

Directorio

Dr. Modesto Seara Vázquez
Rector

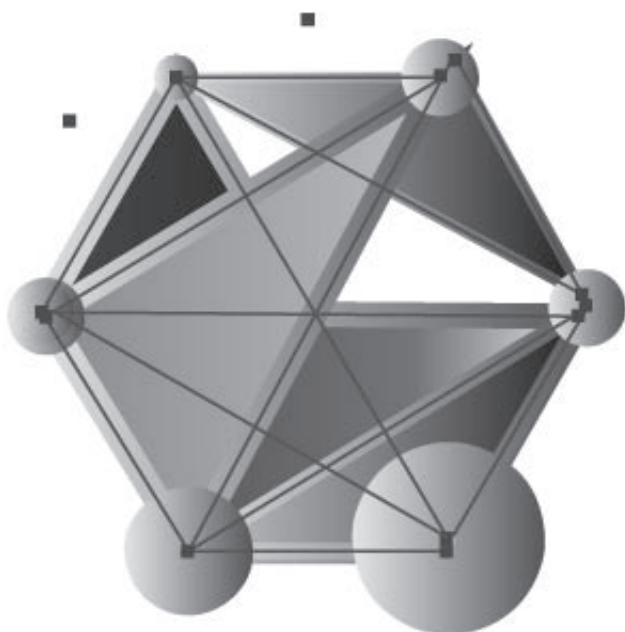
Dr. Agustín Santiago Alvarado
Vicerrector Académico

C. P. José Javier Ruiz Santiago
Vicerrector Administrativo

Mtra. María de los Ángeles Peralta Arias
Vicerrectora de Relaciones y Recursos

MODELACIÓN MATEMÁTICA IV

BIOMATEMÁTICAS · EPIDEMIOLOGÍA · INGENIERÍA



Coordinadores

Franco Barragán Mendoza

Verónica Borja Macías

Silvia Reyes Mora



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA
HUAJUAPAN DE LEÓN, OAXACA

Primera Edición; mayo de 2021
ISBN: 978-607-98020-7-3
®D. R. 2021 por U. T. M.

Carretera a Acatlima Km. 2.5,
Huajuapan de León, Oaxaca.
C. P. 69000 Tel. 9535320214
www.utm.mx

Diseño de portada: Alfonso Acosta Romero
Dirección Editorial: Silvia Reyes Mora

Impreso y hecho en México
Printed and made in México

Capítulo 2

Aproximación alométrica y sigmoïdal para los datos del crecimiento de los brotes de la planta pitahaya (*Hylocereus undatus*) en la Mixteca Oaxaqueña

Cuauhtémoc Héctor Castañeda Roldán¹
Vicencio Cuevas Mendoza²
Alexis Francisco Godínez Hernández³
Tirso Miguel Ángel Ramírez Solano⁴
Virgilio Vázquez Hipólito⁵
Iván Vega Gutiérrez⁶

Abstract: In this work we carry out an approximation by means of the allometric and sigmoidal model to a data set of the growth of the shoots of the pitahaya (*hylocereus undatus*). We consider the length and diameter of the shoots as variables of interest. The data were collected from the measurements made of the shoots of cuttings planted in the greenhouse of the Technological University of the Mixteca, located in Huajuapán de León, Oaxaca. In order to decide which model best fits the data, we carry out the comparisons by means of the relative error.

Keywords: Pitahaya, *hylocereus undatus*, allometric model, sigmoidal model.

Resumen: En este trabajo realizamos una aproximación por medio del modelo alométrico y sigmoïdal a un conjunto de datos del crecimiento de los brotes de la pitahaya (*hylocereus undatus*). Consideramos como variables de interés la longitud y el diámetro de los brotes. Los datos fueron recolectados a partir de las mediciones realizadas de los brotes de esquejes sembrados en el invernadero de la Universidad Tecnológica de la Mixteca, ubicada en Huajuapán de León, Oaxaca. Para poder decidir cual modelo se ajusta mejor a los datos realizamos las comparaciones por medio del error relativo.

Palabras clave: Pitahaya, *hylocereus undatus*, modelo alométrico, modelo sigmoïdal.

¹ccroldan@mixteco.utm.mx. Instituto de Física y Matemáticas, Universidad Tecnológica de la Mixteca.

²cuevasmendozavi@gmail.com. Instituto de Hidrología, Universidad Tecnológica de la Mixteca.

³alexis_fgh_alx@hotmail.com. Instituto de Física y Matemáticas, Universidad Tecnológica de la Mixteca.

⁴mramirez@mixteco.utm.mx. Instituto de Física y Matemáticas, Universidad Tecnológica de la Mixteca.

⁵virgilio@mixteco.utm.mx. Instituto de Física y Matemáticas, Universidad Tecnológica de la Mixteca.

⁶ivegtz11@gmail.com. Instituto de Física y Matemáticas, Universidad Tecnológica de la Mixteca.

2.1. Introducción

Oaxaca es el cuarto estado en pobreza multidimensional, según el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). De acuerdo con sus estimaciones, basadas en la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH 2008), casi un millón de personas se encuentra en pobreza extrema en la entidad, cifra que rebasa en 17.1 puntos porcentuales a la nacional (ver [9]). El estado tiene una importante producción agrícola, en su territorio se siembra: maíz, frijol, cacahuete, trigo, sorgo, café, limón, mango, maguey mezcalero (el mezcal es la bebida tradicional de la región), copra y hule, siendo estos los cultivos más representativos. Además cuenta con frutales que le han dado fama a Oaxaca, por ejemplo la piña de Loma Bonita y el chicozapote de la región de la Cañada (ver [6]).

Por otro lado la región Mixteca, con una superficie aproximada de 40,000 kilómetros cuadrados, presenta un relieve abrupto y desigual y, por consiguiente, una variedad de microclimas y ecosistemas (ver [1]). Uno de los cultivos de traspatio que pueden observarse en nuestra región es el de la pitahaya, con gran capacidad de adaptación (ver [7]).

La pitahaya es una cactácea que se ha aclimatado a los diferentes ambientes de México y de algunos países de Centroamérica. *Hylocereus undatus*, *Hylocereus purpusii* y *Hylocereus ocamponis*, se distribuyen en los estados de Quintana Roo, Yucatán, Tabasco, Veracruz, Guerrero, Querétaro, Estado de México, Puebla, Oaxaca, Michoacán, Jalisco, San Luis Potosí, Colima y Sinaloa. La especie *Hylocereus undatus* tiene una gran importancia económica en México, sus frutos son muy apreciados por su apariencia y sabor; además son fácilmente comercializados en mercados locales, regionales y se incrementa su comercio en el mercado nacional y extranjero. Esta planta se puede aprovechar íntegramente y si bien se destaca por la importancia económica de sus frutos, también se aprovechan los tallos jóvenes como alimento. El estado de Yucatán en México es el principal productor de este fruto con rendimientos moderados (ver [2]). Por ser una planta con buena aceptación creemos que es de utilidad proponer un modelo de su crecimiento, para que sirva de ayuda a los productores de la Mixteca. La escasa comercialización que se hace de la pitahaya es un factor que puede explicar que se haya investigado relativamente poco sobre ella y que las investigaciones se limiten a su desarrollo vegetativo y a su siembra. De lo que se sabe no hay trabajos matemáticos referentes a la estimación del crecimiento de los brotes.

El interés por cultivar pitahaya ha incrementado en la Península de Yucatán, Quintana Roo, Chiapas, Tabasco, Campeche, Oaxaca, Puebla, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Nayarit y Baja California. Yiruba Morales Ayala, en su trabajo de tesis para maestría [7], evaluó el desarrollo vegetativo de dos especies de pitahaya, la *undatus* y la *ocamponis*, aunque proporciona una guía para la siembra de la pitahaya, no aborda el ritmo de crecimiento de los brotes.

Por otro lado la alometría estudia los cambios en las dimensiones relativas de partes del cuerpo que se correlacionan con los cambios en el tamaño general. Julian Huxley y Georges Teissier, en [3], acuñaron este término en 1936. En un documento conjunto, acordaron usar este término para evitar confusiones en el campo del crecimiento relativo. Se dice a menudo que Julian Huxley descubrió la «ley del crecimiento diferencial constante» en 1924, aunque varios autores, en diversos contextos y bajo diversos títulos, habían utilizado una fórmula similar. Tres décadas antes, Huxley, Dubois y Lapicque utilizaron una ley de potencia y coordenadas logarítmicas para la descripción de la relación entre el tamaño del cerebro y el tamaño del cuerpo en los mamíferos, desde un punto de vista tanto intraespecífico como interespecífico (ver [3]).

En este trabajo nuestro interés es aproximar un conjunto de datos correspondientes a brotes de 20 esquejes de pitahaya (*Hylocereus undatus*). Organizamos el trabajo con la siguiente estructura: En la primera sección presentamos la descripción del experimento y el equipo usado. Después obtenemos los ajustes de los datos con los modelos alométrico y sigmoide. Además, realizamos una comparación de las aproximaciones obtenidas con ambos modelos. Al final presentamos las conclusiones correspondientes.

2.2. Descripción del experimento y del equipo usado

2.2.1. Ubicación del área experimental

Este trabajo fue realizado del 8 de Marzo de 2019 al 10 de Julio de 2019 en el vivero de la Universidad Tecnológica de la Mixteca (UTM), ubicado en la carretera a Acatlima Km. 2,5 en el municipio de Huajuapán de León, Oaxaca. De acuerdo al Plan municipal del desarrollo 2017-2018 de Huajuapán (ver [10]), este sitio se encuentra a una latitud con coordenadas $17^{\circ}49'36,1''$ norte y $97^{\circ}48'14,65''$ oeste y está a 1795 metros de altitud. El clima es semi-cálido subhúmedo con lluvias en verano, cubriendo el territorio en un 99,23 % y templado subhúmedo con lluvias en verano cubriendo el territorio en la parte noreste solo en un 0,77 %. El rango de precipitación pluvial varía entre 700 y 1000 *mm*. La temperatura se encuentra en un rango de 16° a 24° .

2.2.2. Material vegetativo de Pitahaya

En la comunidad de Santa María Yuxichi perteneciente al municipio de Huajuapán de León se recolectaron 20 esquejes de 57 a 81 cm de longitud, a partir de la selección aleatoria de dos plantas madres de 20 años de edad todos ellos de la variedad pulpa guinda. Los esquejes se colocaron en un área del vivero previamente acondicionado.



Figura 2.1: Recolecta de esquejes en Santa María Yuxichi.

2.2.3. Diseño experimental y tratamientos

En este experimento se utilizó un diseño conformado por 2 tratamientos: sustrato local y sustrato obtenido combinando 1 a 1 el sustrato local con composta, nos referiremos a este último simplemente como sustrato con composta.

2.2.4. Aplicación de tratamientos

Las condiciones en las cuales se encontraban las plantas durante el periodo de recolección de datos, fueron las siguientes: temperatura promedio de $24,5^{\circ}C$ en el interior del vivero y de $39,8^{\circ}C$ en el exterior, al mediodía; los esquejes fueron regados una vez a la semana desde su plantación hasta la temporada de lluvias. Se aplicaron aproximadamente 1,5 litros de agua por planta.



Figura 2.2: Adecuando los esquejes para sembrarlos.



Figura 2.3: Preparando la composta.



Figura 2.4: Etiquetando cada grupo de esqueje.

2.2.5. Variables en estudio

Para cada tratamiento, consideramos como variables el diámetro y la longitud de los brotes. Los registros de la medición de cada una de estas variables se muestran en las tablas del apartado



Figura 2.5: Midiendo la temperatura dentro y fuera del vivero de la UTM.



Figura 2.6: Midiendo la humedad adentro del vivero de la UTM.

Anexos.

2.3. Métodos de ajuste

2.3.1. Ajuste de datos con el modelo alométrico

De acuerdo a Gayon en [3], el primer artículo de Julian Huxley sobre el crecimiento relativo apareció en 1924. Intentó responder a una pregunta formulada por Thomas H. Morgan, en [8], sobre el ancho abdominal de los cangrejos violinistas hembras (*Uca pugnax*). A Morgan le desconcertó el gran abdomen de algunos de estos animales y se preguntó si esta diferencia era el resultado de su composición genética o de la ley del crecimiento. Trabajando con los datos de Morgan, Huxley argumentó a favor de la segunda hipótesis y, en esta ocasión, utilizó por primera vez la terminología de Pézard para el crecimiento “heterogónico” e “isogónico”. Aunque este artículo no proporcionó la ley de la heterogonía que lo hizo famoso unos meses más tarde, sí proporcionó un método simple para detectar el crecimiento heterogónico: “El mejor método para detectar y analizar la tasa de crecimiento heterogónico es trazando el tamaño porcentual de la parte en cuestión contra el tamaño absoluto de alguna dimensión de todo el cuerpo” (ver [4]).

Sin embargo, el artículo [4] no dice nada sobre la ley del crecimiento heterogónico, que fue objeto de un segundo artículo, publicado unos meses después en la revista *Nature*. Esta fue una nota breve, no mucho más que una página, pero sin duda es la contribución científica más significativa de Huxley en términos de investigación empírica. En el artículo [5], Huxley estableció una ley de crecimiento heterogónico para las quelas de los cangrejos violinistas. Esta ley es una ley de potencia dada en la ecuación (2.3.1):

$$y = kx^\alpha. \quad (2.3.1)$$

Donde: y es la magnitud del órgano de crecimiento diferencial; x , el tamaño del cuerpo; α , la tasa de crecimiento diferencial constante; k , la constante (índice de origen). Actualmente la ecuación (2.3.1) se le conoce como modelo alométrico.

La característica teórica esencial del modelo alométrico es la siguiente: la constante α no es una relación entre dos tamaños, sino una relación entre dos tasas de crecimiento. Para probar esta afirmación, supongamos que x depende de la variable temporal t , entonces y toma la forma $y(t) = k(x(t))^\alpha$. Ahora, si derivamos esta última igualdad con respecto a t , obtenemos:

$$y'(t) = k\alpha(x(t))^{\alpha-1}x'(t).$$

Como $y(t) = k(x(t))^\alpha$, entonces:

$$y'(t) = \alpha y(t)(x(t))^{-1}x'(t). \quad (2.3.2)$$

La ecuación (2.3.2) puede reescribirse como:

$$\frac{y'(t)}{y(t)} = \alpha \frac{x'(t)}{x(t)}.$$

De aquí que el cociente entre las tasas de crecimiento *per capita* de y y x es igual a la constante α . Nótese que (2.3.1) es un modelo no lineal para el parámetro α .

Para visualizar la dispersión de los datos, graficamos el diámetro contra la longitud, esto para cada uno de los brotes de las 20 plantas, tanto las del sustrato natural como las de la composta. Con esto, hemos obtenido las gráficas mostradas en las Figuras 2.7 y 2.8.

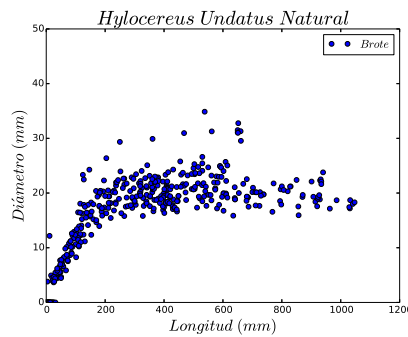


Figura 2.7: Dispersión de los datos de los brotes al considerar sustrato natural.

Después de visualizar los datos, proponemos como primera aproximación el modelo alométrico:

$$y = kx^\alpha.$$

Donde y es la variable que mide el diámetro de los brotes y x es la variable que mide la longitud de dichos brotes. Ambas variables están en milímetros.

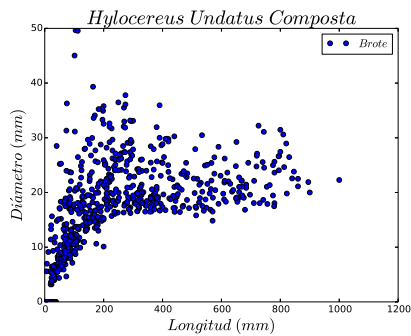


Figura 2.8: Dispersión de los datos de los brotes al considerar sustrato con composta.

Para aproximar los parámetros k y α , utilizamos una aproximación por mínimos cuadrados no lineales por medio del lenguaje Python versión 2.7.16 (Python Software Foundation License). Los valores (ver código fuente en **Anexos**) que obtuvimos para los parámetros se muestran en la Tabla 2.1.

Tratamiento	k	α
Natural	3.10541	0.30431
Composta	3.16521	0.32401

Tabla 2.1: Estimación de los parámetros k y α en el modelo alométrico.

Así el modelo para el tratamiento natural queda:

$$y = 3,10541x^{0,30431}.$$

Y para el tratamiento con composta queda:

$$y = 3,16521x^{0,32401}.$$

Después de graficar los datos junto con los modelos alométricos, obtuvimos las Figuras 2.9 y 2.10.

2.3.2. Ajuste de datos con el modelo tipo sigmoide

Notemos que los modelos alométricos $y = 3,10541x^{0,30431}$ y $y = 3,16521x^{0,32401}$ tienen una ligera falla al momento de aproximar los datos, dado que no reflejan el cambio observado en el ritmo de crecimiento de la variable y en función del ritmo de crecimiento de la variable x . Del conjunto de datos observamos que el diámetro empieza a crecer lentamente, después acelera su crecimiento y finalmente se desacelera de nuevo. Estas tres etapas las modelan bien las funciones tipo sigmoide de la forma:

$$y = \frac{kx^\alpha}{1 + qx^\alpha}.$$

En este modelo y mide el diámetro y x la longitud de los brotes, ambas variables están en unidad de milímetros. El cociente k/q representa el nivel del tamaño límite para el diámetro,

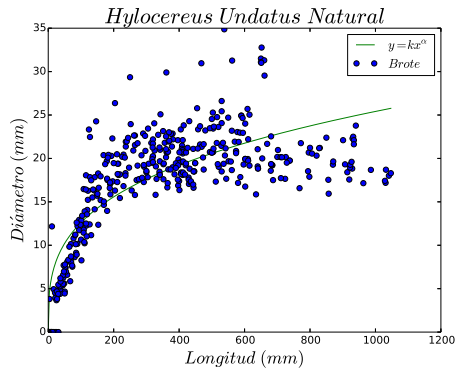


Figura 2.9: Ajuste del modelo alométrico $y = 3,10541x^{0,30431}$ a los datos de los brotes considerando sustrato natural.

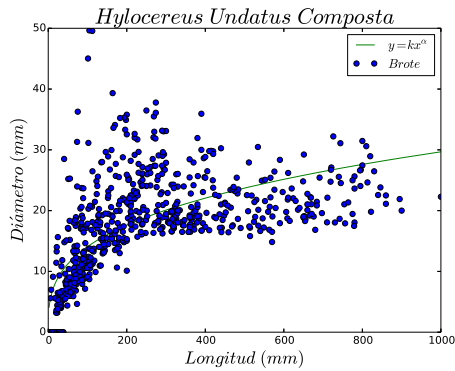


Figura 2.10: Ajuste del modelo alométrico $y = 3,16521x^{0,32401}$ a los datos de los brotes considerando sustrato con composta.

esto lo podemos ver al calcular el siguiente límite:

$$\lim_{x \rightarrow \infty} y = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{kx^\alpha}{1 + qx^\alpha} = \frac{k}{q}.$$

Usando mínimos cuadrados no lineales (ver código fuente en **Anexos**), obtenemos los valores mostrados en la Tabla 2.2 para los parámetros k , α y q .

Tratamiento	k	α	q
Natural	0.00455	1.93128	0.00021
Composta	0.00470	2.07572	0.00021

Tabla 2.2: Estimación de los parámetros k , α y q en el modelo tipo sigmoide.

Entonces el mejor modelo sigmoide, en sentido de mínimos cuadrados, para los datos con-

siderando sustrato natural es,

$$y = \frac{0,00455x^{1,93128}}{1 + 0,00021x^{1,93128}}.$$

Y para los datos considerando sustrato con composta es,

$$y = \frac{0,00470x^{2,07572}}{1 + 0,00021x^{2,07572}}.$$

Graficando cada una de las funciones con los datos obtenemos las Figuras 2.11 y 2.12.

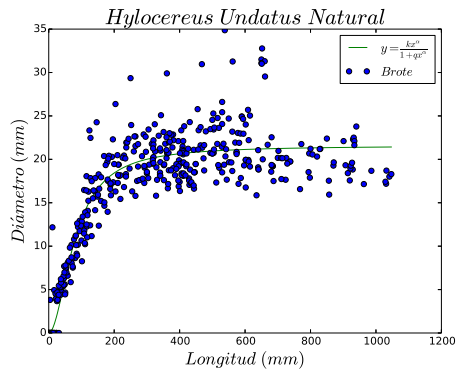


Figura 2.11: Ajuste del modelo sigmoide $y = \frac{0,00455x^{1,93128}}{1+0,00021x^{1,93128}}$ a los datos de los brotes considerando sustrato natural.

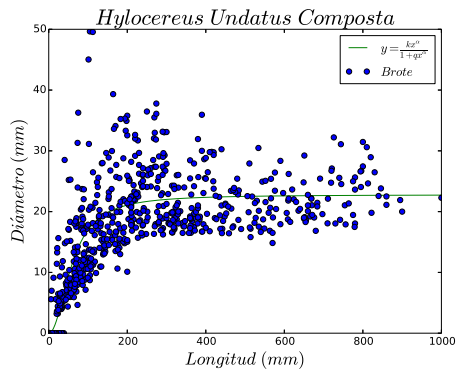


Figura 2.12: Ajuste del modelo sigmoide $y = \frac{0,00470x^{2,07572}}{1+0,00021x^{2,07572}}$ a los datos de los brotes considerando sustrato natural.

2.3.3. Comparación de los modelos de ajuste

Para determinar cual de los dos modelos se ajusta mejor a los datos, calculamos el error relativo para cada uno de ellos. Los resultados que obtuvimos se muestran en la Tabla 2.3.

Como se puede observar en los valores de la Tabla 2.3, el modelo que se ajusta mejor a los datos, ya sea con sustrato natural o con composta, es el modelo sigmoide.

Modelo	Sustrato Natural	Sustrato con Composta
$y = kx^\alpha$	0.04686	0.11524
$y = \frac{kx^\alpha}{1+qx^\alpha}$	0.02500	0.07960

Tabla 2.3: Comparación de errores para el modelo alométrico y sigmoideal.

Considerando sustrato natural, el error porcentual que se comete con el modelo sigmoide es del 2.5 %, en cambio con el modelo alométrico el error porcentual que estamos cometiendo es del 4.686 %. Considerando sustrato con composta el error que se comete con el modelo sigmoide es del 7.96 % y con el modelo alométrico se comete un error del 11.524 %.

2.4. Conclusiones

En este trabajo consideramos dos modelos para ajustar un conjunto de mediciones correspondientes a la longitud y el diámetro de los brotes de la pitahaya (*Hylocereus undatus*). Observamos que ambos modelos aproximan bien a los datos, pero para obtener el mejor modelo, calculamos el error relativo de los ajustes. Con base en la Tabla 2.3, concluimos que el mejor ajuste a los datos lo proporciona el modelo tipo sigmoide. Aunque aquí solo consideramos dos modelos, en un trabajo futuro se puede considerar otro tipo, por ejemplo, logística, Von Bertalanffy, Gompertz, etc. Un aporte importante de nuestro trabajo es la recolección de datos con la finalidad que otros investigadores lo puedan usar libremente para su investigación. El objetivo original del trabajo es dar un sustento matemático a los trabajos empíricos que realizan los agricultores en la mixteca oaxaqueña, por medio de la explicación del comportamiento de los datos. Esperamos que los resultados obtenidos en este trabajo sirvan de fundamento a trabajos futuros y puedan servir de referencia para guías de cultivo al realizar la comparación entre los dos tipos de sustrato. Estos primeros modelos cuantifican el tamaño de los diferentes brotes y ayudan a describir el comportamiento de crecimiento.

2.5. Anexos

2.5.1. Sustrato natural

Los códigos que a continuación presentamos fueron realizados en el lenguaje de programación Python versión 2.7.16 (Python Software Foundation License).

Código fuente del ajuste con el modelo alométrico

En este código se calculan los parámetros k y α por medio de mínimos cuadrados no lineales. En el código α es denotada por a .

```

1 from numpy import *
2 from matplotlib.pyplot import *
3 from scipy.optimize import leastsq
4 import scipy as sc
5 def rac(x,a,k):
6     return k*x**a
7 nbl11=array([4.46, 8.94, 25.88, 48.92, 89.43, 121.54, 265, 290, 305, 324,
              343, 360, 405, 455, 500, 530, 515, 530, 530, 529, 520])

```

```

8 nbd11=array([0, 0, 4.78, 5.6, 12.21, 16.28, 22.64, 22.87, 23.44, 24.04,
25.08, 20.14, 23.34, 25.78, 24.54, 24.07, 21.78, 26.61, 25.43, 21.45,
23.62])
9 nbl12=array([0, 6.36, 24.59, 44.54, 85.17, 116.28, 292, 325, 362, 397,
444, 464, 536, 610, 640, 681, 654, 685, 684, 682, 681])
10 nbd12=array([0, 0, 4.31, 5.39, 9.13, 12.26, 17.28, 20.91, 20.68, 16.88,
16.62, 21.61, 19.38, 19.93, 21.06, 22.54, 20, 19.22, 19.21, 19.3,
19.35])
11 nbl22=array([3.55, 4, 67.17, 101.52, 189, 328, 398, 429, 473, 504, 561,
640, 702, 726, 772, 796, 830, 828, 820, 800])
12 nbd22=array([0, 3.81, 5.86, 8.26, 17.06, 15.81, 19.89, 17.8, 20.11,
20.74, 18.66, 19.08, 20.97, 20.16, 21.76, 20.68, 21.21, 21.18, 20.32,
21.22])
13 nbl23=array([17.7, 26.58, 100.14, 131.11, 179, 214, 262, 297, 380, 458,
503, 516, 609, 615, 590, 590, 594, 602])
14 nbd23=array([0, 3.91, 10.65, 11.16, 19.69, 19.39, 22.64, 20.87, 22.86,
23.35, 25.28, 24.76, 25.7, 25.04, 24.94, 24.91, 24.65, 24.01])
15 nbl33=array([9.53, 80.75, 11.29, 148.77, 180, 210, 237, 285, 329, 362,
366, 409, 407, 408, 410, 411, 409])
16 nbd33=array([0, 8.63, 12.17, 15.71, 13.96, 20.48, 21.37, 20.36, 19.08,
20.8, 20.76, 21.48, 19.6, 21.11, 20.95, 20.57, 20.75])
17 nbl34=array([69.91, 100.21, 108.16, 115.39, 127.55, 124.34, 146.39, 196,
237, 252, 319, 315, 320, 318, 318, 320])
18 nbd34=array([8.49, 12.4, 16.47, 18.06, 22.47, 23.33, 24.27, 22.3, 21.93,
23.95, 20.16, 21.78, 20.26, 19.9, 19.5, 22.19])
19 nbl35=array([38.42, 55.5, 77.26, 94.35, 114.65, 127.64, 152.45, 197, 215,
219, 236, 236])
20 nbd35=array([4.79, 6.67, 10.79, 12.92, 16.42, 17.84, 18.27, 17.36, 18.09,
18.16, 18.3, 18.02])
21 nbl36=array([38.06, 58.22, 94.48, 126.53, 181, 212, 307, 380, 399, 390,
397, 406])
22 nbd36=array([5.27, 8.11, 11.73, 12.4, 17.51, 19.39, 19.39, 18.98, 19.47,
19.44, 19.2, 18.38])
23 nbl41=array([24.77, 46.38, 69.55, 111.09, 141.98, 200, 230, 296, 320,
375, 400, 475, 494, 521, 551, 602, 641, 738, 602, 641, 738, 806, 850,
870, 901, 940, 930, 932, 934, 934])
24 nbd41=array([0, 6.29, 10.14, 10.23, 17.84, 19.46, 20.44, 22.6, 21.7,
22.83, 17.4, 18.72, 20.74, 19.03, 19.67, 19.94, 18.84, 19.75, 19.94,
18.84, 19.75, 20.56, 22.39, 19.28, 22.1, 23.78, 22.3, 22.5, 22.1, 21.63])
25 nbl42=array([23.55, 16.45, 57.94, 100.99, 119.38, 180, 211, 270, 304,
352, 367, 374, 386, 396, 411, 446, 449, 500, 446, 449, 500, 558, 597,
611, 669, 680, 700, 710, 714, 729])
26 nbd42=array([0, 4.94, 6.6, 12.85, 14.07, 17.67, 17.28, 17.51, 17.84,
19.33, 18.74, 18.17, 17.56, 18.1, 18.51, 19.46, 20.67, 18.51,
19.46, 20.67, 19.64, 19.3, 19.75, 21.68, 18.58, 20.17, 20.15, 20.13,
19.51])
27 nbl43=array([3.94])
28 nbd43=array([0])
29 nbl51=array([15.62, 34.65, 52.95, 88.89, 115.65, 170, 219, 265, 320, 390,
432, 602, 635, 687, 724, 768, 794, 857, 914, 963, 986, 1032, 1031,
1029, 1041, 1047])
30 nbd51=array([0, 5.28, 7.42, 10.16, 12.5, 14.65, 15.44, 15.79, 19.57,
18.9, 18.82, 16.76, 15.86, 17.5, 17.65, 16.57, 18.53, 15.94, 18.41,
17.15, 18.68, 18.7, 17.19, 17.42, 18.01, 18.3])
31 nbl63=array([10.35, 20.7, 45.08, 69.99, 111.3, 140.84, 212, 273, 331,
340, 401, 429, 430, 435, 436, 443])
32 nbd63=array([0, 4.53, 6.56, 8.05, 13.9, 16.31, 18.2, 19.17, 17.64, 18.21,
16.35, 17.56, 17.06, 17.25, 17.37, 16.99])

```

```

33 nbl64=array([5.51, 13.31, 30.82, 50.51, 84.06, 108.6, 188, 226, 277, 293,
34          342, 340])
34 nbd64=array([0, 0, 5.45, 4.66, 10.12, 11.79, 16.59, 20.19, 17.61, 19.04,
35          21, 18.47])
35 nbl65=array([21.57, 36.26, 54.13, 73.6, 118.35, 150.4, 160, 169, 174,
36          170])
36 nbd65=array([3.94, 4.4, 6.97, 7.53, 13.56, 15.92, 15.2, 20.38, 19.34,
37          15.04])
37 nbl71=array([9.67, 22.61, 45.64, 61.33, 98.48, 121.12, 160, 193, 240,
38          265, 319, 340, 378, 396, 421, 443, 469, 505, 534, 542, 574, 580])
38 nbd71=array([0, 0, 5.55, 8.32, 12.36, 15.23, 17.94, 20.29, 21.96, 21.54,
39          21.26, 21.26, 21.37, 22.1, 20.68, 21.1, 21.34, 21.13, 21.8, 21.16,
40          20.76, 17.18])
39 nbl72=array([7.42, 17.44, 37.57, 51.92, 82.1, 103.65, 154.33, 184, 234,
41          260, 336, 360, 401, 426, 457, 475, 504, 540, 561, 574, 574, 611])
40 nbd72=array([0, 0, 5.81, 7.51, 11.16, 13.4, 16.62, 20.41, 20.1, 20.91,
42          22.72, 21.07, 20.7, 21.22, 21.14, 21.64, 23.44, 20.34, 23.19, 20.86,
43          20.61, 22.21])
41 nbl82=array([26.34, 47.06, 86.85, 131.37, 204, 250, 361, 468, 538, 562,
44          652, 650, 660, 650, 651, 661])
42 nbd82=array([4.68, 7.69, 12.61, 17.48, 26.37, 29.35, 29.9, 30.96, 34.87,
45          31.27, 32.77, 31.5, 31.3, 31.09, 31.01, 29.54])
43 nbl91=array([31.13, 50.14, 72.98, 108.07, 141.82, 190, 230, 300, 341,
46          406, 444, 512, 518, 530, 544, 587, 615, 711, 798, 856, 871, 907, 929,
47          920, 922, 923, 927])
44 nbd91=array([0, 4.45, 7.66, 11.45, 14.14, 15.86, 16.81, 18.4, 18.11,
48          18.19, 18.5, 17.33, 19.34, 18.5, 17.66, 17.85, 19.17, 17.73, 17.89,
49          17.54, 19.65, 19.32, 18.83, 17.57, 18.95, 19.27, 19.61])
45 nbl93=array([10.07, 25.1, 37.12, 64.56, 82.85, 137.08, 182, 244, 273,
50          351, 356, 369, 381, 414, 431, 464, 480, 494, 506, 550, 570, 578, 586,
51          595, 582])
46 nbd93=[0, 3.67, 6.2, 9.83, 11.22, 16.42, 20.09, 22.37, 21.75, 23.15,
52          21.8, 23.01, 22.2, 23.81, 24.29, 23.71, 23.22, 23.48, 23.66, 24.7,
53          21.93, 23.04, 22.97, 22.95, 21.9])
47 nbl102=array([30.36, 51.19, 86.89, 117.43, 152.94, 189, 247, 292, 341,
54          353, 412, 412, 418, 420, 421, 411])
48 nbd102=array([4.40, 7.78, 8.92, 11.02, 12.36, 17.23, 18.94, 19.24, 19.67,
55          19.42, 19.65, 18.38, 18.15, 19.21, 19.41, 22.11])
49 nbl103=array([13.46, 26.99, 48.05, 69.54, 110.09, 134.95, 204, 255, 287,
56          300, 364, 352, 365, 368, 370, 360])
50 nbd103=array([0, 3.81, 6.98, 8.71, 10.36, 15.51, 16.3, 16.31, 17.77,
57          18.55, 16.66, 17.6, 17.16, 21.95, 22.04, 22.54])
51 x=concatenate((nbl11, nbl12, nbl22, nbl23, nbl33, nbl34, nbl35, nbl36, nbl41,
52          nbl42, nbl43, nbl51, nbl63, nbl64, nbl65, nbl71, nbl72, nbl82, nbl91, nbl93,
53          nbl102, nbl103), axis=None)
54 y=concatenate((nbd11, nbd12, nbd22, nbd23, nbd33, nbd34, nbd35, nbd36, nbd41,
55          nbd42, nbd43, nbd51, nbd63, nbd64, nbd65, nbd71, nbd72, nbd82, nbd91, nbd93,
56          nbd102, nbd103), axis=None)
57 long, _ = sc.optimize.curve_fit(rac, x, y)
58 z=rac(x,*long)
59 plot(sorted(x), sorted(z), 'g')
60 plot(x,y, 'bo')
61 xlabel('$Longitud$')
62 ylabel(r'$Di\`ametro$')
63 legend([r'$y=kx^{\alpha}$', '$Brote$'])
64 title('$Hylocerus\`Undatus\`Natural$')
65 print 'a', long[0]
66 print 'k', long[1]
67 error=sum((y-z)**2)

```

```

64 relativo=error/sum(y**2)
65 print "Error relativo", relativo
66 savefig('NaturalPrimera.eps')
67 show()

```

Código fuente del ajuste con el modelo sigmoidal

En este código se calculan los parámetros k , α y q por medio de mínimos cuadrados no lineales. En el código α es denotada por a . En el código anterior el único cambio es considerar la función:

```

1 def rac(x,a,b,k):
2     return (k*x**a)/(1+q*x**a)

```

2.5.2. Sustrato con composta

Código fuente del ajuste con el modelo alométrico

En el código α es denotada por a .

```

1 from numpy import *
2 from matplotlib.pyplot import *
3 from scipy.optimize import leastsq
4 import scipy as sc
5
6 def rac(x,a,k):
7     return k*x**a
8 cbl11=array([5.9])
9 cbd11=array([0])
10 cbl12=array([16.52, 13.62, 33.23, 49.81, 92.82, 127.76, 204, 242, 434,
11             482, 566, 610, 691, 721, 780])
12 cbd12=array([0, 0, 5.83, 7.96, 11.43, 19.06, 21.08, 20.58, 22.41, 22.82,
13             25.4, 21.82, 25.43, 27.1, 25.63])
14 cbl13=array([7.34, 12.09, 21.43, 20.55])
15 cbd13=array([6.98, 9.12, 13.28, 11.42])
16 cbl14=array([9.67, 48.25, 107.54, 134.06, 281, 260, 380, 415, 420, 420])
17 cbd14=array([0, 6.14, 12.13, 15.35, 29.08, 27.16, 31.94, 29.83, 29.76,
18             29.32])
19 cbl15=array([24.11, 57.75, 71.95, 152.6, 206, 235, 238, 240, 260])
20 cbd15=array([0, 8.36, 7.89, 19.48, 25.12, 24.66, 24.05, 25.06, 24.14])
21 cbl16=array([14.13, 50.94, 66.68, 153, 204, 230, 239, 240, 256])
22 cbd16=array([0, 8.38, 9.41, 23.18, 25.46, 26.24, 26.01, 26.1, 26.17])
23 cbl17=array([9.99, 34.44, 46.92, 123.44, 172])
24 cbd17=array([0, 5.21, 7.77, 22.72, 27.69])
25 cbl18=array([9.15, 24.21, 42.93, 112.67, 146.39, 157])
26 cbd18=array([0, 6.47, 9.62, 26.47, 29.65, 26.76])
27 cbl19=array([2.45, 3.54, 4.04])
28 cbd19=array([0, 0, 0])
29 cbl110=array([2.26, 17.35, 23.13, 58.42, 63.74, 66.27, 66.55, 66.99,
30             66.9])
31 cbd110=array([0, 0, 3.21, 8.46, 11.81, 10.58, 13.05, 13.4, 14.12])
32 cbl121=array([11.09, 17.45, 32.87, 41.44, 74.42, 102.57, 162, 203, 419,
33             480, 576, 649, 740, 813])

```

```

29 cbd21=array([0, 0, 4.08, 6.24, 9.96, 12.41, 18.19, 18.77, 24.99, 25.42,
26.43, 24.81, 25.56, 24.64])
30 cbl22=array([17.59, 29.26, 122.76, 200, 250, 268, 273, 274])
31 cbd22=array([0, 5.91, 24.84, 32.55, 36.47, 32.05, 31.86, 37.78])
32 cbl23=array([10.07, 16.97, 78.29, 125])
33 cbd23=array([0, 0, 12.03, 18.14])
34 cbl24=array([19.53, 32.03, 124.95, 200, 227, 269, 274,270])
35 cbd24=array([0, 3.97, 17.08, 25.91, 31.71, 35.5, 36.1, 32.98])
36 cbl25=array([14.06, 22.93, 111.54, 172, 200, 198, 196, 194])
37 cbd25=array([0, 5.37, 20.64, 25.71, 35.78, 34.92, 33.31, 35.31])
38 cbl26=array([11.54, 20.44, 96.76, 161, 183, 170, 166, 164])
39 cbd26=array([0, 0, 17.16, 29.97, 35.24, 34.09, 33.62, 39.33])
40 cbl27=array([5.21, 9.68, 71.94, 126.46])
41 cbd27=array([0, 0, 13.58, 25.58])
42 cbl28=array([3.23, 5.43, 43.59, 73.82, 86.41, 97.01, 100, 102.32])
43 cbd28=array([0, 0, 8.24, 14.24, 17.29, 17.56, 17.84, 20.31])
44 cbl33=array([11.43, 24.79, 44.95, 65.84, 102.75, 134, 224, 290, 316,
329])
45 cbd33=array([0, 0, 7.77, 9.18, 13.74, 16.44, 19.94, 18.87, 19.97, 19.89])
46 cbl34=array([8.15, 15.77, 28.65, 17.22, 65.91, 85.86, 155, 212, 268,
291])
47 cbd34=array([0, 0, 4.05, 5.6, 8.43, 10.33, 16.67, 16.86, 16.34, 16.24])
48 cbl35=array([17.69, 51.2, 75.13, 101.34, 104.82, 112.15])
49 cbd35=array([0, 17.01, 36.28, 45.03, 49.65, 49.56])
50 cbl36=array([14.62, 28.36, 50.95, 55.34,73.42])
51 cbd36=array([0,9.33, 25.21, 25.27, 31.31])
52 cbl37=array([17.54, 33.51, 50.02, 54.4, 73.64])
53 cbd37=array([0, 10.84, 17.15, 18.32, 23.97])
54 cbl41=array([11.44, 20.38, 39.28, 54.69, 83.9, 95.85, 120.93, 114.96])
55 cbd41=array([0, 0, 17.44, 23.88, 27.6, 29.47, 32.44, 26.16])
56 cbl42=array([6.41, 12.35, 17.51, 20.54, 22.12, 16.84])
57 cbd42=array([0, 8.3, 11.08, 11.64, 9.98, 7.23])
58 cbl43=array([2.555])
59 cbd43=array([0])
60 cbl44=array([4.51, 91.75, 139.66, 215, 276, 360, 410, 534, 651, 726, 744,
810, 820, 800, 796, 794, 800])
61 cbd44=array([0, 8.78, 13.71, 18.69, 23.87, 28.44, 29.79, 30.47, 29.23,
32.21, 31.09, 30.6, 28.95, 27.44, 26.69, 26.61, 31.46])
62 cbl45=array([57.61, 91.42, 144.04, 193, 249, 289, 370, 420, 464, 473,
524, 552, 590, 597,1000,620])
63 cbd45=array([7.38, 12.17, 13.43, 14.8, 18.44, 23.02, 24.18, 23.77, 23.42,
23.49, 18.16, 21.57, 28.35, 23.06, 22.28, 23.64])
64 cbl46=array([57.01, 86.62, 131.09, 180, 216, 233, 272, 326, 370, 276,
423, 448])
65 cbd46=array([6.5, 7.93, 10.94, 15.22, 18.75, 18.57, 17.94, 18.75, 17.45,
19.94, 18.94, 19.19])
66 cbl47=array([32.27, 55.56, 90.7, 113.16, 149.97, 182, 211, 251, 292, 312,
320, 322, 316, 323, 329, 315])
67 cbd47=array([4.5, 5.96, 12.15, 11.24, 17.54, 19.96, 19.27, 19.99, 20.92,
19.79, 18.44, 19.04, 18.61, 20.73, 21.45, 19.66])
68 cbl48=array([23.02, 41.17, 74.46, 103.61, 139.38, 177, 248, 315, 362,
384, 343, 341, 357, 365, 371,394])
69 cbd48=array([4.42, 5.41, 8.4, 11.55, 14.9, 17.95, 16.32, 16.56, 16.52,
18.69, 17.6, 16.5, 16.49, 18.45, 19, 17.92])
70 cbl49=array([11.18, 20.05, 37.13, 50.43, 70.76, 90.62, 117.05, 162, 190,
193, 210, 216, 220, 216, 211, 224])
71 cbd49=array([0, 3.2, 5.28, 6.45, 12.25, 12.7, 16.13, 15.79, 15.04, 15.48,
21.01, 24.36, 21.93, 21.99, 22.51, 22.64])
72 cbl410=array([14.51, 41.09, 46.06, 84.78])

```

```

73 cbd410=array([0, 14.8, 15.1, 20.61])
74 cbl52=array([8.94, 20.85, 48.6, 70.41, 232, 283, 329, 385, 436, 465, 518,
530, 563, 579, 566])
75 cbd52=array([0, 3.6, 4.38, 6.84, 19.7, 19.16, 19.56, 19.17, 19.39, 20.5,
22.48, 21.78, 16.85, 20.43, 22.18])
76 cbl53=array([26.49, 87.84, 138.52, 162, 252, 280, 300, 305, 132, 137.36])
77 cbd53=array([0, 9.67, 12.95, 15.35, 19.06, 18.2, 18.91, 18.09, 18,
19.24])
78 cbl54=array([23.87, 73.26, 104.67, 120.49, 170, 175, 176, 180, 182, 176])
79 cbd54=array([0, 4.65, 8.72, 9.9, 13.51, 10.63, 14.46, 14.05, 13, 13.75])
80 cbl55=array([19.16, 63.92, 105.02, 117.53, 180, 200, 212, 210, 210, 210])
81 cbd55=array([0, 5.92, 9.53, 11.77, 15.54, 10.11, 17.96, 21.35, 22.47,
28.19])
82 cbl56=array([16.14, 57.41, 108.84, 129.36, 129.26])
83 cbd56=array([0, 8.94, 11.24, 14.03, 20.26])
84 cbl57=array([13.61, 52.11, 94.43, 109.69, 190, 225, 250, 278, 280, 295])
85 cbd57=array([0, 7.34, 14.65, 16.83, 22.04, 22.91, 24.05, 25.05, 25.69,
29.27])
86 cbl58=array([23.85, 34.65, 48.87, 91.05, 118.8, 160, 162, 164, 172])
87 cbd58=array([0, 6.76, 8.18, 13.28, 21.45, 20.57, 19.21, 19.03,16.61])
88 cbl62=array([5.37, 15.86, 29.63, 54.71, 80.45, 239, 304, 363, 405, 484,
511, 611, 684, 754, 764, 720, 780, 335, 440, 450, 450])
89 cbd62=array([0, 0, 5.28, 6.26, 9.22, 17.71, 22.9, 22.81, 26.48, 23.49,
27.92, 26.2, 21.45, 21.04, 21.35, 26.72, 18.05, 20.06, 21.01, 21.31,
21.15])
90 cbl63=array([20.58, 62.61, 131.6, 173, 240, 286, 300, 307, 309])
91 cbd63=array([0, 8.8, 17.59, 19.92, 24.18, 22.7, 19.45, 18.05, 17.91])
92 cbl64=array([19.51, 65.64, 24.45, 145.48, 230, 294, 314, 326, 330, 390])
93 cbd64=array([0, 9.88, 15.64, 19.52, 27.68, 26.93, 24.26, 25.98, 26.04,
35.94])
94 cbl65=array([10.94, 46.37, 88.83, 106.88, 180, 204, 218, 226, 228, 253])
95 cbd65=array([0, 7.99, 13.06, 13.75, 25.52, 25.05, 23.31, 23.12, 22.48,
26.93])
96 cbl66=array([8.45, 47.56, 92.25, 112.37, 190, 252, 240, 270, 273, 290])
97 cbd66=array([0, 8.69, 11.72, 18.11, 28.77, 25.98, 27.15, 27.4, 27.37,
27.39])
98 cbl67=array([8.98, 7.55, 45.81, 52.36, 70, 81.81, 85.74, 84.06, 83.46,
87.61])
99 cbd67=array([0, 0, 7.07, 10.39, 17.5, 20.34, 19.18, 18.02, 17.24, 18.77])
100 cbl68=array([5.66, 35.76, 73.1, 84.99, 160, 152.1, 153, 180, 183, 194])
101 cbd68=array([5.59, 11.85, 13.34, 23.72, 23.72, 22.08, 22.49, 21, 21.62,
21.76])
102 cbl71=array([38.69, 65.78, 99.51, 144.3, 182, 230, 270, 330, 370, 427,
457, 590, 606, 636, 666, 676, 697, 710, 742, 756, 775, 652, 660, 650,
655, 654, 680])
103 cbd71=array([0, 7.39, 9.12, 14.15, 17.24, 18.41, 17.58, 20.01, 19.65,
18.76, 20.83, 17.93, 19.78, 20.15, 19.2, 19.03, 19.59, 18.07, 18.65,
17.9, 19.45, 19.09, 20.08, 18.86, 18.55, 18.29, 16.84])
104 cbl72=array([35.15, 63, 94.38, 141.58, 169, 210, 240, 280, 314, 320, 340,
442, 444, 470, 490, 483, 509, 527, 549, 570, 571, 190, 280, 291,
288, 285, 280])
105 cbd72=array([0, 7.02, 10.55, 14.44, 16.12, 18.28, 17.81, 20.91, 16.6,
17.11, 18.12, 17.18, 18.46, 17.58, 17.14, 18.64, 19.9, 18.97, 17.22,
14.84, 19.04, 16.52, 18.04, 17.28, 17.01, 16.93, 18.28])
106 cbl73=array([15.9, 33.31, 55.51, 85.46, 106.93, 139.54, 153.08, 200, 210,
227, 238, 320, 330, 361, 410, 459, 468, 570, 671, 730, 779, 400,
390, 360, 375, 380, 380])
107 cbd73=array([0, 0, 6.8, 8.58, 10.54, 13.17, 14.5, 15.04, 17.78, 15.7,
16.08, 17.35, 18.05, 17.7, 16.77, 16.43, 17.39, 16.51, 19.46, 18.05,

```

```

17.48, 17.34, 16.72, 17.29, 19.95, 20.57, 21.02])
108 cbl74=array([6.22, 19.03, 33.35, 55.78, 69.28, 99.01, 115.44, 171, 200,
222, 236, 318, 345, 347, 391, 437, 441, 514, 514, 535, 546, 360, 380,
372, 362, 360, 379])
109 cbd74=array([0, 0, 4.28, 7.38, 9.37, 10.58, 13.28, 16.72, 15.31, 17.38,
16.49, 17.44, 17.56, 18.44, 16.71, 17.16, 16.46, 17.19, 15.81, 17.53,
18.72, 19.21, 19.05, 16.89, 18.82, 18.95, 18.05])
110 cbl75=array([8.96, 28.95, 65, 68, 102.27])
111 cbd75=array([0, 6.53, 18.02, 18.39, 31.14])
112 cbl82=array([5.6, 18.38, 32.38, 55.68, 75.63, 115.9, 139.71, 210, 241,
300, 326, 475, 525, 576, 624, 668, 684, 711, 795, 830, 860])
113 cbd82=array([0, 0, 4.74, 8.04, 10.39, 13.73, 16.28, 19.84, 20.15, 21.27,
21.03, 23.22, 21.41, 23.44, 22.03, 22.21, 20.85, 22.13, 24.05, 26.47,
21.12])
114 cbl83=array([8.28, 49.41, 111.27, 140.6])
115 cbd83=array([0, 5.96, 13.45, 15.46])
116 cbl84=array([2.92, 34.25, 80.58, 107.87])
117 cbd84=array([0, 5.91, 9.96, 12.26])
118 cbl85=array([16.69, 21.72])
119 cbd85=array([0, 14])
120 cbl86=array([8.1])
121 cbd86=array([0])
122 cbl91=array([5.37, 11.06, 28.82, 53.62, 55.11, 132.38, 330, 394, 470,
544, 611, 669, 719, 745, 775, 780, 840, 822, 860, 895, 900, 846])
123 cbd91=array([0, 0, 6.33, 9.02, 15.19, 18.09, 23.95, 23.06, 23.54, 24.93,
22.14, 22.13, 24.76, 24.53, 24.99, 23.63, 22.57, 19.81, 22.5, 21.9,
20, 23.82])
124 cbl93=array([17.75, 57.15, 78, 223, 300, 370, 396, 400, 440])
125 cbd93=array([0, 7.89, 10.68, 22.87, 27.87, 27.92, 28.62, 28.83, 30.26])
126 cbl94=array([6.81])
127 cbd94=array([0])
128 cbl95=array([6.38, 32.11, 40.45, 119.59, 200, 220, 220, 230])
129 cbd95=array([0, 4.5, 28.5, 17.63, 21.38, 29.18, 32.01, 32.63, 29.66])
130 cbl96=array([16.52, 28.75, 88.36, 127.93, 69.52, 70, 70.56])
131 cbd96=array([0, 4.35, 12.06, 19.29, 18.08, 18.63, 18.92])
132 cbl97=array([11.75, 26.83, 69.11, 106.34, 124.97, 135.12, 137.08,
152.55])
133 cbd97=array([0, 0, 11.44, 20.81, 24.05, 27.94, 28.01, 28.91])
134 cbl101=array([4.9, 17.12, 31.59, 64.08, 93.81, 148.69, 192, 364, 425,
472, 506, 552, 564, 630, 670, 660, 650, 660, 640])
135 cbd101=array([0, 0, 5.22, 7.13, 7.14, 15.46, 17.42, 20.58, 22.61, 23.9,
22.55, 25.07, 20.63, 21.59, 21.05, 21.03, 19, 22.76, 20.45])
136 cbl102=array([9.66, 16.24, 43.43, 66.05, 106.47, 142, 315, 345, 403, 452,
512, 535, 609, 615, 540, 560])
137 cbd102=array([0, 0, 5.51, 7.63, 11, 13.11, 19.86, 23.98, 19.64, 19.71,
17.4, 20.14, 18.73, 18.31, 16.65, 19.81])
138 cbl103=array([3.81, 4.41, 5.88, 5.39, 5.79, 4.82])
139 cbd103=array([0, 0, 0, 0, 0, 0])
140 cbl104=array([10.05, 56.64, 133.9, 169, 319, 360, 381, 398, 400, 390])
141 cbd104=array([0, 6.57, 10.96, 14.66, 24.27, 25.46, 25.68, 25.5, 25.41,
30])
142 cbl105=array([29.08, 70.25, 87, 210, 266, 294, 300, 290, 297])
143 cbd105=array([4.89, 8.8, 16.98, 20.72, 28.49, 33.05, 33.1, 33.15, 26.72])
144 cbl106=array([24.3, 66.56, 84.2, 206, 260, 290, 291, 292, 320])
145 cbd106=array([3.83, 8.11, 11.12, 22.04, 26.2, 26.05, 29.01, 29.62,
23.71])
146 cbl107=array([5.67])
147 cbd107=array([0])

```

```

148 cbl108=array([5.26, 18.77, 25.22, 63.62, 83.04, 87.6, 88.93, 89.51,
90.24])
149 cbd108=array([0, 0, 5.26, 13.34, 17.02, 16.9, 22.05, 23.66, 16.41])
150 x=concatenate((cbl11, cbl12, cbl13, cbl14, cbl15, cbl16, cbl17, cbl18, cbl19,
cbl110, cbl21, cbl22, cbl23, cbl24, cbl25, cbl26, cbl27, cbl28, cbl33, cbl34,
cbl43, cbl44, cbl45, cbl46, cbl47, cbl48, cbl49), axis=None)
151 x=concatenate((x, cbl52, cbl53, cbl54, cbl55, cbl56, cbl57, cbl58, cbl62, cbl63,
cbl64, cbl65, cbl66, cbl67, cbl68, cbl71, cbl72, cbl73, cbl74), axis=None)
152 x=concatenate((x, cbl82, cbl83, cbl84, cbl85, cbl86, cbl91, cbl93, cbl94, cbl95,
cbl96, cbl97, cbl101, cbl102, cbl103, cbl104, cbl105, cbl106, cbl107, cbl108),
axis=None)
153 x=concatenate((x, cbl35, cbl36, cbl37, cbl410, cbl75), axis=None)
154 y=concatenate((cbd11, cbd12, cbd13, cbd14, cbd15, cbd16, cbd17, cbd18, cbd19,
cbd110, cbd21, cbd22, cbd23, cbd24, cbd25, cbd26, cbd27, cbd28, cbd33, cbd34,
cbd43, cbd44, cbd45, cbd46, cbd47, cbd48, cbd49), axis=None)
155 y=concatenate((y, cbd52, cbd53, cbd54, cbd55, cbd56, cbd57, cbd58, cbd62, cbd63,
cbd64, cbd65, cbd66, cbd67, cbd68, cbd71, cbd72, cbd73, cbd74), axis=None)
156 y=concatenate((y, cbd82, cbd83, cbd84, cbd85, cbd86, cbd91, cbd93, cbd94, cbd95,
cbd96, cbd97, cbd101, cbd102, cbd103, cbd104, cbd105, cbd106, cbd107, cbd108),
axis=None)
157 y=concatenate((y, cbd35, cbd36, cbd37, cbd410, cbd75), axis=None)
158 long, _ = sc.optimize.curve_fit(rac, x, y)
159 z=rac(x, *long)
160 plot(sorted(x), sorted(z), 'g')
161 plot(x, y, 'bo')
162 xlabel('$Longitud$')
163 ylabel(r'$Di\`'ametro$')
164 legend([r'$y=kx^{\alpha}$', '$Brote$'])
165 title('$Hylocerus\`'Undatus\`'Composta$')
166 print _'a', _long[0]
167 print _'k', _long[1]
168 error=sum((y-z)**2)
169 relativo=error/sum(y**2)
170 print _"Error relativo", _relativo
171 savefig('CompostaPrimera.eps')
172 show()

```

Código fuente del ajuste con el modelo sigmoidal

En este código se calculan los parámetros k , α y q por medio de mínimos cuadrados no lineales. En el código α es denotada por a . En el código anterior el único cambio a considerar es la función:

```

1 def rac(x, a, b, k):
2     return (k*x**a)/(1+q*x**a)

```

2.5.3. Tablas de datos

Planta 1 (Sustrato Natural)						
Fecha	Brote 1		Brote 2		Brote 3	
	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro
02-04-19	25.88	4.78	24.59	4.31	1.95	0
05-04-19	48.92	5.6	44.54	5.39		
09-04-19	89.43	12.21	85.17	9.13		
12-04-19	121.54	16.28	116.28	12.26		
23-04-19	265	22.64	292	17.28		
26-04-19	290	22.87	325	20.91		
30-04-19	305	23.44	362	20.68		
03-05-19	324	24.04	297	16.88		
07-05-19	343	25.08	444	16.62		
10-05-19	360	20.14	464	21.61		
17-05-19	405	23.34	536	19.38		
24-05-19	455	25.78	610	19.93		
29-05-19	491	20.04	646	20.49		
31-05-19	500	24.54	640	21.06		
11-06-19	530	24.07	681	22.54		
19-06-19	515	21.78	654	20		
26-06-19	530	26.61	685	19.22		
02-07-19	530	25.43	684	19.21		
05-07-19	529	21.45	682	19.3		
10-07-19	520	23.62	681	19.35		

Planta 2 (Sustrato Natural)				
Fecha	Brote 1		Brote 2	
	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro
29-03-19				
02-04-19	3.55	0		
05-04-19	4	3.81		
09-04-19	67.17	5.86	17.7	0
12-04-19	101.52	8.26	26.58	3.91
23-04-19	189	17.06	100.14	10.65
26-04-19	328	15.81	131.11	11.16
30-04-19	398	19.89	179	19.69
03-05-19	429	17.8	214	19.39
07-05-19	473	20.11	262	22.64
10-05-19	504	20.74	297	20.87
17-05-19	561	18.66	380	22.86
24-05-19	640	19.08	458	23.35
29-05-19	702	20.97	503	25.28
31-05-19	726	20.16	516	24.76
11-06-19	772	21.76	609	25.7
19-06-19	796	20.68	615	25.04
26-06-19	830	21.21	590	24.94
02-07-19	828	21.18	590	24.91
05-07-19	820	20.32	594	24.65
10-07-19	800	21.22	602	24.01

Planta 3 (Sustrato Natural)								
Fecha	Brote 1		Brote 2		Brote 3		Brote 4	
	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro
15-03-19								
19-03-19								
22-03-19								
26-03-19								
29-03-19								
02-04-19								
05-04-19								
09-04-19								
12-04-19	9.53	0						
23-04-19	80.75	8.63	69.91	8.49	38.42	4.79	38.06	5.27
26-04-19	11.29	12.17	100.21	12.4	55.5	6.67	58.22	8.11
30-04-19	148.77	15.71	108.16	16.47	77.26	10.79	94.48	11.73
03-05-19	180	13.96	115.39	18.06	94.35	12.92	126.53	12.4
07-05-19	210	20.48	127.55	22.47	114.65	16.42	181	17.51
10-05-19	237	21.37	124.34	23.33	127.64	17.84	212	19.39
17-05-19	285	20.36	146.39	24.27	152.45	18.27	307	19.39
24-05-19	329	19.08	196	22.3	197	17.36	380	18.98
29-05-19	362	20.8	237	21.93	215	18.09	399	19.47
31-05-19	366	20.76	252	23.95	219	18.16	390	19.44
11-06-19	409	21.48	319	20.16	236	18.3	397	19.2
19-06-19	407	19.6	315	21.78	236	18.02	406	18.38
26-06-19	408	21.11	320	20.26				
02-07-19	410	20.95	318	19.9				
05-07-19	411	20.57	318	19.5				
10-07-19	409	20.75	320	22.19				

Planta 4 (Sustrato Natural)								
Fecha	Brote 1		Brote 2		Brote 3		Longitud	Diámetro
	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro		
08-03-19	24.77	0	23.55	0				
12-03-19	46.38	6.29	16.45	4.94				
15-03-19	69.55	10.14	57.94	6.6	3.94	0		
19-03-19	111.09	10.23	100.99	12.85				
22-03-19	141.98	17.84	119.38	14.07				
26-03-19	200	19.46	180	17.67				
29-03-19	230	20.44	211	17.28				
02-04-19	296	22.6	270	17.51				
05-04-19	320	21.7	304	17.84				
09-04-19	375	22.83	352	19.33				
12-04-19	400	17.4	367	18.74				
23-04-19	475	18.72	374	18.73				
26-04-19	494	20.74	386	18.17				
30-04-19	521	19.03	396	17.56				
03-05-19	551	19.67	411	18.1				
07-05-19	602	19.94	446	18.51				
10-05-19	641	18.84	449	19.46				
17-05-19	738	19.75	500	20.67				
24-05-19	806	20.56	558	19.64				
29-05-19	850	22.39	597	19.3				
31-05-19	870	19.28	611	19.75				
11-06-19	901	22.21	669	21.68				
19-06-19	940	23.78	680	18.58				
26-06-19	930	22.3	700	20.17				
02-07-19	932	22.5	710	20.15				
05-07-19	934	22.1	714	20.13				
10-07-19	934	21.63	729	19.51				

Planta 5 (Sustrato Natural)		
Brote 1		
Fecha	Longitud	Díámetro
08-03-19	15.62	0
12-03-19	34.65	5.28
15-03-19	52.95	7.42
19-03-19	88.89	10.16
22-03-19	115.65	12.5
26-03-19	170	14.65
29-03-19	219	15.44
02-04-19	265	15.79
05-04-19	320	19.57
09-04-19	390	18.9
12-04-19	432	18.82
23-04-19	602	16.76
26-04-19	635	15.86
30-04-19	687	17.5
03-05-19	724	17.65
07-05-19	768	16.57
10-05-19	794	18.53
17-05-19	857	15.94
24-05-19	914	18.41
29-05-19	963	17.15
31-05-19	986	18.68
11-06-19	1032	18.7
19-06-19	1031	17.19
26-06-19	1029	17.42
02-07-19	1041	18.01
05-07-19	1047	18.3
10-07-19		

Planta 6 (Sustrato Natural)						
Brote 1		Brote 2		Brote 3		
Fecha	Longitud	Díámetro	Longitud	Díámetro	Longitud	Díámetro
08-03-19						
12-03-19						
15-03-19						
19-03-19						
22-03-19						
26-03-19						
29-03-19						
02-04-19						
05-04-19						
09-04-19						
12-04-19						
23-04-19	10.35	0	5.51	0		
26-04-19	20.7	4.53	13.31	0		
30-04-19	45.08	6.56	30.82	5.45	21.57	3.94
03-05-19	69.99	8.05	50.51	4.66	36.26	4.4
07-05-19	111.3	13.9	84.06	10.12	54.13	6.97
10-05-19	140.84	16.31	108.6	11.79	73.6	7.53
17-05-19	212	18.2	188	16.59	118.35	13.56
24-05-19	273	19.17	226	20.19	150.4	15.92
29-05-19	331	17.64	277	17.61	160	15.2
31-05-19	340	18.21	293	19.04	169	20.38
11-06-19	401	16.35	342	21	174	19.34
19-06-19	429	17.56	340	18.47	170	15.04
26-06-19	430	17.06				
02-07-19	435	17.25				
05-07-19	436	17.37				
10-07-19	443	16.99				

Planta 7 (Sustrato Natural)				
Brote 1			Brote 2	
Fecha	Longitud	Díámetro	Longitud	Díámetro
08-03-19				
12-03-19	9.67	0	7.42	0
15-03-19	22.61	0	17.44	0
19-03-19	45.64	5.55	37.57	5.81
22-03-19	61.33	8.32	51.92	7.51
26-03-19	98.48	12.36	82.1	11.16
29-03-19	121.12	15.23	103.65	13.4
02-04-19	160	17.94	154.33	16.62
05-04-19	193	20.29	184	20.41
09-04-19	240	21.96	234	20.1
12-04-19	265	21.54	260	20.91
23-04-19	319	21.26	336	22.72
26-04-19	340	21.26	360	21.07
30-04-19	378	21.37	401	20.7
03-05-19	396	22.1	426	21.22
07-05-19	421	20.68	457	21.14
10-05-19	443	21.1	475	21.64
17-05-19	469	21.34	504	23.44
24-05-19	505	21.13	540	20.34
29-05-19	534	21.8	561	23.19
31-05-19	542	21.16	574	20.86
11-06-19	574	20.76	574	20.61
19-06-19	580	17.18	611	22.21
26-06-19				
02-07-19				
05-07-19				
10-07-19				

Planta 8 (Sustrato Natural)		
Brote 1		
Fecha	Longitud	Díámetro
08-03-19		
12-03-19		
15-03-19		
19-03-19		
22-03-19		
26-03-19		
29-03-19		
02-04-19		
05-04-19		
09-04-19		
12-04-19		
23-04-19	26.34	4.68
26-04-19	47.06	7.69
30-04-19	86.85	12.61
03-05-19	131.37	17.48
07-05-19	204	26.37
10-05-19	250	29.35
17-05-19	361	29.9
24-05-19	468	30.96
29-05-19	538	34.87
31-05-19	562	31.27
11-06-19	652	32.77
19-06-19	650	31.5
26-06-19	660	31.3
02-07-19	660	31.09
05-07-19	651	31.01
10-07-19	661	29.54

Planta 9 (Sustrato Natural)						
Brote 1		Brote 2		Brote 3		
Fecha	Longitud	Díámetro	Longitud	Díámetro	Longitud	Díámetro
08-03-19	31.13	0				
12-03-19	50.14	4.45	4.54	0		
15-03-19	72.98	7.66			10.07	0
19-03-19	108.07	11.45			25.1	3.67
22-03-19	141.82	14.14			37.12	6.2
26-03-19	190	15.86			64.56	9.83
29-03-19	230	16.81			82.85	11.22
02-04-19	300	18.4			137.08	16.42
05-04-19	341	18.11			182	20.09
09-04-19	406	18.19			244	22.37
12-04-19	444	18.5			273	21.75
23-04-19	512	17.33			351	23.15
26-04-19	518	19.34	S1		356	21.8
30-04-19	530	18.5			369	23.01
03-05-19	544	17.66			381	22.2
07-05-19	587	17.85			414	23.81
10-05-19	615	19.17			431	24.29
17-05-19	711	17.73			464	23.71
24-05-19	798	17.89			480	23.22
29-05-19	856	17.54			494	23.48
31-05-19	871	19.65			506	23.66
11-06-19	907	19.32			550	24.7
19-06-19	929	18.83			570	21.93
26-06-19	920	17.57			578	23.04
02-07-19	922	18.95			586	22.97
05-07-19	923	19.27			595	22.95
10-07-19	927	19.61			582	21.9

Planta 10 (Sustrato Natural)				
Brote 1			Brote 2	
Fecha	Longitud	Díámetro	Longitud	Díámetro
08-03-19				
12-03-19				
15-03-19				
19-03-19				
22-03-19				
26-03-19				
29-03-19				
02-04-19				
05-04-19				
09-04-19				
12-04-19				
23-04-19	30.36	4.4	13.46	0
26-04-19	51.19	7.78	26.99	3.81
30-04-19	86.89	8.92	48.05	6.98
03-05-19	117.43	11.02	69.54	8.71
07-05-19	152.94	12.36	110.09	10.36
10-05-19	189	17.23	134.95	15.51
17-05-19	247	18.94	204	16.3
24-05-19	292	19.24	255	16.31
29-05-19	341	19.67	287	17.77
31-05-19	353	19.42	300	18.55
11-06-19	412	19.65	364	16.66
19-06-19	412	18.38	352	17.6
26-06-19	418	18.15	365	17.16
02-07-19	420	19.21	368	21.95
05-07-19	421	19.41	370	22.04
10-07-19	411	22.11	360	22.54

Planta 1 (Sustrato con composta)																		
Fecha	Brote 1		Brote 2		Brote 3		Brote 4		Brote 5		Brote 6		Brote 7		Brote 8		Brote 9	
	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro
08-03-19																		
12-03-19																		
15-03-19																		
19-03-19	5.9	0	16.52	0														
22-03-19			13.62	0														
26-03-19			33.23	5.83														
29-03-19			49.81	7.96														
02-04-19			92.82	11.43														
05-04-19			127.76	19.06														
09-04-19			204	21.08														
12-04-19			242	20.58														
23-04-19			434	22.41														
26-04-19			482	22.82														
30-04-19			566	25.4														
03-05-19			610	21.82														
07-05-19			691	25.43														
10-05-19			721	27.1														
17-05-19			780	25.63	9.67	0												
24-05-19					48.25	6.14	24.11	0	14.13	0	9.99	Y.I	9.15	Y.I	2.45	0	2.26	0
29-05-19					107.54	12.13	57.75	8.36	50.94	8.38	34.44	5.21	24.21	6.47	3.54	0	17.35	0
31-05-19					134.06	15.35	71.95	7.89	66.68	9.41	46.92	7.77	42.93	9.62	4.04	0	23.13	3.21
11-06-19					281	29.08	152.6	19.48	153	23.18	123.44	22.72	112.67	26.47	4.98	0	58.42	8.46
19-06-19					269	27.16	206	25.12	204	25.46	172	27.69	146.39	29.65			63.74	11.81
26-06-19					380	31.94	235	24.66	230	26.24			157	26.76			66.27	10.58
02-07-19					415	29.83	238	24.05	239	26.01							66.55	13.05
05-07-19					420	29.76	240	25.06	240	26.1							66.99	13.4
10-07-19					420	29.32	260	24.14	256	26.17							66.9	14.12

Planta 2 (Sustrato con composta)																	
Fecha	Brote 1		Brote 2		Brote 3		Brote 4		Brote 5		Brote 6		Brote 7		Brote 8		
	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	
08-03-19																	
12-03-19																	
15-03-19																	
19-03-19	11.09	0															
22-03-19	17.45	0															
26-03-19	32.87	4.08															
29-03-19	41.44	6.24															
02-04-19	74.42	9.96															
05-04-19	102.57	12.41															
09-04-19	162	18.19															
12-04-19	203	18.77															
23-04-19	419	24.99															
26-04-19	480	25.42															
30-04-19	576	26.43															
03-05-19	649	24.81															
07-05-19	740	25.56															
10-05-19	813	24.64															
17-05-19																	
24-05-19																	
29-05-19		17.59	0	10.07	0	19.53	0	14.06	0	11.54	0	5.21	0	3.23	0		
31-05-19		29.26	5.91	16.97	0	32.03	3.97	22.93	5.37	20.44	0	9.68	0	5.43	0		
11-06-19		122.76	24.84	78.29	12.03	124.95	17.08	111.54	20.64	96.76	17.16	71.94	13.58	43.59	8.24		
19-06-19		200	32.55	125	18.14	200	25.91	172	25.71	161	29.97	126.46	25.58	73.82	14.24		
26-06-19		250	36.47			227	31.71	200	35.78	183	35.24			86.41	17.29		
02-07-19		268	32.05			269	35.5	198	34.92	170	34.09			97.01	17.56		
05-07-19		273	31.86			274	36.1	196	33.31	166	33.62			100	17.84		
10-07-19		274	37.78			270	32.98	194	35.31	164	39.33			102.32	20.31		

Planta 3 (Sustrato con composta)												
	Brote 1		Brote 2		Brote 3		Brote 4		Brote 5		Brote 6	
Fecha	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Logitud	Diámetro
08-03-19												
12-03-19												
15-03-19												
19-03-19												
22-03-19												
26-03-19												
29-03-19												
02-04-19												
05-04-19												
09-04-19	8.28	0										
12-04-19	108.59	4.63	11.43	0	8.15	0						
23-04-19	165	14.91	24.79	0	15.77	0						
26-04-19	240	19.81	44.95	7.77	28.65	4.05						
30-04-19	304	22.93	65.84	9.18	17.22	5.6						
03-05-19	389	22.81	102.75	13.74	65.91	8.43						
07-05-19												
10-05-19	431	28.15	134	16.44	85.86	10.33						
17-05-19	541	28.43	224	19.94	155	16.67						
24-05-19	624	30.61	290	18.87	212	16.86						
29-05-19	643	28.85	316	19.97	268	16.34						
31-05-19	671	29.1	329	19.89	291	16.24						
11-06-19							17.69	0				
19-06-19							51.2	17.01	14.62	0	17.54	0
26-06-19							75.13	36.28	28.36	9.33	33.51	10.84
02-07-19							101.34	45.03	50.95	25.21	50.02	17.15
05-07-19							104.82	49.65	55.34	25.27	54.4	18.32
10-07-19							112.15	49.56	73.42	31.31	73.64	23.97

Planta 4 (Sustrato con composta)																
	Brote 1		Brote 2		Brote 3		Brote 4		Brote 5		Brote 6		Brote 7		Brote 8	
Fecha	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Logitud	Diámetro
08-03-19																
12-03-19																
15-03-19	2.555	0														
19-03-19																
22-03-19																
26-03-19																
29-03-19																
02-04-19																
05-04-19																
09-04-19																
12-04-19		4.51	0													
23-04-19		91.75	8.78	57.61	7.38	57.01	6.5	32.27	4.5	23.02	4.42	11.18	0			
26-04-19		139.66	13.71	91.42	12.17	86.62	7.93	55.56	5.96	41.17	5.41	20.05	3.2			
30-04-19		215	18.69	144.04	13.43	131.09	10.94	90.7	12.15	74.46	8.4	37.13	5.28			
03-05-19		276	23.87	193	14.8	180	15.22	113.16	11.24	103.61	11.55	50.43	6.45			
07-05-19		360	28.44	249	18.44	216	18.75	149.97	17.54	139.38	14.9	70.76	12.25			
10-05-19		410	29.79	289	23.02	233	18.57	182	19.96	177	17.95	90.62	12.7			
17-05-19		534	30.47	370	24.18	272	17.94	211	19.27	248	16.32	117.05	16.13			
24-05-19		651	29.23	420	23.77	326	18.75	251	19.99	315	16.56	162	15.79			
29-05-19		726	32.21	464	23.42	370	17.45	292	20.92	362	16.52	190	15.04			
31-05-19		744	31.09	473	23.49	276	19.94	312	19.79	384	18.69	193	15.48			
11-06-19		810	30.6	524	18.16	423	18.94	320	18.44	343	17.6	210	21.01			
19-06-19		820	28.95	552	21.57	448	19.19	322	19.04	341	16.5	216	24.36			
26-06-19		800	27.44	590	28.35			316	18.61	357	16.49	220	21.93	14.51	0	
02-07-19		796	26.69	597	23.06			323	20.73	365	18.45	216	21.99	41.09	14.8	
05-07-19		794	26.61	1000	22.28			329	21.45	371	19	211	22.51	46.06	15.1	
10-07-19		800	31.46	620	23.64			315	19.66	394	17.92	224	22.64	84.78	20.61	

Planta 5 (Sustrato con composta)														
	Brote 1		Brote 2		Brote 3		Brote 4		Brote 5		Brote 6		Brote 7	
Fecha	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro
08-03-19														
12-03-19														
15-03-19														
19-03-19														
22-03-19														
26-03-19														
29-03-19														
02-04-19	8.94	0												
05-04-19	20.85	3.6												
09-04-19	48.6	4.38												
12-04-19	70.41	6.84												
23-04-19	232	19.7												
26-04-19	283	19.16												
30-04-19	329	19.56												
03-05-19	385	19.17												
07-05-19	436	19.39												
10-05-19	465	20.5												
17-05-19	518	22.48	26.49	0	23.87	0	19.16	0	16.14	0	13.61	0		
24-05-19	530	21.78	87.84	9.67	73.26	4.65	63.92	5.92	57.41	8.94	52.11	7.34	23.85	0
29-05-19	563	16.85	138.52	12.95	104.67	8.72	105.02	9.53	108.84	11.24	94.43	14.65	34.65	6.76
31-05-19	579	20.43	162	15.35	120.49	9.9	117.53	11.77	129.36	14.03	109.69	16.83	48.87	8.18
11-06-19	566	22.18	252	19.06	170	13.51	180	15.54	129.26	20.26	190	22.04	91.05	13.28
19-06-19			280	18.2	175	10.63	200	10.11			225	22.91	118.8	21.45
26-06-19			300	18.91	176	14.46	212	17.96			250	24.05	160	20.57
02-07-19			305	18.09	180	14.05	210	21.35			278	25.05	162	19.21
05-07-19			132	18	182	13	210	22.47			280	25.69	164	19.03
10-07-19			137.36	19.24	176	13.75	210	28.19			295	29.27	172	16.61

Planta 6 (Sustrato con composta)														
	Brote 1		Brote 2		Brote 3		Brote 4		Brote 5		Brote 6		Brote 7	
Fecha	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro
08-03-19														
12-03-19														
15-03-19														
19-03-19														
22-03-19														
26-03-19														
29-03-19	5.37	0												
02-04-19	15.86	0												
05-04-19	29.63	5.28												
09-04-19	54.71	6.26												
12-04-19	80.45	9.22												
23-04-19	239	17.71												
26-04-19	304	22.9												
30-04-19	363	22.81												
03-05-19	405	26.48												
07-05-19	484	23.49												
10-05-19	511	27.92												
17-05-19	611	26.2	20.58	0	19.51	0	10.94	0	8.45	0	8.98	0	5.66	0
24-05-19	684	21.45	62.61	8.8	65.64	9.88	46.37	7.99	47.56	8.69	7.55	0	35.76	5.59
29-05-19	754	21.04	131.6	17.59	24.45	15.64	88.83	13.06	92.25	11.72	45.81	7.07	73.1	11.85
31-05-19	764	21.35	173	19.92	145.48	19.52	106.88	13.75	112.37	18.11	52.36	10.39	84.99	13.34
11-06-19	720	26.72	240	24.18	230	27.68	180	25.52	190	28.77	70	17.5	160	23.72
19-06-19	780	18.05	286	22.7	294	26.93	204	25.05	252	25.98	81.81	20.34	152.1	22.08
26-06-19	335	20.06	300	19.45	314	24.26	218	23.31	240	27.15	85.74	19.18	153	22.49
02-07-19	440	21.01	307	18.05	326	25.98	226	23.12	270	27.4	84.06	18.02	180	21
05-07-19	450	21.31	309	17.91	330	26.04	228	22.48	273	27.37	83.46	17.24	183	21.62
10-07-19	450	21.15			390	35.94	253	26.93	290	27.39	87.61	18.77	194	21.76

Planta 9 (Sustrato con composta)												
	Brote 1		Brote 2		Brote 3		Brote 4		Brote 5		Brote 6	
Fecha	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro
08-03-19												
12-03-19												
15-03-19												
19-03-19												
22-03-19												
26-03-19	5.37	0										
29-03-19	11.06	0										
02-04-19	28.82	6.33										
05-04-19	53.62	9.02										
09-04-19	55.11	15.19										
12-04-19	132.38	18.09										
23-04-19	330	23.95										
26-04-19	394	23.06										
30-04-19	470	23.54										
03-05-19	544	24.93										
07-05-19	611	22.14										
10-05-19	669	22.13										
17-05-19	719	24.76										
24-05-19	745	24.53	17.75	0	6.81	0	6.38	0				
29-05-19	775	24.99	57.15	7.89			32.11	4.5	16.52	0	11.75	0
31-05-19	780	23.63	78	10.68			40.45	28.5	28.75	4.35	26.83	0
11-06-19	840	22.57	223	22.87			119.59	17.63	88.36	12.06	69.11	11.44
19-06-19	822	19.81	300	27.87			200	21.38	127.93	19.29	106.34	20.81
26-06-19	860	22.5	370	27.92			220	29.18	69.52	18.08	124.97	24.05
02-07-19	895	21.9	396	28.62			220	32.01	70	18.63	135.12	27.94
05-07-19	900	20	400	28.83			220	32.63	70.56	18.92	137.08	28.01
10-07-19	846	23.82	440	30.26			230	29.66			152.55	28.91

Planta 10 (Sustrato con composta)																
	Brote 1		Brote 2		Brote 3		Brote 4		Brote 5		Brote 6		Brote 7		Brote 8	
Fecha	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro
08-03-19																
12-03-19																
15-03-19																
19-03-19																
22-03-19	4.9	0														
26-03-19	17.12	0	9.66	0	3.81	0										
29-03-19	31.59	5.22	16.24	0	4.41	0										
02-04-19	64.08	7.13	43.43	5.51	5.88	0										
05-04-19	93.81	7.14	66.05	7.63	5.39	0										
09-04-19	148.69	15.46	106.47	11	5.79	0										
12-04-19	192	17.42	142	13.11	4.82	0										
23-04-19	364	20.58	315	19.86												
26-04-19	425	22.61	345	23.98												
30-04-19	472	23.9	403	19.64												
03-05-19	506	22.55	452	19.71												
07-05-19	552	25.07	512	17.4												
10-05-19	564	20.63	535	20.14												
17-05-19	630	21.59	609	18.73			10.05	0								
24-05-19	670	21.05	615	18.31			56.64	6.57	29.08	4.89	24.3	3.83	5.67	0	5.26	0
29-05-19	660	21.03	540	16.65			133.9	10.96	70.25	8.8	66.56	8.11			18.77	0
31-05-19	650	19	560	19.81			169	14.66	87	16.98	84.2	11.12			25.22	5.26
11-06-19	660	22.76					319	24.27	210	20.72	206	22.04			63.62	13.34
19-06-19	640	20.45					360	25.46	266	28.49	260	26.2			83.04	17.02
26-06-19							381	25.68	294	33.05	290	26.05			87.6	16.9
02-07-19							398	25.5	300	33.1	291	29.01			88.93	22.05
05-07-19							400	25.41	290	33.15	292	29.62			89.51	23.66
10-07-19							390	30	297	26.72	320	23.71			90.24	16.41

Bibliografía

- [1] Argüello P., E. y V. Jiménez V. **Periodos prolongados de sequía en pitahaya (*Hylocereus undatus* Hawort)**, Tesis profesional de ingeniero agrónomo especialista en **Fitotecnia**. Universidad Autónoma de Chapingo. 1997.
- [2] Bravo Hollis, Helia; Sánchez Mejorada, Hernandocoaut. **Las cactáceas de México**. 1978.
- [3] Gayon, Jean. **History of the concept of allometry**. American zoologist, vol. 40, no 5, 748-758, 2000.
- [4] Huxley, Julian S., **The variation in the width of the abdomen in immature fiddler crabs considered in relation to its relative growth-rate**. The American Naturalist, vol. 58, no 658, 468-475, 1924.
- [5] Huxley, Julian S., **Constant differential growth-ratios and their significance**. Nature, vol. 114, no 2877, 895-896, 1924.
- [6] J. A. Montesinos Cruz, L. Rodríguez-Larramendi, R. Ortiz-Pérez, M. d. I. Á. Fonseca-Flores, G. Ruíz Herrera, and F. Guevara-Hernández. **Pitahaya (*hylocereus spp.*) un recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco mexicano**, Cultivos Tropicales, vol. 36, 67-76, 2015.
- [7] Morales Ayala, Yiruba. **Desarrollo vegetativo de pitahaya (*Hylocereus spp.*) en respuesta a la aplicación de vermicompost y fertirriego**. 2018.
- [8] Morgan, T. H., **Variations in the secondary sexual characters of the fiddler crab**. Am. Nat. 54, 220-246, 1920.
- [9] D Mindek. **Mixtecos**. 2003.
- [10] H. Ayuntamiento constitucional 2017-2018, **Plan municipal del desarrollo 2017-2018 del municipio de la Heroica Ciudad de Huajuapán de León, Oaxaca**.