept of Allometry. *American Zoologist, 40*(5), 748-758. Recuperado de: http://www.jstor.org/stable/3884457

Stevens, Charles F. (2009) Darwin and Huxley revisited: the origin of allometry. Journal of Biology, 8:14 Recuperado de: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19291253

Caliper vernier
http://www.technologystudent.com/equip1/vernier3.htm

Allometry, The Biology Project:
http://www.biology.arizona.edu/biomath/tutorials/applications/Allometry.html

Delopment basis for allometry in Insects:
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10021329

Isometric vs Allometric :
http://www.ableweb.org/volumes/vol-20/1-colton/scalingtutorial/isometric.html

Isometric vs Allometric :
https://prezi.com/fo3r0no5mpwb/isometric-vs-allometric-growth/