

Sensibilidad de sistemas ganaderos a la variabilidad climática

Rafael Terra

Grupo Clima – IMFIA¹- Facultad de Ingeniería

CIRCV² – Espacio Interdisciplinario

Universidad de la República

La actividad ganadera se caracteriza por su fuerte exposición al riesgo asociado a la muy alta variabilidad del clima en nuestro país. La incertidumbre de origen climático se suma, además, a otras inherentes a cualquier emprendimiento (p.e. precios relativos, políticas) y ha ido moldeando, más o menos explícitamente, las estrategias de gestión de establecimientos ganaderos. En algunos casos se pueden distinguir aprendizajes concretos asociados a eventos extremos puntuales, en general sequías, tales como destete precoz y otras tecnologías similares^[1].

En el caso particular de la ganade-

ría de cría, el impacto de períodos de déficit hídrico de diversa longitud, profundidad y estacionalidad, se prolonga en el tiempo en la medida que afecta ciclos intrínsecos al sistema productivo (preñez, gestación, cría, recría de vientres, vida de una vaca de cría). En consecuencia, la medición del impacto de una seca en el sistema se vuelve difícil. Esta dificultad de evaluación se traslada también a la elaboración de estrategias robustas para gestionar el riesgo climático. Peor aún, los establecimientos están sujetos –como ya se ha dicho– a incertidumbre de otros orígenes que vuelve inviable mantener una situación controlada que posibilite la evaluación sistemática de estrategias.

El aprendizaje colectivo ha ido, con el tiempo, recomendando estrategias que promueven el manejo con recursos sobrantes: baja carga, áreas reservadas, mayor altura de pasto, etc. El concepto de carga segura [2], por ejemplo, busca robustez frente a eventos de sequía [3, 4]. Por supuesto, dichas estrategias se contraponen con el aprovechamiento de los recursos que, en un momento dado, se ven como sobreabundantes; dilema que se acentúa al considerar otros elementos coyunturales (p.e. precios). Lo cierto es que persisten establecimientos que se manejan con un rango relativamente amplio de carga animal [5] lo cual muestra que la evaluación entre estrategias no es sencilla, ni el juicio definitivo.

La complejidad descrita es suficiente aún en una situación sin tendencias de cambio sistemáticas en el clima ni, eventualmente, en otros factores condicionantes como los precios relativos. Es de suponer que cambios en

el clima, que por ejemplo modifiquen la frecuencia de eventos adversos, afecten la estrategia óptima de manejo de un establecimiento, aquella que acabamos de argumentar que es difícil elaborar. Por ejemplo, climas más hostiles favorecerán estrategias más conservadoras en el uso de los recursos y viceversa.

Lejos de pretender contestar todas las interrogantes abiertas, intentaremos arrojar alguna luz sobre la dinámica básica de un sistema ganadero de cría a medida que se modifica la carga animal para climas con variabilidad creciente. En términos técnicos, presentaremos un análisis de sensibilidad a la carga animal y a la amplitud de la variabilidad climática a la que está expuesto.

El modelo usado es Sequía-Basalto, que se describe en la próxima sección. Se lo simplificó lo más posible manteniendo las interacciones esenciales involucradas en la sensibilidad que se pretende analizar. Se sacrifica entonces realismo en pos de obtener simulaciones controladas que permitan interpretar los resultados obtenidos. Si bien en la sección final se harán algunos comentarios al respecto, queda a cargo del lector el traslado de las conclusiones a los sistemas reales.

Metodología

Sequía-Basalto [6] es una metodología de modelación y simulación desarrollada por IPA y otras instituciones³ en forma participativa y que busca contribuir a la comprensión y comunicación del fenómeno de la sequía y mejorar la capacidad de adaptación de productores ganaderos del basalto (INIA-FPTA 286). Consiste en un modelo por agentes que interactúan

1. Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental

2. Centro Interdisciplinario de Respuesta al Cambio y la Variabilidad Climática

3. Cirad, Facultad de Ingeniería (UdelaR).

en base a reglas simples. Los agentes son el productor, el pasto y cada cohorte de vacunos (lote con idéntica historia y por tanto idéntica condición) que se va diferenciando a medida que sufren suertes diversas a lo largo de la vida. Se considera también una dotación ovina fija (no participa de la dinámica).

Hay un componente biofísico que describe, por un lado, el consumo, crecimiento y procreación de cada cohorte vacuna en función de su categoría, peso y disponibilidad de forraje y, por otro, el crecimiento del pasto en función de su altura (aquí es donde opera la retroalimentación de la carga sobre la disponibilidad y crecimiento del pasto) y un potencial estacional máximo.

En el componente de gestión es donde actúa el productor que toma decisiones semanalmente en función de los datos físicos (carga, condición animal, altura del pasto) con estrategias que varían estacionalmente. A los efectos de este estudio se eliminó de la toma de decisión la influencia de los precios que, además, se consideraron constantes. De este modo se aísla el efecto de la incertidumbre climática de la de precios, tal cual fue justificado en la introducción. Un parámetro clave de manejo, sobre el cual se analiza la sensibilidad, es la Carga de Ajuste en Invierno (CAI) medida en unidades ganaderas por hectárea (UG/há). Existe la posibilidad de ajustes excepcionales que se efectúan en la medida que se verifican otras condiciones (déficit de forraje, mala condición corporal).

En la configuración usada, la única variable independiente que va "forzando" el sistema a medida que evoluciona en el tiempo es el potencial estacional máximo de crecimiento de la pastura. Es a través de esta variable, que tiene un valor por estación, que se impone el clima. Todas las simulaciones son de 100 años pues nos interesa el comportamiento de largo plazo. Se hicieron simulaciones con clima estacionario (todos los años iguales), con un ciclo anual de crecimiento de pasturas estimado a partir de una serie de 10 años de sensoramiento satelital por LART [7].

Otras simulaciones incluyen variabi-

lidad climática, aunque comparten el mismo ciclo medio anual de crecimiento del pasto. El potencial de crecimiento es afectado por un coeficiente diferente en cada estación (400 valores en 100 años) que tiene media 1 y cuya variación temporal se obtuvo a partir de la serie de precipitación registrada, previo eliminación de tendencias. La amplitud de la variabilidad es controlada artificialmente por el parámetro de control k -var. Si k -var=0, el clima es estacionario, a mayor k -var, mayor amplitud de la variabilidad climática.

El modelo tiene reglas simples que recogen las estrategias actualmente en uso. La complejidad que veremos en los resultados surge enteramente de la interacción entre los agentes, no hay ninguna capacidad de controlar las propiedades emergentes del modelo, son expresiones genuinas de la dinámica subyacente. Como parámetros de control sobre los que se analizará la sensibilidad se seleccionaron la CAI y k -var, que controla la amplitud de las variaciones del potencial estacional máximo de crecimiento del pasto.

Resultados

La Figura 1 muestra series temporales de tasa de preñez y medias anuales de carga y altura de pasto para clima estacionario y 3 valores de la carga de ajuste invernal (CAI). Todas las variables y simulaciones muestran un período de ajuste a partir de una condición inicial del rodeo arbitraria. Dicho período se descartará en los análisis que se concentrarán en los últimos 70 años, cuando las simulaciones alcanzan una situación "de régimen" (comportamiento del sistema luego de un período inicial de adaptación).

Destacamos las propiedades emergentes que surgen inmediatamente de la Figura 1:

- El comportamiento de régimen consiste en ciclos sincronizados en todas las variables (p.e. alta carga, baja altura de pasto). Si bien hay cierta regularidad, las simulaciones no son estrictamente periódicas. Notar que los años "buenos" y "malos" no provienen del clima (que es igual todos los años) sino de los

ciclos e inercias propias del sistema.

- La media de largo plazo de cada variable responde tal cual es esperado: a mayor CAI, mayor carga media, menor altura de pasto y menor preñez. La sensibilidad a CAI, sin embargo, es diversa: es mucho mayor en la altura de pasto que en la carga media.

- La amplitud de las oscilaciones interanuales aumenta notoriamente a medida que se exige el sistema (se aumenta CAI). De nuevo, esto es más notorio en algunas variables como por ejemplo el índice de preñez.

A los efectos de hallar la sensibilidad a CAI -siempre con clima estacionario- se hicieron muchas simulaciones en un amplio rango de CAI y como síntesis se elaboró la Figura 2. El eje horizontal ya no es el tiempo sino CAI, y para cada valor de dicho parámetro se muestra el máximo, mínimo y promedio de las variables en los últimos 70 años de cada simulación.

Se identifican claramente dos regímenes (sucede lo mismo en otras variables no mostradas):

- Por debajo de un umbral de CAI (< 1 UG/há) la amplitud de las oscilaciones interanuales es baja (el mínimo es cercano al máximo) y los recursos se "cosechan" más eficientemente con el aumento de carga.

- Cruzando dicho umbral en CAI, el desempeño se deteriora y, sobretudo, la amplitud de las oscilaciones aumenta muy abruptamente, con mínimos críticos (ganancias negativas con gran escasez de forraje).

- Luego del umbral la amplitud de las oscilaciones sigue aumentando con CAI pero se compensan de tal manera que la media no se ve sensiblemente afectada.

Para facilitar la interpretación, consideremos una situación aún más simple que la modelada: un solo animal en una parcela. Si la carga es tal que el crecimiento del pasto es idéntico al mantenimiento del animal, la situación es de equilibrio. Si es menor la carga, tolera un aumento de la misma; si es mayor, la única situación "de régimen" viable es el colapso (muerte).

Figura 1: Series temporales de las medias anuales de carga, altura de pasto y tasa de preñez en simulaciones de 100 años con "Sequía-Basalto" con clima estacionario y carga de ajuste en invierno (CAI) de 0.7, 0.9 y 1.1 UG/há.

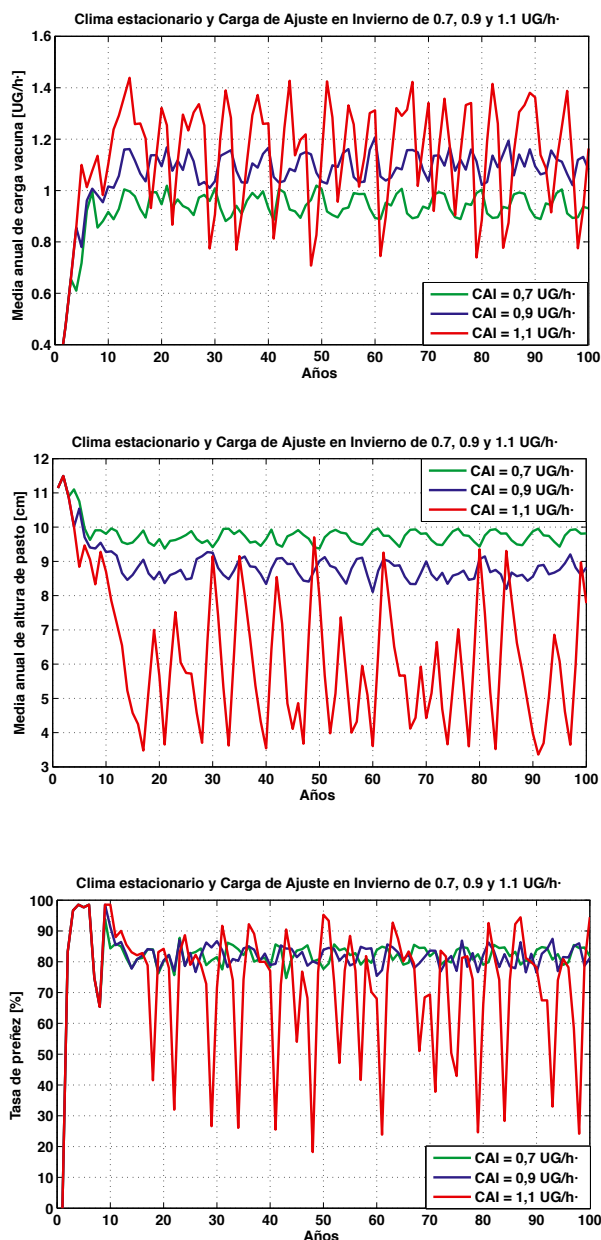
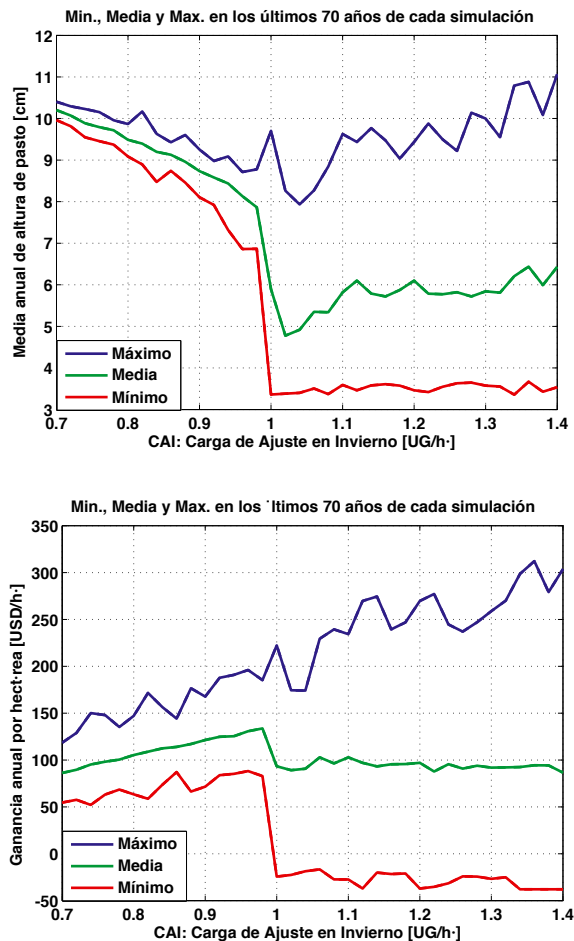


Figura 2: Mínimo, promedio y máximo de media anual de altura de pasto y ganancia anual en los últimos 70 años de las simulaciones con clima estacionario ($k\text{-var}=0$) para cargas de ajuste invernal (CAI) de 0.7 a 1.4 UG/há.



La presencia de múltiples cohortes y un productor que toma decisiones amortigua el colapso, pero algo de la dinámica básica persiste: una carga que representa la capacidad del sistema con regímenes muy diferenciados para manejos más agresivos o conservadores. Con clima estacionario, y con las otras simplificaciones del modelo, dicha carga es fácilmente identificable.

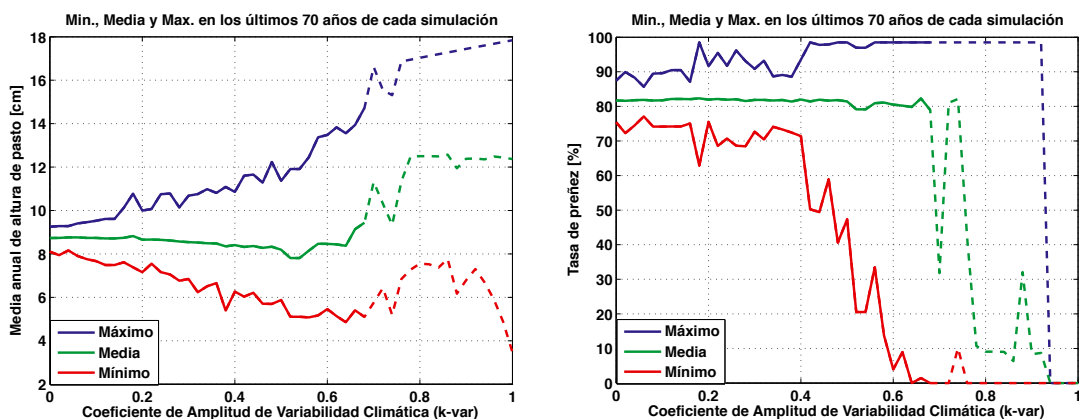
Nos falta introducir entonces el efecto de la variabilidad climática a través de $k\text{-var}$. Para eso empezamos fijando CAI en 0,9 UG/há. La Figura 3 resume las situaciones que se obtienen para $k\text{-var}$ entre 0 (estacionario) y 1. Se verifica que:

- La altura de pasto (la variable más directamente afectada por $k\text{-var}$ que controla el potencial de crecimiento)

aumenta la amplitud de las oscilaciones gradualmente y reduce la media levemente.

- La tasa de preñez (y otras variables no mostradas) casi no perciben cambio hasta $k\text{-var}=0.4$, luego de lo cual aumentan notablemente la amplitud de las oscilaciones interanuales y deterioran el comportamiento medio hasta llegar al colapso (región punteada).

Figura 3. Mínimo, promedio y máximo de altura de pasto y tasa de preñez en los últimos 70 años de las simulaciones de 100 años con CAI = 0,9UG/há y k-var entre 0 y 1. La región punteada indica que las simulaciones en ese rango llegaron en algún año al colapso (muerte total).



Esto pone de manifiesto la capacidad compensatoria del sistema para filtrar variaciones en la oferta forrajera y sus límites.

Por último, la Figura 4 presenta la sensibilidad conjunta de la ganancia económica anual a la carga de ajuste invernal (CAI) y la amplitud de la variabilidad climática. Es oportuno aclarar

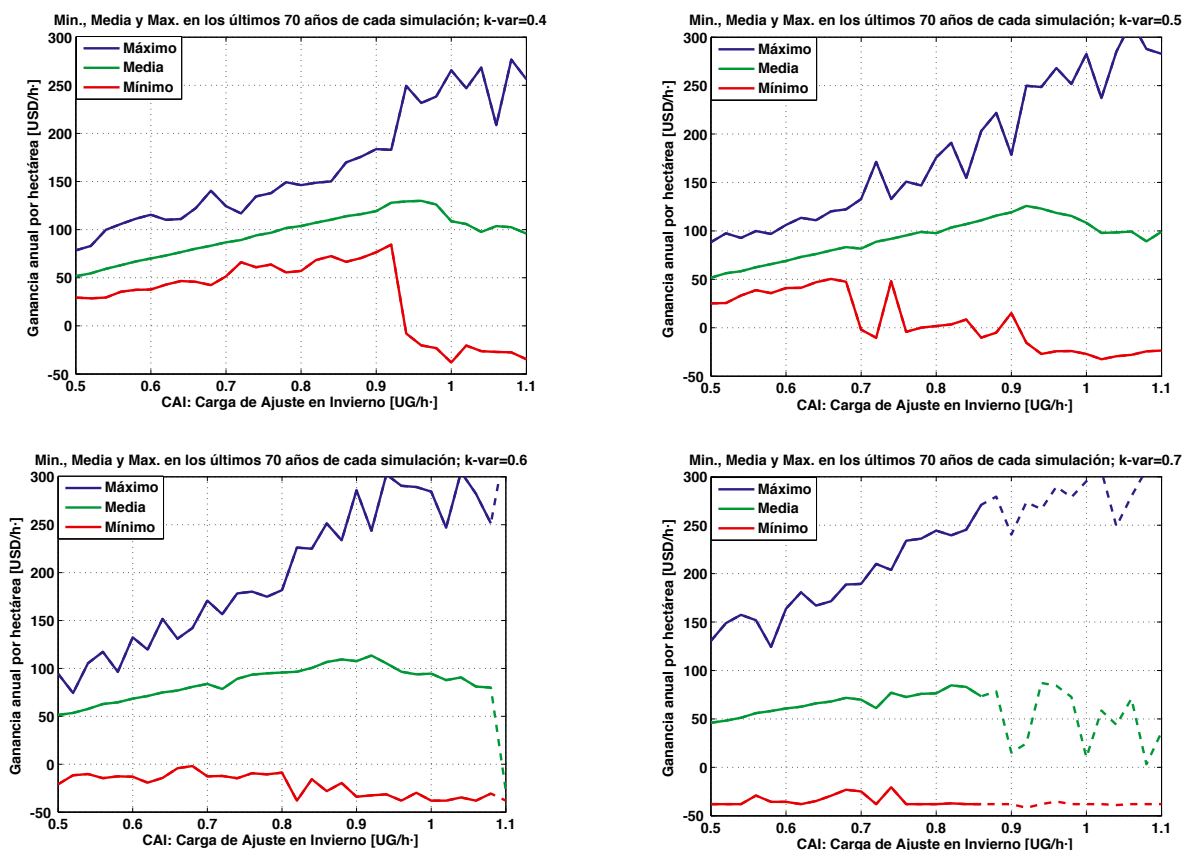
que la metodología utilizada no permite asociar un valor exacto de *k-var* a la amplitud climática actual pero que la misma está en el entorno de 0,7. Se observa que:

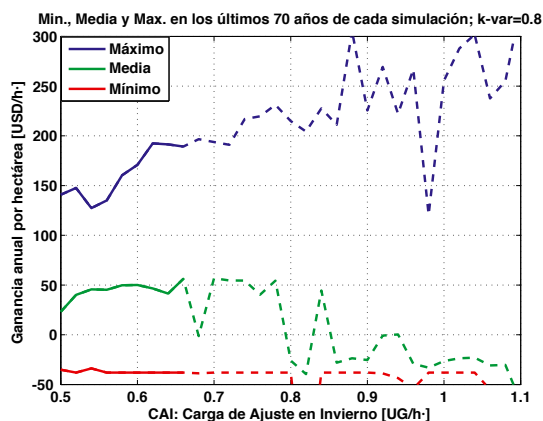
- Con moderada variabilidad climática (hasta *k-var*=0,4) siguen percibiéndose claramente los dos regímenes, aunque el umbral de carga óptima

que los separa es menor que en el caso estacionario (0,92 UG/há). Al aumentar la variabilidad climática (a partir de *k-var*=0,5) cada vez se distinguen menos claramente los dos regímenes.

- Con mayor intensidad en las variaciones del clima (*k-var*>0,6) se empieza a desdibujar también el

Figura 4: Mínimo, promedio y máximo de media de ganancia anual en los últimos 70 años de las simulaciones con k-var = 0.4, 0.5, 0.6, 0.7 y 0.8 y CAI de 0.5 a 1.1 UG/há. La región punteada indica que las simulaciones en ese rango llegaron en algún año al colapso (muerte total).





máximo relativo en la media anual de ganancia económica que, en los casos anteriores, estaba asociado a la carga óptima. En vez, surge un amplio rango de CAI con moderadas diferencias en las ganancias medias pero crecientes variaciones interanuales.

- Para climas con variabilidad aún más intensa ($k\text{-var}=0,7$ y $0,8$) las simulaciones colapsan para amplios rangos de los mayores valores de la CAI.

Comentarios finales

Mediante un análisis de sensibilidad con una versión simplificada y adaptada a los objetivos del modelo por agentes Sequía-Basalto, se obtuvieron una serie de resultados que ayudan a entender la interrelación

entre los ciclos inherentes a un sistema criador ganadero y la influencia de la variabilidad climática a la que está expuesto.

Por su naturaleza, la ganadería de cría presenta mecanismos compensatorios que generan ciclos multianuales en sus variables productivas. Dichos mecanismos se debilitan al cruzar un cierto umbral de carga, generando una volatilidad importante en el desempeño (grandes variaciones interanuales). Dicho umbral de carga está muy bien definido en el caso de clima estacionario y coincide con la carga óptima del sistema (la de mayor ganancia media).

La variabilidad climática disminuye la capacidad de carga del sistema y enmascara la existencia de un um-

bral de carga que delimite dos regímenes cualitativamente diferentes. El mismo en teoría subsiste, pues la dinámica interna (representada por Sequía-Basalto) no fue modificada, pero no logra expresarse en los resultados porque la volatilidad climática introducida lo encubre.

Por lo tanto, de los resultados no surge un valor claro de carga óptima para valores realistas de variabilidad climática (dentro de las simplificaciones del modelo). Si se mira solamente la ganancia anual, hay una meseta para una amplia gama de cargas que de hecho se utilizan en la realidad. Eso sí, el aumento de la carga viene acompañado de un claro aumento de las variaciones interanuales del desempeño y, críticamente, del riesgo de colapso (sobre todo en los casos de mayor amplitud de la variabilidad climática). De allí las recomendaciones de trabajo con cargas más bajas que surge del aprendizaje colectivo.

Como resultado secundario, pero no menos importante y promisorio, se mostró el potencial de una plataforma de modelación que puede ayudar a entender diferentes aspectos y sensibilidad a diversos parámetros de las explotaciones ganaderas. Es cuestión de saber formularle las preguntas, interpretar los resultados e intentar realizar aprendizajes pertinentes al mundo real con los debidos cuidados. ■

Referencias

- [1] Bartaburu D, Duarte E, Montes E, Morales H, Pereira M. 2009. Las sequías: un evento que afecta la trayectoria de las empresas y su gente. Morales H., Dieguez F. (Eds.). Familias y campo: Rescatando estrategias de adaptación. IPA. pp. 155 - 168.
- [2] Pereira M. 2011. ¿Cuánto pasto producen los campos de Basalto? Manejo y conservación de las pasturas naturales del Basalto. MGAP. pp. 12 - 18.
- [3] Bartaburu, D; Montes, E; Duarte, E. 2007. Estrategias diferentes para enfrentar la sequía. Revista N° 124, pag 16-18. http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R124/R124_16.pdf
- [4] Bartaburu, D; Montes, E; Duarte, E. 2009. La carga animal la sequía...dos temas importantes para los ganaderos del Basalto. Revista N°: 131, pag 10-11. http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R131/R_131_10.pdf
- [5] D. Bartaburu, E. Duarte, E. Montes, H. Morales, M. Pereira. 2011. Adaptación de los ganaderos del basalto uruguayo al cambio climático y las sequías. Su relación con los sistemas productivos. IX International Rangeland Congress, Rosario, Argentina, pg 208.
- [6] P. Bommel, F. Dieguez, D. Bartaburu, E. Duarte, E. Montes, M. Pereira, J. Corral, C. Lucena and H. Morales, 2013. A Further Step Towards Participatory Modelling. Fostering Stakeholder Involvement in Designing Models by Using Executable UML. Journal of Artificial Societies and Social Simulation. <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/JASSS.html> (en prensa)
- [7] Laboratorio de Análisis Regional y Teledetección, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. <http://www.agro.uba.ar/laboratorios/art/>