

LA TRAGEDIA DEL TERRENO COMÚN, UN ARQUETIPO SISTÉMICO ILUSTRADO A TRAVÉS DEL USO DE LA TIERRA EN ACTIVIDADES AGROPECUARIAS

Giraldo C. Luisa F.*; Hernández S. María I.**; Osorio G. Juan C.***

*Escuela de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle

e-mail: luisa.giraldo@correounivalle.edu.co

**Escuela de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle

e-mail: maria.hernandez@correounivalle.edu.co

***Escuela de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle

e-mail: juan.osorio@correounivalle.edu.co

Abstract: Systemic archetypes are generic structures that are repeated in various systems and have been extensively studied. The study of archetypes allows the definition of policies and strategies, to achieve the best results of the studied systems. One of the most studied systems archetypes in literature is the Tragedy of the Commons. An application of the archetype, where land is the resource that is consumed in two activities, livestock and agriculture, generating more profit is presented here. It takes into account the relationship among variables such as the rate of agricultural land use, the amount of resources destined for each activity and the amount of the scarce resource. Finally a review of the expected behavior obtained theoretically and with simulation is presented. Because of the study some conclusions can be generated with the case, or the usefulness of the systems archetypes in studies of business situations.

Keywords: Agriculture and livestock, Limited resource, systems archetypes, Tragedy of the Commons

Resumen: Los arquetipos sistémicos son estructuras genéricas que se repiten en diversos sistemas y han sido estudiados ampliamente. El estudio de los arquetipos permite la definición de políticas y estrategias encaminadas a obtener los mejores resultados de los sistemas estudiados. El arquetipo tragedia del terreno común sucede cuando ante un recurso compartido, la explotación o utilización del mismo se hace de manera individual, obteniendo los beneficios buscados, pero dado el carácter limitado del recurso, en el largo plazo se agotará de manera que ninguno de los involucrados obtenga los beneficios esperados. Se presenta aquí una aplicación del arquetipo, donde la tierra es el recurso que se consume a medida en que dos actividades, ganadería y agricultura, generan inicialmente ganancias crecientes pero que ante una sobreutilización del recurso, van disminuyendo. El sistema es modelado y simulado usando el software Vensim. De acuerdo a los resultados obtenidos, se encuentra que el comportamiento esperado teóricamente de acuerdo al arquetipo coincide con el obtenido mediante la simulación.

Palabras claves: Agricultura y ganadería, Arquetipos sistémicos, Recurso limitado, Tragedia del terreno común.

1. INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN DE LA LITERATURA

Algunas estructuras genéricas se encuentran en muchos modelos de la realidad y por tanto han sido considerados como arquetipos. Los arquetipos sistémicos describen patrones comunes de comportamiento en las organizaciones y se constituyen en importantes herramientas para entender los patrones de comportamiento y delimitar la estructura del sistema que se empieza a estudiar.

Los arquetipos sistémicos son efectivos para comenzar a respondernos el por qué vemos que los mismos problemas se presentan de manera recurrente en el tiempo. Por lo tanto, son útiles para la planificación prospectiva. [Braun, 2002]

Dentro de los arquetipos sistémicos más tratados en la literatura se encuentran:

Desplazamiento de la carga, éxito para quien tiene éxito, erosión de metas, la escalada, la tragedia del terreno común, las soluciones rápidas que fallan, entre otros [Senge, 1992].

Particularmente, y siendo el tema de interés de este artículo, el arquetipo de la tragedia del terreno común es evidente en varios casos prácticos, en especial en el área ambiental y económico, se ve reflejado en el manejo y conservación de los recursos naturales, la asignación de recursos a actividades que involucran una continua realimentación, entre otros nombrados en [Kálen,] y [Hardin, 1968].

El arquetipo consiste de un recurso común limitado, agentes que agotan el recurso de acuerdo al beneficio obtenido de éste, y el esfuerzo, que indica la dificultad para conseguir los recursos en un periodo determinado.

En otro ámbito se podría interpretar el arquetipo como las consecuencias de la codicia y el egoísmo, propias de la naturaleza humana, las cuales se evidencian en el actual peligro de extinción de algunas especies por la caza ejercida por los humanos, en el agua potable actualmente en el mundo, en la erosión de algunos terrenos por la deforestación, en el daño generado a la capa de ozono por la contaminación de grandes industrias y medios de transporte, entre otros.

De esta relación se podría concluir que somos los

agentes generadores de la mayoría de casos prácticos de la tragedia del terreno común, es decir, que solo con el control y la educación en comportamientos naturales de los seres humanos, es posible, que muchos comportamientos que hoy creemos naturales cambien. ¿Qué ocurre si se produjera nada más lo que se va a consumir?, o ¿Qué pasa si se usan con moderación los recursos naturales?.

Con respecto a trabajos anteriores, donde se estudia el comportamiento de este arquetipo es interesante comentar que existen en la bibliografía una gran cantidad de artículos donde se contempla la tragedia del terreno común, pero sin utilizar la dinámica de sistemas. Entre ellos y de los más recientes se pueden presentar los siguientes:

En [DesAutels and Berthon, 2011] se desarrolla un interesante trabajo sobre los computadores portátiles (los denominados notebooks) y su impacto ambiental. Asumiendo esta situación desde la perspectiva de la tragedia del terreno común, el cual en este caso es el planeta y se ve afectado por la polución generada por estos aparatos y su incremento en la población mundial.

En [Van Long and McWhinnie, 2012] se realiza un trabajo sobre la tragedia del terreno común en actividades pesqueras. Ellos presentan un desarrollo a partir de modelos cuantitativos, que si bien no utilizan la dinámica de sistemas, realizan cálculos diferenciales asociados a la variación de los niveles y los flujos típicos de un modelo de dinámica de sistemas.

[Bertocci et al., 2014] también utilizan modelos matemáticos para estudiar el arquetipo en actividades pesqueras, solo que en este caso se utilizan modelos estadísticos tipo ANOVA.

Otro trabajo que estudia el comportamiento del arquetipo mediante un modelo matemático sin utilizar la dinámica de sistemas es el presentado por Aflaki [Aflaki, 2013], quien en su modelo introduce el efecto de la incertidumbre sobre la posibilidad de regeneración o no del recurso común que para el caso específico es una piscina. Utilizando este mismo recurso común como caso de estudio, Bernard y otros [Bernard et al., 2013] exploran el efecto de las decisiones colectivas versus las decisiones individuales en el comportamiento del recurso común. Igual que en los trabajos anteriores, se utilizan modelos matemáticos, pero no la dinámica de sistemas explícitamente.

En esta misma línea de los modelos matemáticos considerando la tragedia del terreno común se pueden mencionar como uno de los más recientes trabajos a [Madani et al., 2014] quienes proponen un modelo de soporte a las negociaciones sobre un recurso común entre países fronterizos.

Por otra parte, algunos trabajos abordan el estudio del

* Estudiante Msc. en Ingeniería Industrial, Universidad del Valle. Ingeniera Industrial, Universidad del Valle.

** Estudiante Msc. en Ingeniería Industrial, Universidad del Valle. Ingeniera Industrial, Universidad del Valle.

*** Msc. en Ingeniería Industrial, Universidad del Valle. Especialista en Logística, Universidad del Valle. Ingeniero Industrial, Universidad del Valle . Profesor de planta de la Universidad del Valle desde el 2007.

terreno común desde elementos más cualitativos, tales como el trabajo presentado por [van Gils et al., 2014] que realizan un estudio sobre el uso de la tierra común en países europeos y plantean algunas propuestas de política de tierra y administración de la misma. En este mismo sentido se puede mencionar [Nesheim et al., 2014] quienes utilizan cadenas causales para el análisis de políticas para el uso de la tierra en siete países del hemisferio sur de tres continentes diferentes. Si bien en este trabajo no se presentan los diagramas típicos de la dinámica de sistemas, si se consideran las relaciones de realimentación existentes en el sistema.

Por otro lado se pueden mencionar los siguientes trabajos en los cuales se utiliza la dinámica de sistemas para el estudio del arquetipo. Ellos son:

Otto y Struben [Otto and Struben, 2004] quienes utilizando la dinámica de sistemas y basados en el arquetipo de la tragedia del terreno común, logran una intervención exitosa en la comunidad de Gloucester Massachusetts en un tema relacionado con la pesca.

Por otro lado en [Moxnes, 2004] se presentan algunos errores importantes que se dan cuando no se consideran los elementos dinámicos involucrados en procesos donde la tragedia del terreno común es evidente, tales como el caso de la administración de recursos renovables.

Finalmente y sin pretender agotar la literatura existente, es importante mencionar [Moxnes, 2000] donde desde experimentos de laboratorio se muestran los problemas a la hora de tomar decisiones y definir políticas en actividades donde la tragedia del terreno común es el arquetipo dominante, tales como el desarrollo sustentable de los sistemas.

A partir de esta revisión, y utilizando un ejemplo sencillo se busca ilustrar el comportamiento del arquetipo con el propósito de mostrar que los arquetipos sistémicos en particular y el pensamiento sistémico en general es una valiosa herramienta para enfrentar los problemas complejos que se encuentran en nuestra realidad actual.

A continuación se muestra un estudio práctico del arquetipo y las posibles decisiones que contribuyan a controlar su comportamiento.

2. ESTUDIO SISTÉMICO

Como caso de estudio, se busca mostrar el comportamiento del beneficio asociado al aprovechamiento de las tierras por dos actividades agropecuarias; la ganadería y la agricultura que ejecutadas a altos niveles, llegan a agotar un recurso limitado como lo es el terreno disponible.

En la figura 1. Se presenta el diagrama causal

propio del arquetipo del terreno común que muestra las relaciones entre los factores que influyen en el caso de aplicación mencionado. En este diagrama se aprecian cuatro bucles, dos de compensación y dos de retroalimentación.

En los bucles de retroalimentación se relacionan el beneficio generado de la agricultura con la tierra usada en la misma actividad, presentando estas variables una relación positiva, es decir, un incremento en una de las dos variables generará un incremento en la otra, la cual finalizará en la primera.

El segundo bucle de realimentación evalúa el comportamiento de la tierra usada en ganadería con respecto al beneficio generada por la misma, y cómo esta última variable afecta directamente a la primera.

Por su parte, los bucles de compensación expresan las relaciones entre los beneficios obtenidos tanto para la ganadería como para la agricultura y cómo la competencia entre estos dos actores por un recurso limitado genera una disminución de los beneficios netos obtenidos por el desarrollo de dichas actividades. Esta disminución de los beneficios no es inmediata, y a cambio de ella se ve reflejada en el largo plazo, siendo expresada en el diagrama como una demora en el sistema.

A partir del diagrama causal del sistema de estudio es construido el diagrama de Forrester representado en la Figura 2.

En este diagrama se presentan principalmente cinco niveles, el primero de ellos asociado al terreno disponible para la agricultura y la ganadería, el cual es el recurso limitante en el desarrollo de la simulación; el segundo y tercero de ellos consideran las tierras usadas para la agricultura y la ganadería respectivamente, las cuales son alimentadas por la utilización de estas tierras y están sujetas a la restricción de cantidad de tierra disponible, además, el crecimiento de estos niveles se ve afectado por el beneficio obtenido por cada actividad en una relación positiva, es decir que aumenta más rápidamente ante un aumento en el beneficio obtenido por cada actividad; Por último, los dos niveles faltantes son las tierras usadas y las tierras áridas, que acumulan las tierras que han sido desgastadas por la agricultura y la ganadería respectivamente y que por lo tanto, ya no son aptas.

Una vez definidas las expresiones matemáticas (Ver Anexo 4) entre dichas variables se procede entonces a realizar la simulación del sistema.

Los resultados de la simulación son una aproximación a la utilización del terreno dentro de un espacio específico destinado a la agricultura y ganadería en el Valle del Cauca, se espera que el modelo permita estudiar el comportamiento asociado a este sistema en cualquier otro terreno.

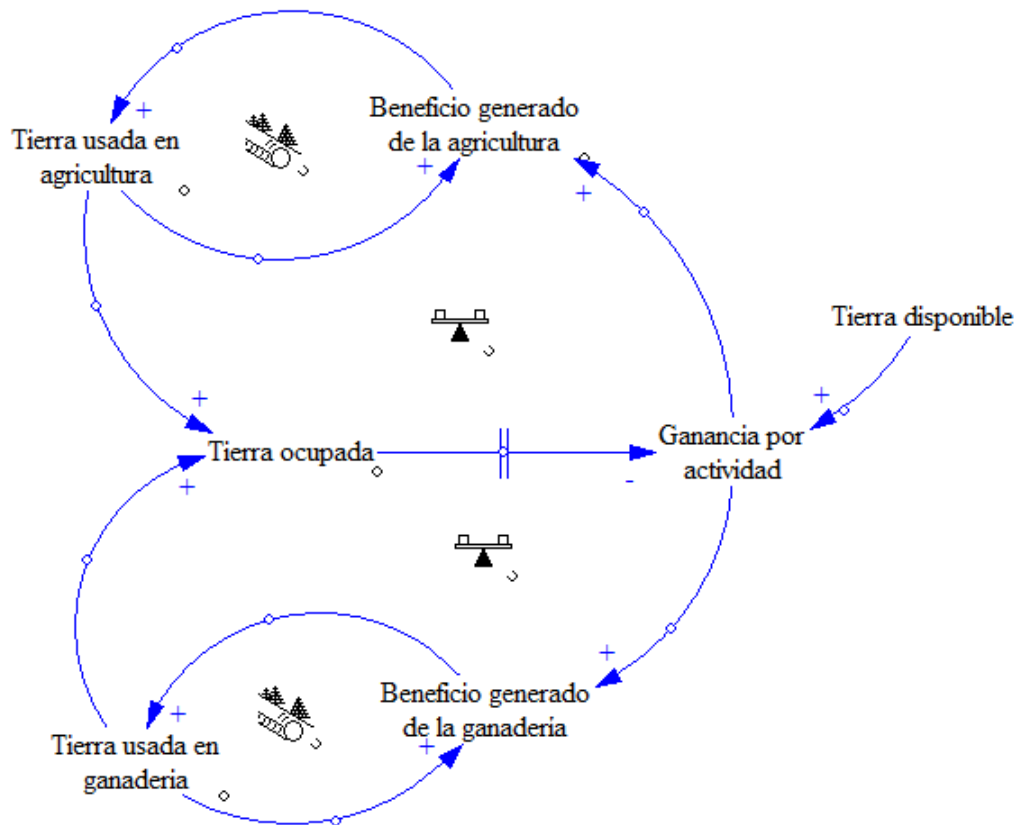


Figura 1. Diagrama de influencias sistema de estudio

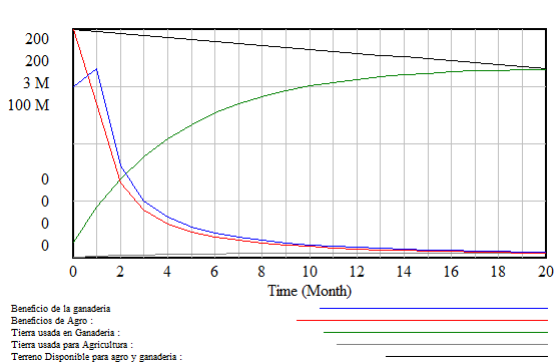


Figura 3. Resultados obtenidos a través de la simulación

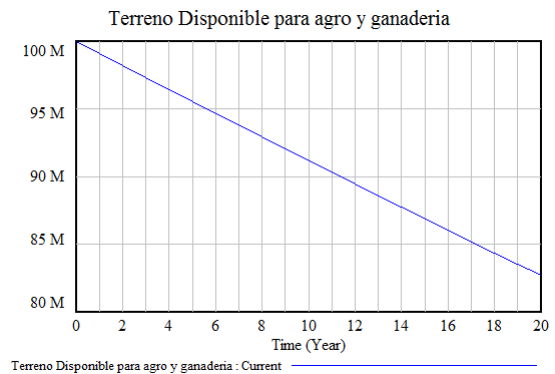


Figura 4. Disminución del terreno disponible por el uso de éste para actividades de agricultura y ganadería

El comportamiento seguido por las principales variables de estudio es mostrado en la figura 3. Se explicará a detalle dichos comportamientos.

En la figura 4. Se muestra cómo a través del tiempo va disminuyendo el terreno disponible para actividades de agricultura y ganadería. El comportamiento presentado es intuitivo dado que no existe en esta variable de nivel otra variable que la alimente y a cambio de ello presenta unas salidas que la hacen disminuir.

La figura 5 muestra el crecimiento de la utilización de tierras para ambas actividades, ganadería y agricultura. Se aprecia una curva pronunciada en los primeros años indicando un alto crecimiento y una estabilización de este después de cierto periodo.

Más aun, en la figura 6 es representada la relación entre los beneficios obtenidos por la ganadería y la cantidad de tierra usada para realizar esta actividad. La situación que se presenta refleja el rápido crecimiento de las actividades realizadas por uno de los actores

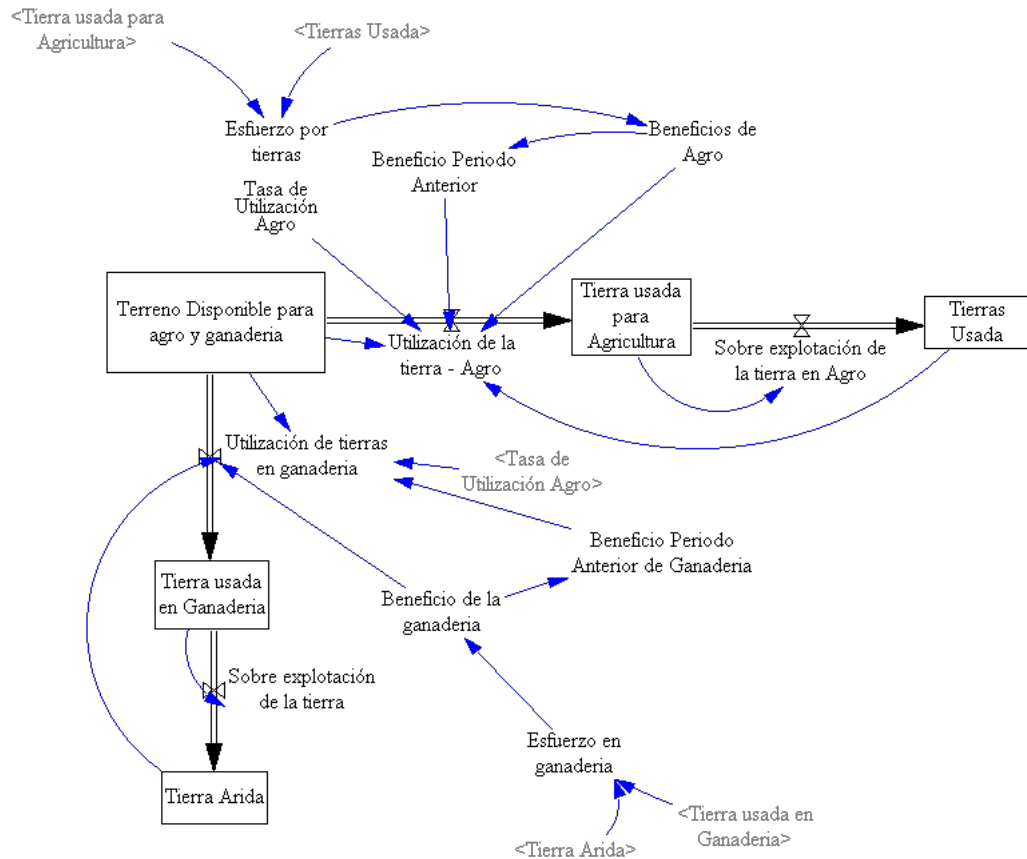


Figura 2. Diagrama de Forrester

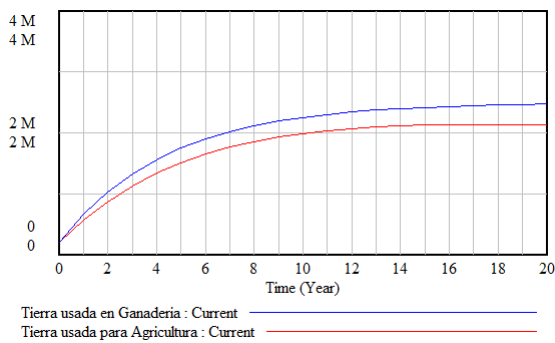


Figura 5. Utilización de tierra

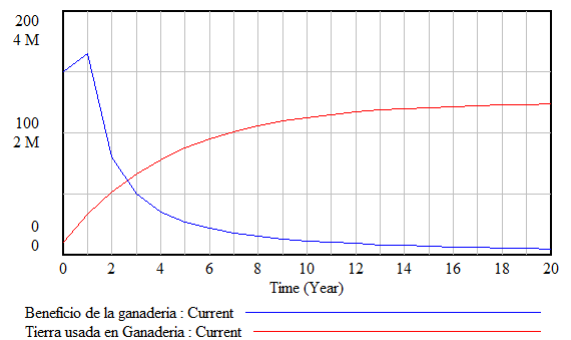


Figura 6. Beneficios obtenidos por ganadería y uso de las tierras para esta actividad

dado por las expectativas de altos ingresos percibidas al inicio, sin embargo, como el crecimiento de los beneficios obtenidos no se sostienen, el incremento de las actividades tampoco lo hacen. Un comportamiento similar se tiene entre el beneficio obtenido por agricultura y la utilización de tierra para cultivo.

Finalmente, en la figura 7 es mostrado un aspecto importante del comportamiento característico del arquetipo tragedia del terreno común. Las variables representadas son beneficio obtenido a partir de la

ganadería y esfuerzo. Esta última variable indica la cantidad de tierra que se debe utilizar para conseguir un beneficio determinado. Inicialmente el esfuerzo permanece aproximadamente constante mientras que los beneficios van aumentando, sin embargo, después de un tiempo, aun con mayor esfuerzo requerido el beneficio obtenido es menor.

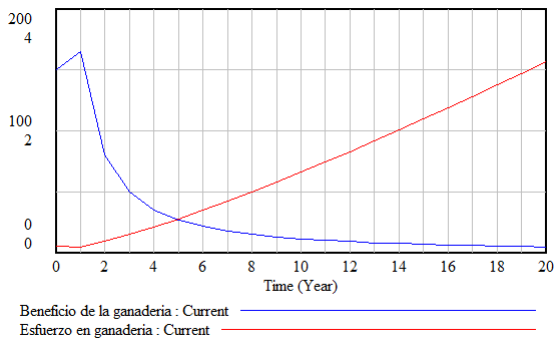


Figura 7. Aumento en el esfuerzo requerido

3. INTERVENCIÓN EN EL SISTEMA

El sistema representado es un modelo basado en la dinámica de la tragedia del terreno común, en donde dos actores compiten por los beneficios obtenidos de un mismo recurso sin que haya alguna regulación sobre esto. La competencia individual lleva a que ambas partes aumenten sus esfuerzos en busca de mayores beneficios, sin embargo, este incremento solo se dará hasta determinado momento debido a que el recurso es limitado y a medida que se vaya agotando requerirá un mayor esfuerzo conseguirlo.

En el caso de estudio, la tierra disponible para agricultura y ganadería representa el recurso limitado. Teniendo en cuenta la simulación obtenida, el recurso llega a ser explotado de tal manera que llegaría a agotarse.

Es necesario entonces establecer algunas medidas frente al recurso común que garanticen el beneficio de los actores involucrados.

Algunas estrategias que podrían pensarse frente al uso apropiado del terreno común son:

- Realizar permanentemente una reestructuración de tierras que alimente positivamente la variable de nivel de tierras disponibles.
- Regulación en la utilización de tierras por agentes externos.
- Estructurar planes conjuntos de utilización óptima de tierras en que ambas partes se beneficien a largo plazo.

4. CONCLUSIONES

La utilización de tierras destinadas para ganadería y agricultura representada como caso de estudio para el arquetipo tragedia del terreno común, presentó un comportamiento aproximado al esperado.

Se propone considerar en trabajos futuros el efecto que tiene la ejecución de las diferentes estrategias

de intervención sobre el sistema y determinar si efectivamente representan una solución a la tragedia del terreno común para el caso aplicado de estudio.

En la tragedia del terreno común los efectos a largo plazo repercuten negativamente sobre los implicados en la utilización del recurso limitado, la comprensión de este concepto es importante no solo para el caso de estudio representado sino también aquellos otros casos en donde se presenta este un comportamiento similar al explicado a través del arquetipo y definir estrategias claves que beneficien al colectivo.

REFERENCIAS

- [Aflaki, 2013] Aflaki, S. (2013). The effect of environmental uncertainty on the tragedy of the commons. *Games and Economic Behavior*, 82:240–253.
- [Bernard et al., 2013] Bernard, M., Dreber, A., Strimling, P., and Eriksson, K. (2013). The subgroup problem: When can binding voting on extractions from a common pool resource overcome the tragedy of the commons? *Journal of Economic Behavior & Organization*, 91:122–130.
- [Bertocci et al., 2014] Bertocci, I., Dominguez, R., Machado, I., Freitas, C., Godino, J. D., Sousa-Pinto, I., Gonçalves, M., and Gaspar, M. (2014). Multiple effects of harvesting on populations of the purple sea urchin *paracentrotus lividus* in north portugal. *Fisheries Research*, 150(0):60 – 65.
- [Braun, 2002] Braun, W. (2002). The system archetypes. *System*, 2002:27.
- [DesAutels and Berthon, 2011] DesAutels, P. and Berthon, P. (2011). The pc (polluting computer): Forever a tragedy of the commons? *The Journal of Strategic Information Systems*, 20(1):113–122.
- [Hardin, 1968] Hardin, G. (1968). The tragedy of the commons. *science*, 162(3859):1243–1248.
- [Kálen,] Kálen, C. Modeling tragedy of the commons. <https://www.yumpu.com/en/document/view/15733374/modeling-tragedy-of-the-commons-for-tutors>.
- [Madani et al., 2014] Madani, K., Rouhani, O. M., Mirchi, A., and Gholizadeh, S. (2014). A negotiation support system for resolving an international trans-boundary natural resource conflict. *Environmental Modelling & Software*, 51:240–249.
- [Moxnes, 2000] Moxnes, E. (2000). Not only the tragedy of the commons: misperceptions of feedback and policies for sustainable development. *System Dynamics Review*, 16(4):325–348.

[Moxnes, 2004] Moxnes, E. (2004). Misperceptions of basic dynamics: the case of renewable resource management. *System Dynamics Review*, 20(2):139–162.

[Nesheim et al., 2014] Nesheim, I., Pytrik, R., Irina, B., René, V., Arbi, A. M., Marcel, B., Le, C., Youssouf, C., Shuyi, F., Patrick, G., Jochen, K. H., Nina, N., Seema, P., Saulo, R.-F., and Mongi, S. (2014). Causal chains, policy tradeoffs and sustainability: Analyzing land (mis) use in seven countries in the south. *Land Use Policy*, 37:60 – 70.

[Otto and Struben, 2004] Otto, P. and Struben, J. (2004). Gloucester fishery: insights from a group modeling intervention. *System Dynamics Review*, 20(4):287–312.

[Senge, 1992] Senge, P. (1992). La quinta disciplina. *Granica. Barcelona*.

[van Gils et al., 2014] van Gils, H., Siegl, G., and Mark Bennett, R. (2014). The living commons of west tyrol, austria: Lessons for land policy and land administration. *Land Use Policy*, 38:16–25.

[Van Long and McWhinnie, 2012] Van Long, N. and McWhinnie, S. F. (2012). The tragedy of the commons in a fishery when relative performance matters. *Ecological Economics*, 81:140–154.

ANEXO 1

$$\text{Beneficios de Agro} = \frac{10}{\text{Esfuerzo por tierras}}$$

$$\text{Beneficio de la Ganadería} = \frac{15}{\text{Esfuerzo en Ganadería}}$$

$$\text{Beneficio Periodo Anterior} = \text{DELAY FIXED}(\text{Beneficios de Agro}, 1, 1)$$

$$\text{Beneficio Periodo Anterior de Ganadería} = \text{DELAY FIXED}(\text{Beneficio de la ganadería}, 1, 1)$$

$$\text{Esfuerzo en ganadería} = \frac{\text{Tierra Árida}}{\text{Tierra usada en Ganadería}}$$

$$\text{Esfuerzo por tierras} = \frac{\text{Tierras Usada}}{\text{Tierra usada para Agricultura}}$$

FINAL TIME = 20Year

INITIAL TIME = 0

SAVEPER = TIME STEP

Sobre explotación de la tierra = 0.2 *
Tierra usada en Ganadería

Sobre explotación de la tierra en Agro = 0.16 *
Tierra usada para Agricultura

Tasa de Utilización Agro = 0.004

Terreno Disponible para agro y ganadería =INTEG
(–Utilización de la tierra – Agro"–Utilización de tierras en ganadería, 1e + 008)

Tierra Árida = INTEG (Sobre explotación de la tierra, 20000)

Tierra usada en Ganadería = INTEG (Utilización de tierras en ganadería–Sobre explotación de la tierra, 200000)

Tierra usada para Agricultura =INTEG (Utilización de la tierra – Agro"–Sobre explotación de la tierra en Agro, 200000)

Tierras Usada = INTEG (Sobre explotación de la tierra en Agro, 10000)

TIME STEP = 1 Year

Utilización de tierras en ganadería = IF THEN ELSE(Beneficio Periodo Anterior de Ganadería>Beneficio de la ganadería, Max(Min(Terreno Disponible para agro y ganadería*(1–Tasa de Utilización Agro–0.7) –(Tierra Árida*0), 500000),0),500000)

“Utilización de la tierra – Agro” = IF THEN ELSE(Beneficio Periodo Anterior>Beneficios de Agro, Max(Min(Terreno Disponible para agro y ganadería*Tasa de Utilización Agro – (Tierras Usada*0), 500000),0), Max(Min(Terreno Disponible para agro y ganadería*Tasa de Utilización Agro – (Tierras Usada*0.15),500000),0)