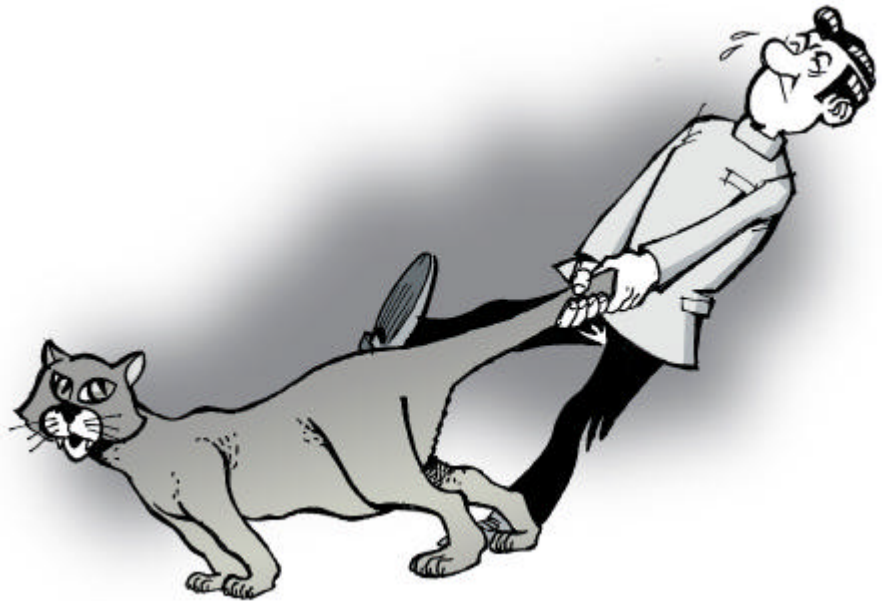


5.2. ECOLOGIA DE UNA RESERVA NATURAL

La Meseta de Kaibab es una superficie extensa y llana en el extremo norte del Gran Cañón de 1.000.000 acres. En 1907 el Presidente Roosevelt tomó la decisión de crear la Reserva Nacional de Caza del Gran Cañón, la cual incluía la Meseta de Kaibab. Se siguió la política de prohibir la caza de ciervos y dar una recompensa para incentivar la caza de pumas que eran los depredadores naturales del ciervo. En un breve plazo se cazaron cerca de 500 pumas. Como resultado del exterminio de pumas y de otros enemigos naturales del ciervo, la población de ciervos empezó a crecer muy rápidamente. La manada de ciervos se incrementó desde los 5.000 antes de 1907 a unos 50.000 en unos 15 años.

Cuando la población de ciervos creció los empleados del Servicio Forestal empezaron a advertir de que los ciervos podrían agotar la comida disponible en la meseta. Durante los inviernos de 1924 y 1925 murió casi el sesenta por ciento de la población de ciervos de la meseta.

La población de ciervos de la Meseta de Kaibab continuó disminuyendo durante los siguientes años, y finalmente se estabilizó en unos 10.000 hacia 1940.



DISEÑO DE UNA POLÍTICA

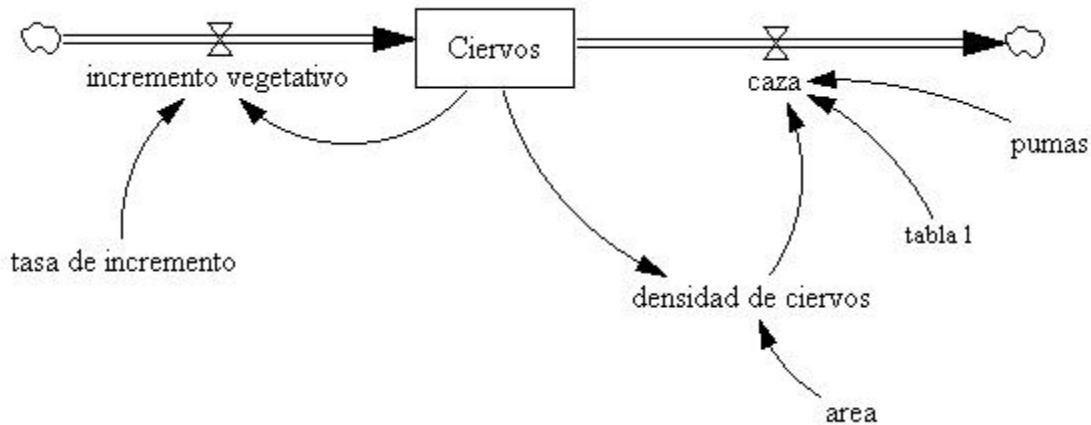
Ahora imagine que usted es un empleado del Servicio Forestal en 1930 y que ha sido encargado de la definición de una política para la gestión de la evolución de la población de ciervos de la Meseta de Kaibab. Para examinar algunas alternativas que le acerquen al problema usted decide crear un modelo.

Su principal preocupación es el crecimiento y rápido descenso de la población de ciervos observada en el período de 1900 a 1930, y su posible evolución futura desde 1930 a 1950. Por ello el periodo de análisis de su modelo abarcará desde 1900 a 1950, y el tema principal a analizar es la evolución del número de ciervos.

Una vez que haya creado el modelo correcto podrá utilizarlo para examinar el impacto de diferentes alternativas. Trate de conseguir un aumento estable del tamaño de la manada de ciervos de la meseta a partir de 1930 que es la fecha de su llegada.

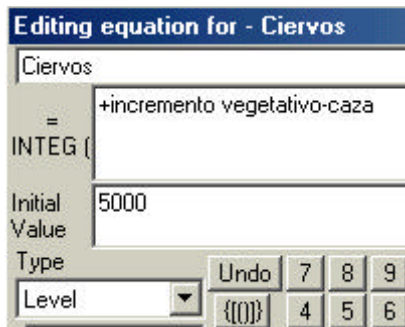
La información histórica sobre la Meseta de Kaibab se halla en la obra "Conceptos de Ecología" de E. Kormondy. El modelo se basa en un trabajo de D. Meadows y M. Goodman.

Modelo 1



(01) $\text{area} = 1000000$
Units: acres

(02) $\text{caza} = \text{tabla 1}(\text{densidad de ciervos}) * \text{pumas}$
Units: Ciervos/año
Los ciervos cazados por pumas son función de la densidad de ciervos por acre que existen. Está función la ponemos en la Tabla 1.



(03) $\text{Ciervos} = +\text{incremento vegetativo} - \text{caza}$
Initial value: 5000
Units: Ciervos
Los ciervos varían en función de su incremento vegetativo (nacimientos-defunciones naturales), menos los que son cazados por los pumas. Los ciervos iniciales son 5.000

(04) $\text{densidad de ciervos} = \text{Ciervos} / \text{area}$
Units: Ciervos/acres
Es el numero de ciervos por acre que existen.

(05) $\text{FINAL TIME} = 1950$
Units: año

(06) $\text{incremento vegetativo} = \text{Ciervos} * \text{tasa de incremento}$
Units: Ciervos/año
Es el producto del numero de ciervos por tu tasa de incremento vegetativo (neta)

(07) $\text{INITIAL TIME} = 1900$
Units: año

(08) pumas= 500
Units: pumas

(09) SAVEPER = 1

(10) tabla1 (0,0),(0.005,2),(0.01,4),(0.02,6),(0.1,8) ver nota al final

Units: Ciervos/año/pumas

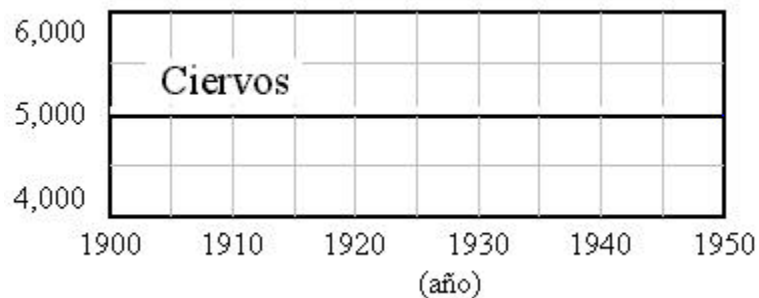
Los valores iniciales son de una densidad igual a 0,005 como resultado de dividir 5.000 ciervos / 1.000.000 acres. Con esta densidad cada puma devora 2 ciervos al año, aumentando las capturas a medida que se aumenta la densidad.

(11) tasa de incremento=0.2

Units: 1/año

Este porcentaje se toma, a falta de datos mas precisos, de la siguiente forma: vamos a considerar el incremento vegetativo neto, o sea nacimientos menos defunciones. Si cada hembra tuviese una cria al año la tasa sobre el total de población sería del 0,5. Suponiendo que los ciervos viven 10 años, le tendríamos que restar 0,1. Total 0,4. Ahora bien como no todas las hembras tendran cria, unas por muy jóvenes y otras por muy viejas, consideraremos que la tasa se reduce del 0,4 al 0,2.

(12) TIME STEP = 1



Editing equation for - tabla 1

tabla 1

{ (0,0),(0.005,2),(0.01,4),(0.02,6),(0.1,8) }

Type: Lookup

Variables Functions More

Choose Initial Variable...

Supplementary

As Graph Help

Units: Ciervos/año/pumas

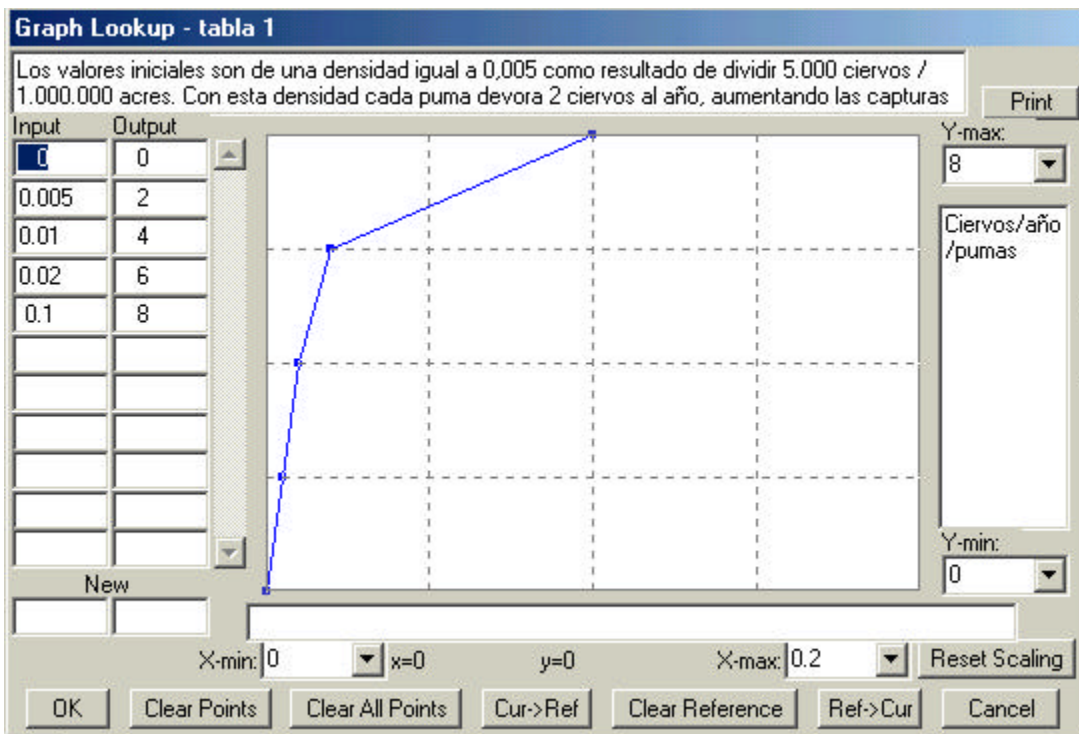
Comment: Los valores iniciales son de una densidad igual a 0,005 como resultado de dividir 5.000 ciervos / 1.000.000 acres. Con esta densidad cada puma devora 2 ciervos al año, aumentando las capturas a medida que se aumenta la densidad.

Minimum Value Maximum Value Increment

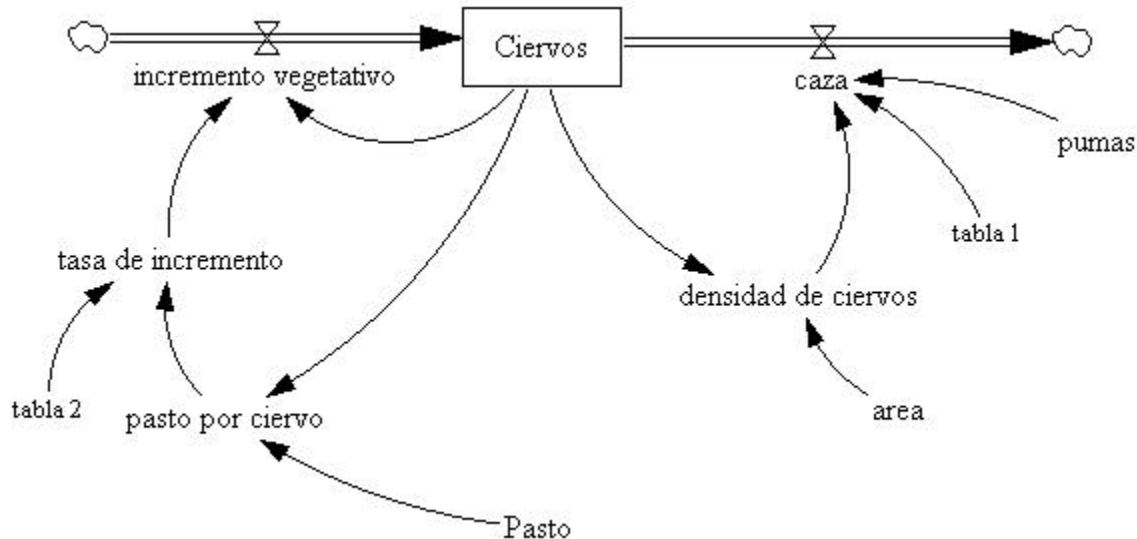
Errors: Equation OK

OK Check Syntax Check Model Delete Variable Cancel

Pulsando el botón de As Graph podemos definir con más comodidad los puntos de la tabla:



Modelo 2



- (01) $\text{area} = 1000000$
Units: acres
- (02) $\text{caza} = \text{tabla 1}(\text{densidad de ciervos}) * \text{pumas}$
Units: Ciervos/año
Los ciervos cazados por pumas son función de la densidad de ciervos por acre que existen. Está función la ponemos en la Tabla 1.
- (03) $\text{Ciervos} = +\text{incremento vegetativo} - \text{caza}$
Initial value: 5000
Units: Ciervos
Los ciervos varían en función de su incremento vegetativo (nacimientos-defunciones naturales), menos los que son cazados por los pumas.
- (04) $\text{densidad de ciervos} = \text{Ciervos} / \text{area}$
Units: Ciervos/acres
Es el número de ciervos por acre que existen.
- (05) $\text{FINAL TIME} = 1950$
- (06) $\text{incremento vegetativo} = \text{Ciervos} * \text{tasa de incremento}$
Units: Ciervos/año
Es el producto del número de ciervos por tu tasa de incremento vegetativo (neta)
- (07) $\text{INITIAL TIME} = 1900$
- (08) $\text{Pasto} = 100000$

Units: toneladas

En esta simulacion lo suponemos constante.

(09) pasto por ciervo= Pasto/Ciervos

Units: toneladas/Ciervos

Cantidad de pasto de que dispone cada ciervo por año. El valor inicial es de $100.000/5.000 = 20$

(10) pumas=500-STEP(500,1910)

Units: pumas

MODIFICADO. Eliminamos los pumas en 1910. La función STEP(N,T) nos permite simularlo, ya que reproduce una disminución de 500 en el año 1910.

(11) SAVEPER = 1

(12) tabla 1 (0,0),(0.005,2),(0.01,4),(0.02,6),(0.1,8)

Units: Ciervos/año/pumas

Los valores iniciales son de una densidad igual a 0,005 como resultado de dividir 5.000 ciervos / 1.000.000 acres. Con esta densidad cada puma devora 2 ciervos al año, aumentando las capturas a medida que se aumenta la densidad.

(13) tabla 2 (0,-0.6),(1,0),(2,0.2),(20,0.2)

[ver nota al final](#)

Units: 1/año

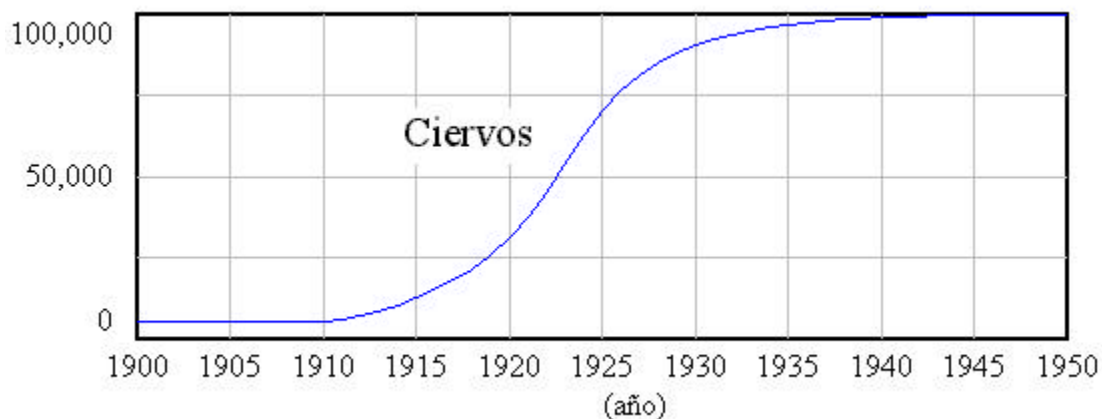
La entrada (x) será pasto por ciervo y la salida (y) será la tasa de incremento (inicial=0.2). Consideramos que inicialmente hay pasto en abundancia, según nos explica el relato, que irá previsiblemente disminuyendo.

(14) tasa de incremento= tabla 2(pasto por ciervo)

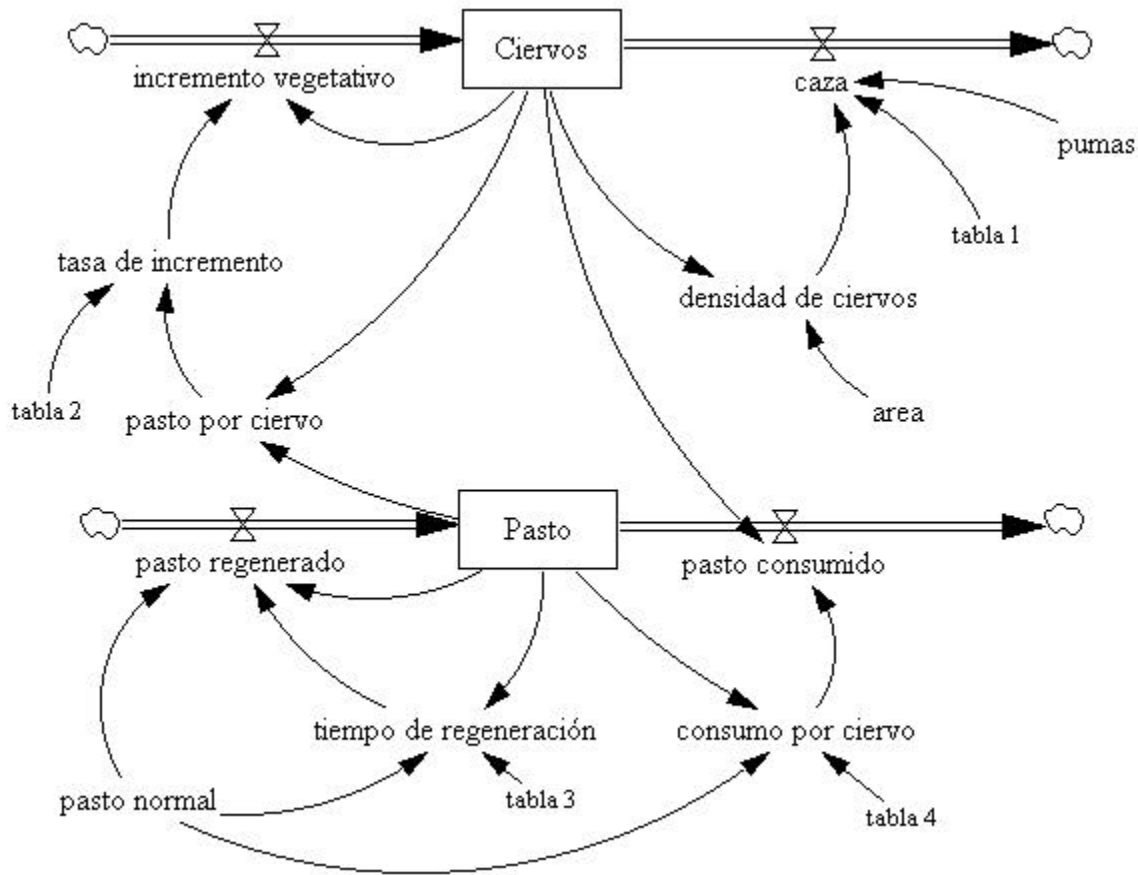
Units: 1/año

MODIFICADO. Se modifica lo que en ciervos1 es una constante y ahora pasa a depender de la cantidad de pasto que hay en cada momento. El valor inicial que se toma es de 100.000 toneladas entre 5.000 ciervos = 20, lo que en la tabla nos ofrece una tasa de natalidad del 0.2 (Como en ciervos1).

(15) TIME STEP = 1



Modelo 3



- (01) $\text{area} = 1000000$
Units: acres
- (02) $\text{caza} = \text{tabla 1}(\text{densidad de ciervos}) * \text{pumas}$
Units: Ciervos/año
Los ciervos cazados por pumas son función de la densidad de ciervos por acre que existen. Está función la ponemos en la Tabla 1.
- (03) $\text{Ciervos} = +\text{incremento vegetativo} - \text{caza}$
Initial value: 5000
Units: Ciervos
Los ciervos varían en función de su incremento vegetativo (nacimientos-defunciones naturales), menos los que son cazados por los pumas. Los ciervos iniciales son 5.000
- (04) $\text{consumo por ciervo} = \text{tabla 4}(\text{Pasto}/\text{pasto normal})$
Units: toneladas/año/Ciervos
Toma como entrada (x) la relación entre pasto real y pasto normal, y ofrece como salida el consumo por ciervo anual.
- (05) $\text{densidad de ciervos} = \text{Ciervos}/\text{area}$

Units: Ciervos/acres

Es el numero de ciervos por acre que existen.

(06) FINAL TIME = 1950

(07) incremento vegetativo=Ciervos*tasa de incremento

Units: Ciervos/año

Es el producto del numero de ciervos por tu tasa de incremento vegetativo (neta)

(08) INITIAL TIME = 1900

(09) Pasto= pasto regenerado-pasto consumido

Initial value: 100000

Units: toneladas

MODIFICADO. Ahora no es un valor constante como en Ciervos2, sino que lo condicionamos al pasto que se consume y al que se puede regenerar.

(10) pasto consumido= Ciervos*consumo por ciervo

Units: toneladas/año

Se puede obtener como el producto del número de ciervos por el consumo anual de pasto de cada uno.

(11) pasto normal= 100000

Units: toneladas

es el valor que teníamos en el modelo anterior para el pasto, cuando era constante.

(12) pasto por ciervo=Pasto/Ciervos

Units: toneladas/Ciervos

Cantidad de pasto de que dispone cada ciervo por año. El valor inicial es de $100.000/5.000 = 20$

(13) pasto regenerado=(pasto normal-Pasto)/tiempo de regeneración

Units: toneladas/año

Si el tiempo de regeneración fuese un año, cada año se igualarían el pasto real y el pasto normal, como no es así y cuanto mayor sea el tiempo de regeneración más lentamente se producirá este ajuste, lo dividimos por el tiempo de regeneración.

(14) pumas=500-STEP(500,1910)

Units: pumas

MODIFICADO. Eliminamos los pumas en 1910. La función STEP(N,T) nos permite simularlo, ya que reproduce una disminución de 500 en el año 1910.

(15) SAVEPER = 1

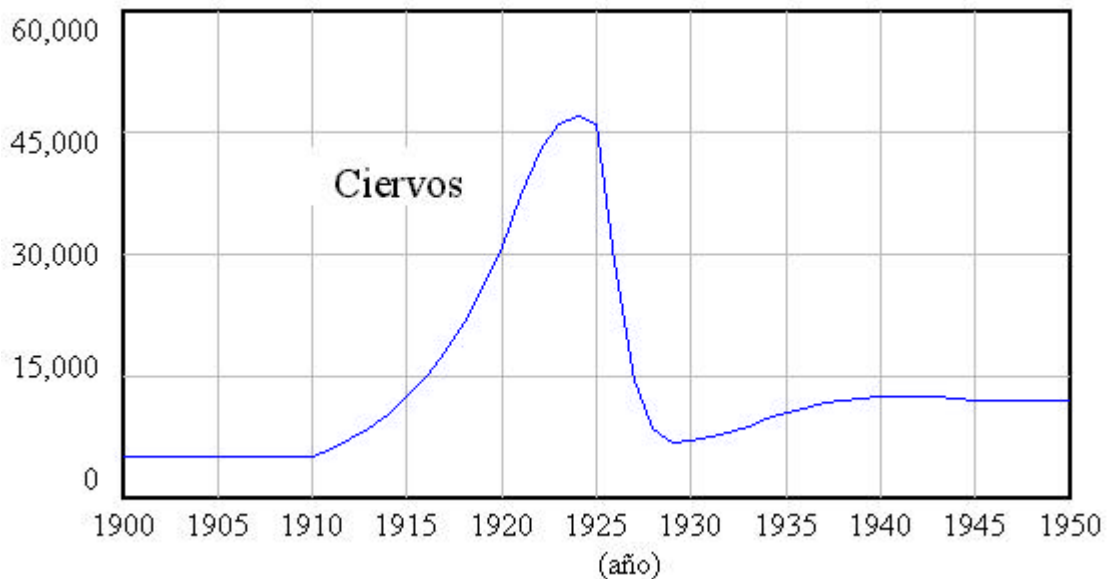
(16) tabla 1 (0,0),(0.005,2),(0.01,4),(0.02,6),(0.1,8)

Units: Ciervos/año/pumas

Los valores iniciales son de una densidad igual a 0,005 como resultado de dividir 5.000 ciervos / 1.000.000 acres. Con esta densidad cada puma devora 2 ciervos al año, aumentando las capturas a medida que se aumenta la densidad.

- (17) tabla 2 (0,-0.6),(1,0),(2,0.2),(20,0.2)
 Units: 1/año
 La entrada (x) será pasto por ciervo y la salida (y) será la tasa de incremento (inicial=0.2). Consideramos que inicialmente hay pasto en abundancia, según nos explica el relato, que irá previsiblemente disminuyendo.
- (18) tabla 3 (0,40),(0.5,1.5),(1,1) ver nota al final
 Units: año
 Cuando la proporción entre pasto real y pasto normal es 1, el tiempo de regeneración es 1 año. Si esta proporción disminuye, el tiempo de regeneración aumenta exponencialmente.
- (19) tabla 4 (0,0),(0.2,0.4),(0.4,0.8),(1,1) ver nota al final
 Units: toneladas/año/Ciervos
 Cuando el pasto normal y el real coinciden, el consumo es de 1. Cuando desciende el pasto real también lo hace el consumo.
- (20) tasa de incremento= tabla 2(pasto por ciervo)
 Units: 1/año
 La tasa de incremento depende de la cantidad de pasto por ciervo.
- (21) tiempo de regeneración=tabla 3(Pasto/pasto normal)
 Units: año
 Toma como entrada (x) el porcentaje entre pasto real y pasto normal, y ofrece como salida (y) el tiempo, en años, de regeneración, que va desde 1 año (situación normal al inicio) hasta 40 años.
- (22) TIME STEP = 1

Ejecutando el modelo podemos observar una evolución en el número de ciervos muy similar a la que nos describen que sucedió realmente y por lo tanto podemos considerar que este modelo es ya una buena base para la introducción en el de políticas de gestión que nos permitan actuar con una nueva visión de sus consecuencias.



Nota explicativa de las tablas del modelo.

Primero un prologo. Si sabemos que "A mas cantidad de lluvia cayendo, hay mas proporción de personas con paraguas", podemos intentar hallar una ecuación matemática que recoja esta relación, pero esto será muy complicado. Por el contrario podemos hacer unas observaciones del tipo: Si caen 0 litros/hora el porcentaje de gente con paraguas es .. 0%, si caen 50 litros el porcentaje es del 100%, si caen 10 litros el porcentaje es del 30%, y así. Una tabla es una representación en papel de estos puntos. De forma que cuando lluevan 20 litros, el modelo interpolará entre los valores más próximos que hemos decidido, y en esa parte del modelo tomará que por ejemplo hay el 65% de personas con paraguas.

En este modelo no tenemos muchos datos cuantitativos. Solo 5.000 ciervos y 1.000.000 acres. Tampoco nos piden precisión, nos piden soluciones. Consideramos que de los 5000 ciervos la mitad son hembras, y que tienen una cría al año (como las vacas, yeguas, etc. que todos tenemos mas próximas) Tasa de incremento = 50%. No obstante, dado que hay una proporción de hembras muy viejas o muy jóvenes que no van a tener descendencia, bajaremos esa proporción al 30%.

Ya que nos interesa la Tasa Neta, hemos de descontar las defunciones. No sabemos la esperanza de vida, pero por similitud con otros animales podemos considerar unos 10 años.

Una población distribuida linealmente en edad, con una esperanza de vida de 10 años, pierde cada año el 10% de sus miembros. Ergo ... el 50% máximo lo pasamos al 30% (más realista) y a este le quitamos el 10% ... Nos queda una tasa del 20%. Este es el valor que tomamos en el modelo Kaibab 1 como Tasa de incremento. Ya sabemos que no "era" real, pero es un valor razonable. Después cuando tengamos el modelo completado si vemos que este parámetro influye mucho en el comportamiento general del modelo y haremos un estudio mas detallado de este aspecto, para obtener este valor con mas precisión.

En el Kaibab 1, donde reproducimos una situación de equilibrio de 5000 ciervos, no importan los valores de la Tabla 1, sólo uno, el de que con una densidad de 0.005 ciervos por acre (x) cada puma caza 2 ciervos/año (y). El resto de valores de la tabla no actúa, ya que siempre el modelo trabaja sobre este único punto.

En todas las tablas suele haber un punto (x,y) que es esencial y que se toma en base a una hipótesis. En este caso si se hubiese supuesto por ejemplo que con una densidad de 0.005 ciervos cada puma caza 5 Ciervos/año, se obtendría que para conseguir un sistema en equilibrio, donde entran 1000 ciervos al año, y deben por lo tanto de ser cazados el mismo numero, debían existir 200 pumas ($200 \times 5 = 1000$).

El resto de puntos de las tablas responden a un cierto "sentido común", que es irrefutable en cuanto a la pendiente, positiva o negativa, de la relación. "A más densidad más caza", implica una pendiente positiva. Y también conocemos algún punto seguro. Si densidad de ciervos =0, la caza = 0, ya que por muchos ciervos que haya, difícilmente un puma cazará más de 1 ciervo al mes (tomamos un máximo de 8 al año) etc.

Estos no son modelos de previsión sino de "comparación" de políticas alternativas. Y no es necesario un ajuste muy preciso del modelo para decidir cual de las posibles políticas es la mejor.

En la Tabla 2 se parte del punto de equilibrio que nos indican (100.000 Tm de pasto entre 5.000 ciervos son 20 Tm/ciervo) y se le asigna el valor 0,2 para la tasa de incremento (como en Kaibab 1). ¿El resto de valores? Hay que preguntarse: ¿Cual será la tasa de incremento anual cuando no haya comida (comida/ciervo=0) ? ¿será la tasa de incremento también igual a 0 y ya tenemos otro punto de la curva? ... pues seguramente no, ya que si durante un año no hay comida la tasa de incremento va a ser negativa, y próxima a -1 (que implicaría que todos mueren). Así que tomamos una tasa de -0,6. Y esto nos define otro punto. El resto de puntos son valores que se pueden colocar con una cierta lógica, pero que no responden a una información adicional (que no tenemos). Si se observa que estos valores que se intrapolan influyen mucho en el resultado final, se hace alguna investigación posterior más detallada, en caso contrario no se dedican esfuerzos a este tema.

En la Tabla 3 el comportamiento es exponencial ya que se parte del concepto de que la regeneracion partiendo de 1 acre de hierba no va a seguir la serie de valores 2, 3, 4, 5 , etc., sino que será algo mas parecido a la multiplicación celular: 2, 4, 8, 16, 32 ... Y así en concreto lo que se define es que cuando la proporción (pasto/pasto normal) sea 0 el tiempo de regeneración será de 40 años, punto (0,40) y luego a medida que esta proporción aumenta va disminuyendo el tiempo de regeneración.

En cuanto a la ultima tabla, la 4, simplemente se toman valores razonables que recojan la idea de que con menos alimento disponible, los ciervos van a comer menos cantidad, ya que tendrán que desplazarse de un lugar a otro. Su utilidad adicional es que podemos variarla y simular el efecto de los diferentes comportamientos de los animales. El punto 1,1 y el 0,0 están muy claros ya que representan la situación normal, y la de ausencia total de comida.