

MODELADO Y SIMULACIÓN DE LA PRODUCCIÓN GANADERA A CORRAL

Área temática: D: Gestión Económica

Caminos, Andrés* ; Romera, Nahuel¹;
Forchino María Verónica, González Magali Estefanía

(*) *UTN, Facultad Regional Santa Cruz (FRSC),
Av. Inmigrantes 555,
9400 Rio Gallegos, Santa Cruz, Argentina.
andres.caminos@gmail.com*

(1) *Universidad del Salvador (USAL)
Lavalle 1854,
1051 CABA, Argentina*

Resumen. El presente trabajo tiene como objetivo analizar y simular, utilizando Dinámica de Sistemas, un sistema de producción ganadera intensiva a corral conocido como Feedlot. El modelo fue desarrollado con el fin de brindar soporte a particulares y productores. Para ello utilizamos el software Vensim Profesional que permitió modelar la actividad, partiendo de la definición correcta de las relaciones de causalidad. El modelo estudia el proceso productivo integrado a la valuación económica de un proyecto de un productor mediano de la República Argentina. Se analizan varios escenarios desde lo productivo para poder realizar una valuación económica de proyectos de inversión, utilizando la técnica de Flujos Descontados que permite determinar el VAN, la TIR y el ROI del proyecto. Agregamos indicadores para poder evaluar de manera rápida el impacto en el cambio de un valor del modelo y como éste afecta los resultados de la explotación. El proyecto se analiza con un horizonte de 4 años con generación de flujos de fondos mensuales, acumulables de manera anual, por cuanto éste es el ciclo completo de la explotación y repetible en periodos similares en el tiempo. De esta manera, el modelo se aproxima a lo que sucede en el sistema productivo a corral real y puede simular diferentes escenarios realizando un análisis multivariado. A través del simulador Vensim, podemos pronosticar el comportamiento de cualquier variable del modelo, su variación en el tiempo y el efecto sobre la evolución del modelo hacia un estado de equilibrio. El modelo permite definir distintos umbrales para cada variable y encontrar los óptimos para cada una según reglas de negocio preestablecidas, como puede ser capital disponible, financiación, dimensión de corrales, etc. Resumiendo, aplicamos conocimiento de simulación, dinámica de sistemas y la ingeniería financiera para analizar la explotación de producción bovina, en este caso el engorde a corral, llamados Feedlot.

Palabras Claves: Producción Ganadera, Feedlot, Vensim, Simulación, Análisis Multivariado

Abstract. This paper aims to analyze and simulate using System Dynamics, a system of intensive livestock production known as Feedlot. The model was developed in order to provide support to individuals and producers or farmers. We use the software Vensim Professional version that allowed model activity, based on the correct definition of causality. The model studies integrated into economic appraisal of a project of a medium producer of Argentina production process. Various scenarios were analyzed from the productive point of view to perform an economic valuation of investment projects, using the discounted cash flow technique for determining the NPV, IRR and ROI of the project. We add indicators to quickly assess the impact of a change in any value of variable's model and see how it affects operating results. The project is analyzed with a horizon of four years with generation of monthly cash flow, with cumulative annual basis, because this is the complete cycle of exploitation and repeatable in similar periods in time. Thus, the model approximates what happens in the real life production system and it can simulate different scenarios and performing a multivariate analysis. Through Vensim simulator, we can predict the behavior of any variable in the model, its variation over then time and the effect on the evolution of the model to a new equilibrium state. The model allows you to define different thresholds for each variable and find the optimal for each according to pre-established business rules, such as

available capital, funding, size of barnyard, etc. In short, we apply knowledge of simulation, system dynamics and financial engineering to analyze the operation of cattle production, in this case, the feedlot.

Keywords: Feedlot, Livestock Production, Vensim, Simulation, Multivariate Analysis

1. Introducción

1.1 Panorama Nacional del Engorde a Corral

La alimentación de bovinos en la Argentina tradicionalmente se ha realizado a campo abierto, ya sea pasturas y verdes implantados o bien pastizales naturales. El hecho de alimentar un animal exclusivamente con pasto condiciona la tasa de ganancia de peso diaria, siendo éste un factor importante cuando se pretende engordar animales a temprana edad o bien en época de otoño e invierno, donde su calidad no es la suficiente para lograr el depósito de grasa necesario para la comercialización y faena. Además de la dificultad de engordar animales para faena en estos períodos del año, se presenta también como el principal problema económico que obligó a las empresas pecuarias a aumentar la eficiencia de producción para poder obtener una rentabilidad que les permita a éstas continuar como tales. Entre las alternativas de intensificación de la producción de carne surgió la producción basada en el Feedlot o engorde a corral [1,2]. El negocio de Feedlot en Argentina mueve más de \$1000 millones de pesos anuales [3].

1.2 Concepto de Feedlot

El Feedlot es una "fábrica de carne", que permite producirla en gran escala, en un espacio reducido, en forma uniforme, estable o consistente. Es decir que permite producir carne de animales del mismo tipo, con el mismo grado de terminación y calidad, en forma constante. Este proceso de producción en volumen implica analizar cuidadosamente el plan de negocios y la inversión necesaria para poder trabajar desde el comienzo con la idea de rentabilidad. Por esto, este modelo que proponemos a continuación, basado en conceptos de ingeniería, economía y dinámica de sistemas, analiza los costos de producción, márgenes de rentabilidad, retornos de la inversión y formas de financiación de manera de generar un negocio sustentable en el tiempo y con la ganancia que justifique el esfuerzo y tamaño de la inversión.

2. Definición del Proyecto

El alcance del modelo está situado en el contexto de un establecimiento ganadero modelo de mediana producción en la provincia de Buenos Aires, Argentina y comprende todo lo relacionado al proceso de engorde de ganado vacuno a corral. Para ello, se tiene en cuenta desde que el animal entra al sistema hasta que cumple su ciclo de engorde y sale a la venta.

Para el proceso productivo, se tuvo en cuenta una dieta con los insumos y las proporciones alimentarias más utilizadas y recomendadas en la producción actual de dicho establecimiento. Para los análisis de escenarios, se consideraron precios promedios ya que dichos valores se modifican en los mercados diariamente.

En los primeros escenarios, se trabajó sobre el horizonte de cuatro años (48 meses), fraccionados en meses, para analizar cada caso. Luego, en los últimos análisis, donde se aplica el ciclo de retroalimentación, se analizaron escenarios de mediano plazo (96 meses) con el fin de evidenciar las políticas de crianza.

El aporte inicial de dinero de los accionistas es del 40% y mediante un préstamo bancario se financia el 60% restante. Para el cálculo de dicho préstamo se consideró el sistema de amortización Alemán [4]. También se evalúa alternativamente el método Francés de amortización de capital.

3. Modelo Conceptual

En este apartado se detallarán los diagramas de influencia que representan las interrelaciones de causalidad necesarias del conjunto de procesos que conforman el modelo de producción. Basándonos en las definiciones de un productor nacional dedicado a esta actividad y usando los conceptos de la dinámica de sistemas con ayuda de software Vensim Versión Profesional [5] hemos podido generar un modelo económico y financiero de la producción y explotación de cría de animales a corral, llamados Feedlot. El modelo tiene en cuenta muchas variables, que definen los diferentes procesos de la producción de este tipo de emprendimientos. Explicamos a continuación algunos de los elementos principales del modelo. La pantalla inicial del modelo a explicar es la figura siguiente:

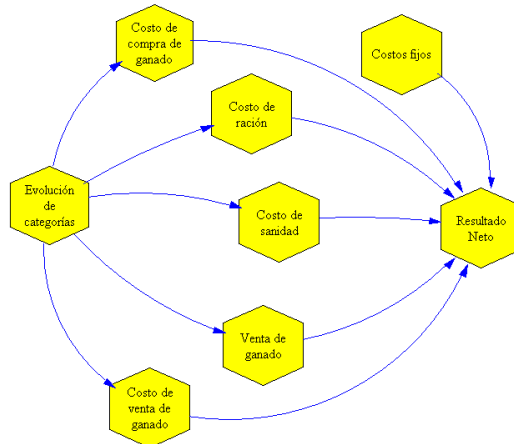


Figura 1: Módulos constitutivos del sistema de producción Feedlot

3.1 Descripción Del Proceso Productivo

La producción en Feedlot es una actividad intensiva, repetitiva a lo largo del año, con ciclos que van entre tres a cuatro meses. Existe una alta rotación, donde continuamente se encuentran animales entrando al proceso de engorde y otros que salen para los mercados ya listos para ser vendidos. Se denomina conversión a la máxima ganancia de kilos por animal y por día. Para calcularla se considera la cantidad de alimento consumido y la cantidad de kilos ganados. Una alta tasa de conversión garantiza al inversionista la eficiencia. Además, es relevante para la optimización de la producción mantener a los animales en condiciones de confort, evitando el estrés para facilitar así la ganancia de kilos diarios. Los bovinos que entran a los corrales pueden ser provenientes de diferentes lugares, comprados en remates, a través de intermediarios, transacciones entre particulares o también que el mismo productor tenga integrada la producción con madres que producen terneros/ras. La figura 2 resume este proceso en el cual desagregamos la actividad en función del tipo de animales a incorporar al Feedlot.

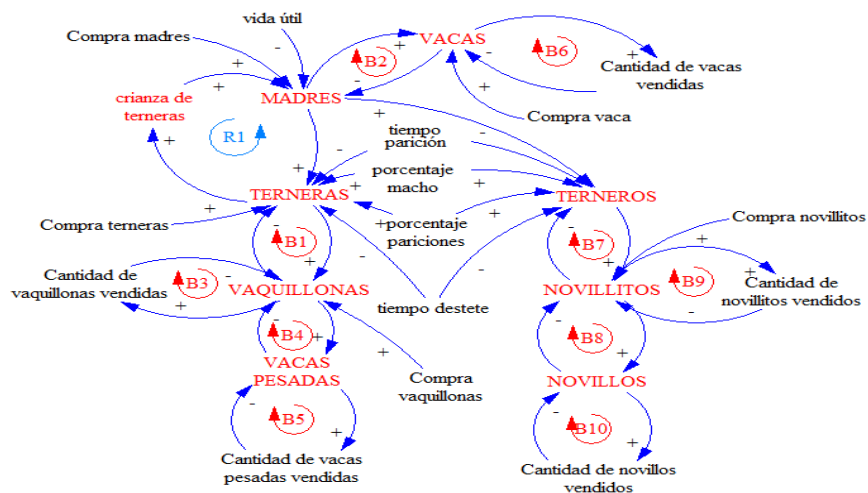


Figura 2: Evolución de Categorías

Cuando se hace el ingreso a los corrales debe tenerse en cuenta la categoría del animal que se está

ingresando. Para comenzar la producción lo más común es el engorde de terneros y terneras (Crianza y/o compra), aunque también existe la posibilidad de incorporar vacas y vaquillonas para engorde y posterior venta, como manera de ampliar la diversidad de animales en la explotación.

Si estamos trabajando con terneros y terneras la dieta se basa en fibras. Luego, tras un periodo de adaptación en la ración, los animales son alimentados sobre la base de una dieta de mayor contenido calórico. El resto de las categorías de animales son puestas en corrales de engorde en donde durante todo el ciclo -120 días aproximadamente - son alimentados de forma diaria hasta el momento de venta.

3.2 Costos de Infraestructura

La producción a corral necesita de una infraestructura inicial que mínimamente comprende: corrales de engorde y recepción, corrales de enfermería, bretes, balanza y manga para trabajar en sanidad y cuidado del ganado. En esta actividad se estima una vida útil de los corrales de cuarenta años, que se van amortizando a lo largo del proyecto.

Otra de las inversiones básicas es en maquinaria e implementos, como pueden ser: tractores, mezcladora de las raciones, carros, auto elevadores de semillas, silos, galpones, vivienda para el encargado y otros. Todos estos elementos son necesarios para poder llevar adelante la producción y se amortizan en el tiempo. El esquema de costos de la infraestructura junto al personal necesario para administrar las maquinarias y corrales se representan con el diagrama causal de la figura 3.

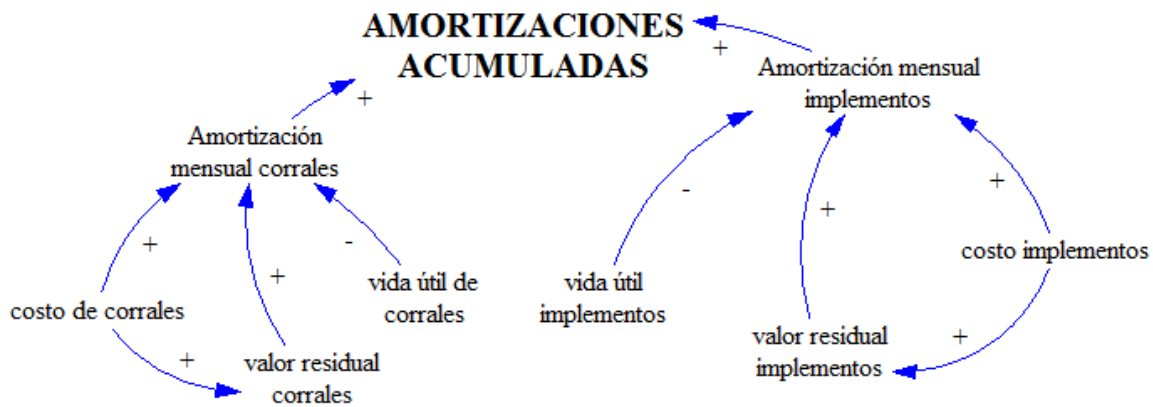


Figura 3: Costos de Infraestructura

3.3 Costo de Compra

El proceso de compra y reposición de animales es muy importante para aumentar la ganancia del ciclo, ya que determina una mayor rentabilidad. En el sistema, la compra puede dividirse de acuerdo a las diferentes categorías de animales a adquirir, siendo común la compra de terneros y terneras, como también la compra de vacas y vaquillonas para engorde. Teniendo en cuenta que la actividad de Feedlot genera su ganancia en relación al engorde del animal, a partir de cierto pesaje ya deja de tener sentido el negocio de compra de otras categorías debido al poco margen de ganancia en kilos que quedan por obtener.

Los costos de compra varían de una categoría a otra, el cambio de categoría como se explica debajo depende del kilaje del animal. A continuación se muestra una tabla de forma explicativa de cada una de las categorías y en la figura 4 puede apreciarse un esquema reducido sobre las relaciones para la compra de ganado.

ternero	ternera	novillito	vaquillona	novillo	Vaca pesada	Vaca de conserva
Macho desde 170kg hasta 190kg	Hembra desde 165kg hasta 185kg	Macho desde 220kg hasta 250kg	Hembra desde 210kg hasta 240kg	Macho desde 300kg en adelante	Hembra desde 290kg en adelante	Hembra desde 360kg hasta 440kg

Tabla 1. Categorías para compra de animales [6]

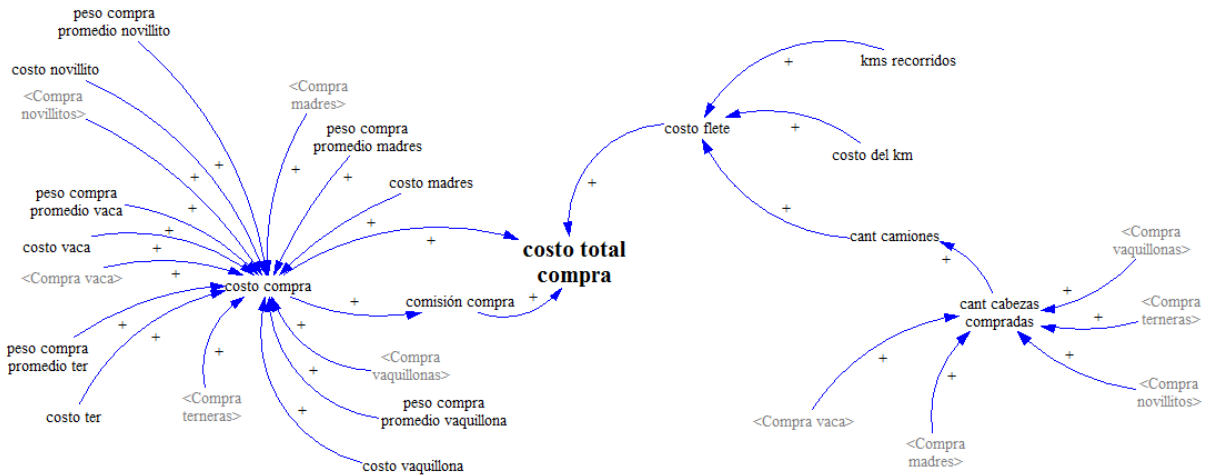


Figura 4: Costos Variables (Categorías)

En la figura 4 se muestra además el costo de fletes que se genera cuando se realiza la compra de animales para trasladarlos desde el campo de origen hasta el establecimiento Feedlot. Al igual que para las ventas (ver figura 7), el costo de flete se calcula como \$/km multiplicado por la cantidad de km recorridos. Siempre conviene tratar de completar la jaula de hacienda con el máximo posible de animales para amortizar el costo de transporte. Tanto el costo de compra, como el costo de comisiones (en el caso de haber intermediarios en la compra del animal) y el costo de transporte hacen al costo total de compra.

3.4 Costo De Sanidad

La sanidad y el cuidado de salud de los animales es clave en el proceso ya que permite disminuir el porcentaje de mortandad -que se estima del 1% en todo el periodo- y evita la pérdida de peso por mal estado del ganado. Su costo es relativamente bajo en comparación con los costos totales. La sanidad en el proceso se realiza al momento del ingreso para todos los animales de las diferentes categorías y hay una segunda etapa de sanidad que se repite a los veinte días como se muestra en la siguiente tabla:

	Al recibir los animales (Inicio)	A los 20 días de recibidos
Vacunas y productos medicinales	<ul style="list-style-type: none"> • Vacuna Triple • Desparasitantes • Cobre y minerales • Vacunas respiratorias 	<ul style="list-style-type: none"> • Desparasitantes • Vacuna triple

Tabla 2. Sanidad de los animales [7]

El diagrama de causalidad del proceso de sanidad está representado en la siguiente figura 5.

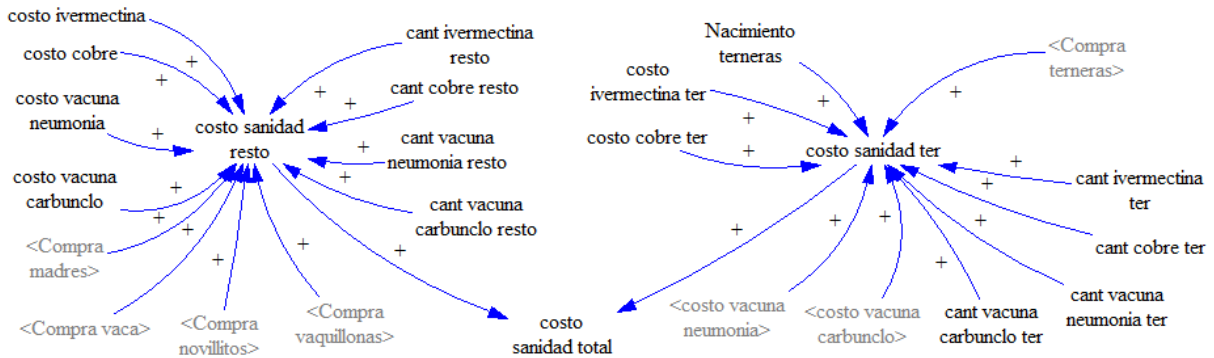


Figura 5: Costo Variable (Sanidad)

3.5 Costo de Raciones

La ración constituye la base sobre la cual se centra la producción, ya que los animales consumen una dieta de altas calorías que permite la ganancia diaria en kilos generando animales de muy buena terminación. A su vez, la ración en sus diferentes tipos y proporciones significa un gran porcentaje del costo que se genera en el proceso. Existen muchos tipos de variedades de dietas balanceadas, con diferentes insumos que brindan mayor eficiencia en conversiones diarias, reducen costos o mejoran la adaptabilidad para el tipo de categoría de animal que se trate. La dieta más usada contiene granos de maíz, silo de maíz (ensilado), núcleo vitamínico y pellets de girasol. Las proporciones de los ingredientes de la ración varían dependiendo de la categoría del animal.

La dieta en terneros y terneras mayores a 180 kg, novillitos, vaquillonas, novillo y vaca pesada se forma a partir de: grano de maíz: 58%; silo de maíz: 30%; núcleo vitamínico: 3%; pellets de girasol: 9%. Para el caso de terneros y terneras menores a 120 kg las proporciones en la dieta se modifican, aumentando en este caso las proteínas (pellets de girasol). O sea que trabajamos con un porcentaje mayor de pellets (15%) y disminuimos el porcentaje de grano de maíz (55%) y silo de maíz (27%). El módulo dentro del simulador que representa esta actividad se muestra en la figura 6.

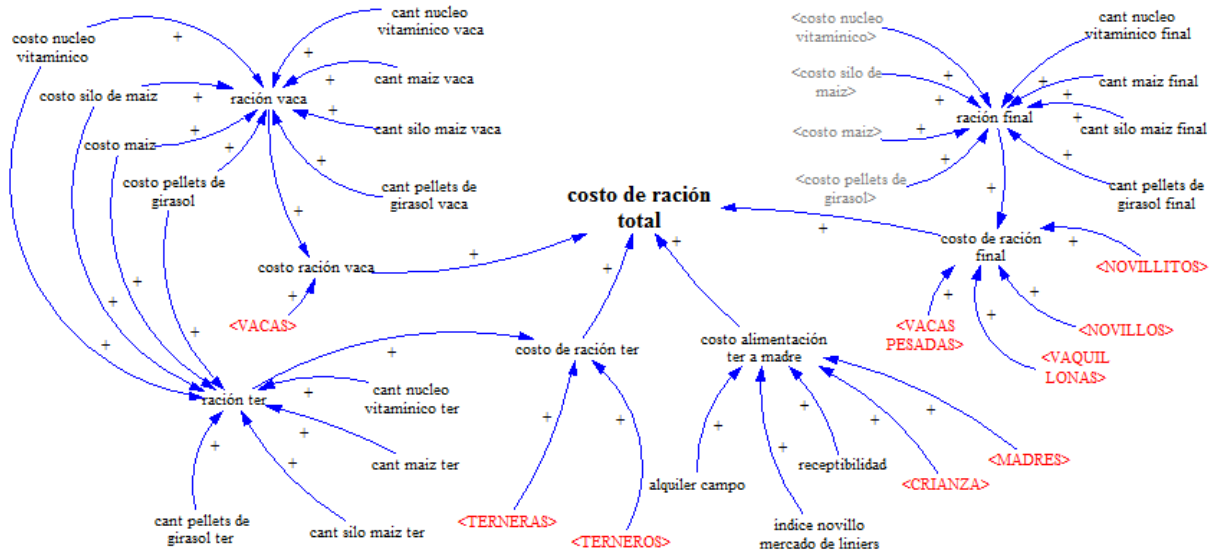


Figura 6: Costo Variable (Ración)

3.6 Costo De Venta

Los costos de venta se generan por gastos de fletes, comisiones y seguros. Los mismos se descuentan de los ingresos por ventas para obtener el ingreso neto. Dependiendo donde se venda hay que pagar o no comisiones. En el caso de mercados éstas se pagan y corresponden a seguros, derecho de piso, balanza y comisión. Puede ocurrir el caso de que el animal sea vendido entre particulares y estos costos se eviten aunque mayoritariamente son desembolsos habituales en la venta. El último de los costos de venta del que nadie está exento es el costo de flete para transportar los animales desde el lugar de la

producción al lugar de venta. Estos costos están tabulados en \$/km y se hace el cálculo a partir de los kilómetros recorridos hasta llegar a destino.

También existen los costos indirectos que son los necesarios para poder llevar a cabo la actividad. Los mismos se relacionan con los sueldos de empleados, costo de operaciones y costos de administración. Puede observarse en la figura 7 las relaciones que componen los costos de venta. En ella incluimos costos de comisiones sobre ventas, seguros, derecho de piso y balanza y fletes como los más representativos.

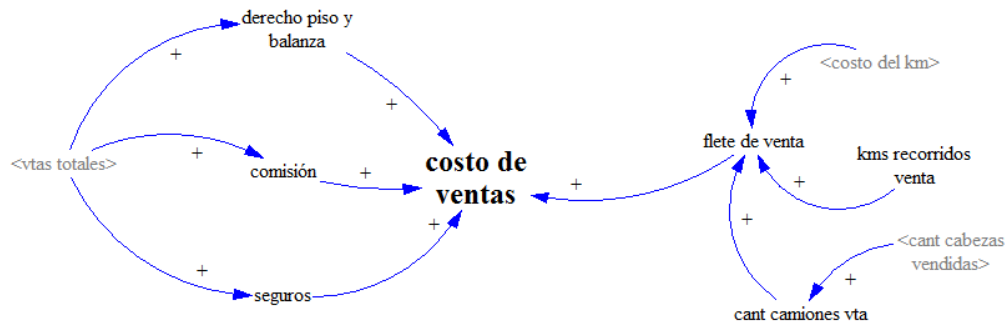


Figura 7. Costos Variables (Ventas)

3.7 Ingresos por Ventas

Las ventas pueden realizarse de muchas maneras como vender en mercados como pueden ser Rosario o Buenos Aires (Mercado de Liniers), a frigoríficos particulares, etc. Cuando se termina el ciclo de engorde del animal –esto significa que el animal por sus características como categoría, raza, u algún factor externo no puede ganar más kilos- éste se encuentra listo para ser cargado, generalmente con destino de consumo. Para calcular el ingreso por venta es necesario multiplicar el peso del animal por el precio por kilogramo de la categoría a la que pertenece. De esta manera, se calculan los valores a cobrar por el productor del Feedlot. Contemplando la demanda puede estimarse cuál es el ingreso esperado según la estructura de precios vigente y disponible. El consumo anual de carne vacuna por persona en la República Argentina en el periodo 2010-2014 se mantuvo en un promedio de 60 kgs por persona [8]. El proceso de venta de ganado en pie del modelo, se indica en la figura 8 siguiente.

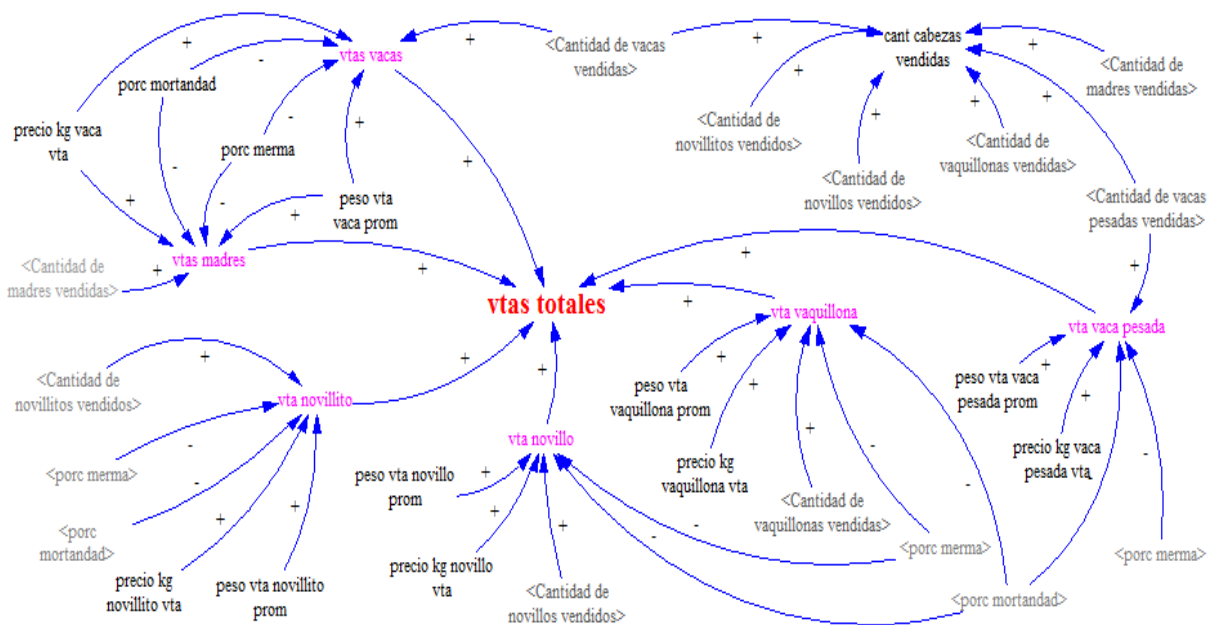


Figura 8: Ingreso por Ventas de Animales en Pie

3.8 Análisis Contable Y Financiero

El análisis contable y financiero se realizó teniendo en cuenta los costos directos e indirectos mencionados en los puntos anteriores como así también los ingresos provenientes de las ventas totales contabilizadas mes a mes. Se desagrega el Flujo de Caja teniendo en cuenta los descuentos a los ingresos brutos con sus respectivas amortizaciones, depreciaciones. Finalmente se consideran impuesto a las ganancias, intereses de la financiación como puede observarse en la figura 9, donde hemos adoptado la estructura clásica de valuación de un proyecto de inversión para calcular los flujos de caja disponibles [4].

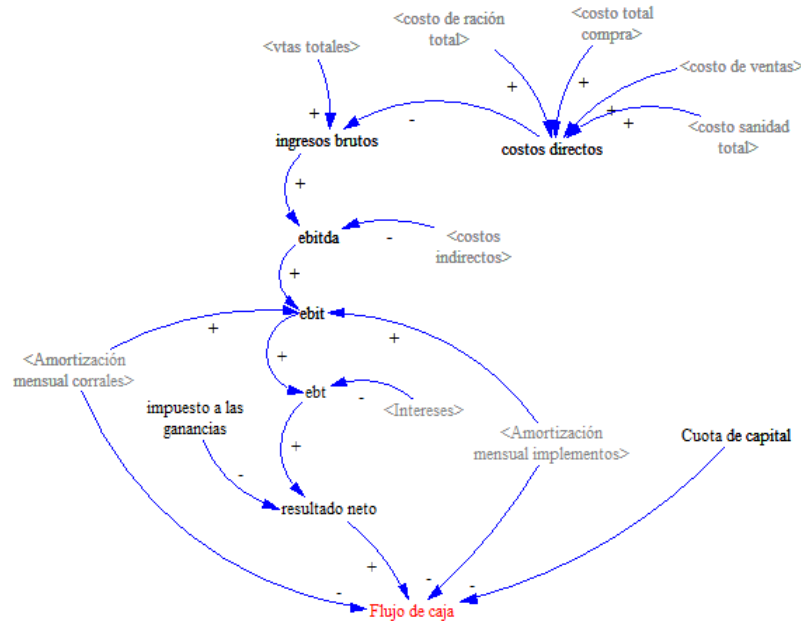


Figura 9: Esquema Financiero de Valuación del Proyecto

También el análisis financiero tiene su basamento en la cantidad de dinero que se debe conseguir para satisfacer las dimensiones del negocio a cubrir, es decir, que tiene en cuenta la cantidad de animales que se van a comprar por categoría, los animales que se encuentran en el Feedlot al comienzo del análisis, etc.

Una vez identificado el monto inicial necesario, el modelo refleja la cantidad de dinero que se va a conseguir por aporte de capital propio y conforme a este valor, el modelo calcula el porcentaje de préstamo que se deberá solicitar para cubrir los faltantes. En este caso se eligió el sistema de amortización del tipo Alemán [4], a fin de poder pagar el capital al cabo del ciclo de la producción y los ingresos previstos por la venta de animales. De manera opcional, se analizó el sistema de amortización Francés [4], pero generaba mayores erogaciones de capital durante el periodo de cría y engorde de los animales hasta su venta a los mercados.

El modelo supone que todos los costes asociados al inicio del proyecto serán cubiertos por capital propio y capital financiado; que la tasa de interés anual del préstamo se calcula al 25% anual para este tipo de industrias y la tasa de corte para descuento de los flujos de fondos, se calcula según industrias comparables siguiendo el procedimiento descrito por Merlo M [9] y Dumrauf G. [4]. Puede observarse en la figura 10 el módulo de valuación del proyecto con cálculo del VAN, el ROI y el Payback o periodo de recupero de la inversión.

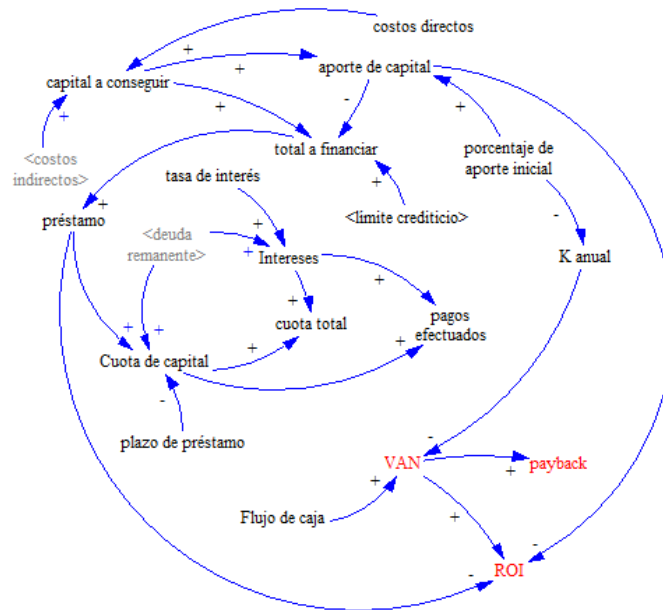


Figura 10: Cálculo del VAN y ROI del proyecto

4. Experimentación con el Modelo y Resultados Esperados

En este apartado se analizaron varios escenarios en los que pudo observarse el potencial del modelo en lo que refiere a análisis multivariado ya que el propietario del Feedlot puede configurar múltiples opciones de compra y con ello analizar los diferentes beneficios que puede obtener.

Será menester para quien opera el modelo, realizar ensayos que mantengan la coherencia de realizar la compra inicial conforme a la envergadura de su negocio y a su estructura crediticia. Los ensayos se realizan para un productor pequeño mayormente contemplando el plazo de 48 meses salvo para el caso de crianza donde su potencial se puede ver con un horizonte más amplio, por ejemplo 96 meses o más.

Al considerar este lapso de tiempo (48 meses), nos asegura que los precios promedio mayorista no van a sufrir grandes variaciones ya que por ahora el modelo está centrado en el funcionamiento operativo y no contempla una política inflacionaria elevada. Por otra parte, sólo por comodidad, todos los escenarios contemplarán un stock inicial en cero, es decir, que se considera que el productor dispone de la estructura necesaria para comenzar las actividades (Terreno, maquinarias, corrales, etc.) pero que aún no tiene animales.

Consideramos que un productor chico o mediano, similar a quien nos ayudó a realizar este modelo, está limitado en sus instalaciones sea por dinero disponible, infraestructura, terrenos, disponibilidad de servicios, mano de obra etc., ello nos permite configurar que la cantidad máxima de animales de cada tipo por período de compra no supera los 30. Dado que el plazo mínimo para venta es de 4 a 6 meses, puede llegar a tener un stock de 200 a 300 animales en existencia que irá vendiendo y reponiendo según un esquema de necesidad de dinero o capital de trabajo.

Para optimizar nuestro modelo, buscamos la combinación de variables que elija como compra máxima la cantidad tope de animales de cada tipo (30), que el VAN del proyecto sea máximo, que el ROI sea máximo, que la Inversión Inicial resulte mínima y que todo momento, el saldo de caja (capital de trabajo) resulte positivo. A esto llamamos la optimización multivariada en el escenario dinámico. El mejor escenario que pudo obtenerse es usando la funcionalidad del modo “Game” de Vensim [5], combinada con la simulación Montecarlo y la Optimización estocástica, todas herramientas disponibles en Vensim Profesional, se resume en las tablas siguientes:

1) Para un escenario de 48 meses de valuación del proyecto

Cantidad de Animales a comprar de cada tipo

Vacas Madre	Novillitos	Terneras	Terneros	Vacas	Vaquillonas
0	30	0	0	0	30

Tabla 3: Cantidad inicial de animales a comprar al inicio de la explotación

Tiempo de reposición o recompra de animales en meses

Vacas Madre	Novillitos	Terneras	Terneros	Vacas	Vaquillonas
	5.5				5.5

Tabla 4: Tiempos de reposición optimizados

Resultados Financieros Calculados

VAN	ROI	Aporte de Capital Propio	Préstamo Bancario	Inversión Total
\$ 1.190.000	3.654	\$130.287	\$195.430	\$325.717

Tabla 5: Resultados Financieros Optimizados para proyecto a 48 meses

2) Para un escenario de 96 meses de valuación del proyecto

Cantidad de Animales a comprar de cada tipo

Vacas Madre	Novillitos	Terneras	Terneros	Vacas	Vaquillonas
0	30	30	8	0	30

Tabla 6: Cantidad inicial de animales a comprar al inicio de la explotación

Tiempo de reposición o recompra de animales en meses

Vacas Madre	Novillitos	Terneras	Terneros	Vacas	Vaquillonas
0	5.5	5.5	5.5	0	5.5

Tabla 7: Tiempos de reposición optimizados

Resultados Financieros Calculados

VAN	ROI	Aporte de Capital Propio	Préstamo Bancario	Inversión Total
\$ 2.215.000	3.673	\$241.163	\$361.745	\$602.908

Tabla 8: Resultados Financieros Optimizados para proyecto a 48 meses

Las figuras 11 y 12 muestran el resultado del VAN del proyecto con las simulaciones optimizadas por el software Vensim.

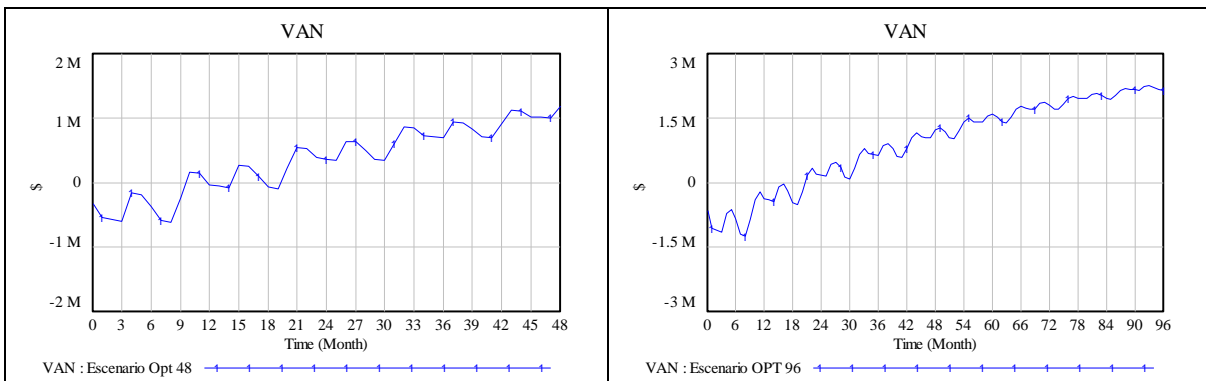


Figura 11: Van del proyecto a 48 meses

Figura 12: VAN del proyecto a 96 meses

Hemos analizado manualmente muchas otras combinaciones tanto a 48 como 96 meses de plazo de valuación del proyecto, con diferentes combinaciones de animales a comprar y reponer, pero ninguna

supera los VAN de las condiciones óptimas, incluso muchas de las combinaciones analizadas generaban valores de VAN negativos que hacían el proyecto no rentable.

5. Conclusiones

Si bien este modelo no reviste grandes complejidades en términos de loops o lazos de realimentación, sí la tiene en términos de “reacción – difusión” [10, (pag. 159-165)], ya que el modelo controla la operación de todo el proceso productivo de un Feedlot promedio teniendo en cuenta un análisis operativo y financiero completo que brinda una visión macro y micro sobre el funcionamiento del mismo, y de este modo permite operar sobre aquellas variables de interés que resultan de máximo apalancamiento para el negocio en su conjunto, o sea, aquellas variables que pueden ser modificadas por el operador del modelo (endógenas) de modo que se consiga un máximo resultado con un mínimo esfuerzo. El siguiente ejemplo muestra un caso base y siete operaciones individuales sobre distintas variables que intentan realizar una mejora en el rendimiento del proyecto:

Caso base de ejemplo registra una compra de 20 madres cada 12 meses; 30 vacas cada 4 meses; 10 vaquillonas cada 3 meses; 10 novillitos cada 3 meses y 10 terneros cada 3 meses. Además el porcentaje de terneras que se envía a crianza es del 50%; el porcentaje de vaquillonas que pasan a engorde (sin venta) es del 50% al igual que el porcentaje de novillitos que pasan a novillos. Esta configuración arroja un ROI de 2,444. Se realizan siete análisis de variables en busca de aquella de máximo apalancamiento (Dentro de las variables de influencia que puede manipular el operador):

- **Caso apalancamiento 1 (Terneros/as cada 2 meses)** = Requiere 21% más de inversión que el caso base dando un ROI de 2,56 lo que equivale a un 12% más que el caso base.
- **Caso apalancamiento 2 (Novillitos cada 2 meses)** = Requiere 5% más de inversión que el caso base dando un ROI de 2,874 lo que equivale a un 43,4% más que el caso base.
- **Caso apalancamiento 3 (vaquillonas cada 2 meses)** = Requiere 4% más de inversión que el caso base dando un ROI de 3,099 lo que equivale a un 65,9% más que el caso base.
- **Caso apalancamiento 4 (vacas cada 3 meses)** = Requiere 34% más de inversión que el caso base dando un ROI de 1,635 lo que equivale a un 19,5% menos que el caso base.
- **Caso apalancamiento 5 (Crianza 100%)** = Requiere la misma inversión que el caso base dando un ROI de 1,565 lo que equivale a un 12,5% menos que el caso base. (Para esta configuración la crianza requiere mayor tiempo de análisis para ver los resultados positivos).
- **Caso apalancamiento 6 (100% novillitos a novillos)** = Requiere la misma inversión que el caso base dando un ROI de 2,71 lo que equivale a un 27% más que el caso base.
- **Caso apalancamiento 7 (100% vaquillonas a vacas)** = Requiere la misma inversión que el caso base dando un ROI de 2,914 lo que equivale a un 47,5% más que el caso base.

Luego de este sencillo análisis podemos concluir que para maximizar las ganancias sobre la configuración de compra del caso base, los mayores beneficios se obtienen pasando de categoría a todas las vaquillonas evitando así la venta de las mismas. Con cero inversión adicional a la inicial se obtiene 47,5% más de ganancia. Luego, si el operador dispone de poder invertir 4% más del caso original puede obtener un rendimiento del 65,9 superior al caso base.

Time (Month)	Escenario	ROI
72	Escenario Base	0
73	apalancamiento 7	0
74	Escenario Base	0
75	apalancamiento 0	0
76	6	0
77	Escenario Base	0
78	apalancamiento 0	0
79	5	0
80	Escenario Base	0
81	apalancamiento 0	0
82	4	0
83	Escenario	0
84	Base	0
85	apalancamiento 0	0
86	o3	0
87	Escenario	0
88	Base	0
89	apalancamiento 0	0
90	o2	0
91	Escenario	0
92	Base	0
93	apalancamiento 0	0
94	o1	0
95	Escenario	0
96	Base	2.915

Figura 13: Comparación ROI Caso Base vs Caso Base con diferentes apalancamientos

La figura 13 anterior, resume los escenarios de apalancamiento y la medición del ROI para poder diferenciar cuál de ellos resulta el mejor escenario partiendo de la base que el VAN de todos ellos es positivo.

En este modelo se trabajó sobre un caso real y las conclusiones obtenidas sobre el análisis multivariado de los diferentes escenarios permitieron al productor modificar las viejas y arraigadas tendencias de compra/venta que venía realizando a cambio de nuevas estrategias con mayores rendimientos a baja y media escala.

La combinación de la dinámica de sistemas, la simulación Montecarlo y la optimización multivariada de los escenarios permite generar modelos de análisis de sistemas productivos, en este caso Fedlots que permiten al usuario experimentar diferentes combinaciones, prácticamente a costo cero, tratando de encontrar los factores de riesgo y éxito que pueden condicionar y/o mejorar su proyecto.

La cantidad de escenarios posibles de obtener es muy amplia, y demasiado larga para resumir en este trabajo sin extender su contenido de páginas. Está disponible por parte de los autores de un documento de mayor extensión con detalle de al menos 10 escenarios comparativos.

6. Referencias / Bibliografía

- [1] Ferrari O., Speroni N. "**Feed Lot Actual**", Editorial Difusión Ganadera, 2015
- [2] Gil S.; **Sistema de producción de carne bovina: Engorde Intensivo (Feedlot). Elementos que intervienen y posibles impactos en el Medio Ambiente;**
<http://www.ingenieroambiental.com/?pagina=685>.
- [3] Persoglia S., <http://edant.clarin.com/diario/2004/04/29/p-750925.htm>
- [4] Dumrauf G., Finanzas Corporativas, Editorial Grupo Guía, 2003
- [5] Vensim Profesional, Versión 2015, Empresa Ventana Systems Inc, <http://vensim.com/>
- [6] Canosa R., "Que Invernar", http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_en_general/65-que_invernar.pdf
- [7] Senasa, <http://www.senasa.gov.ar/index.php>
- [8] Instituto de Promoción de la Carne Vacuna (IPVC). <http://www.ipcva.com.ar/vertext.php?id=964>
- [9] Merlo S. "**Tasa de Corte en Argentina**",
http://mba.americaeconomia.com/sites/mba.americaeconomia.com/files/tasa_de_corte.pdf
- [10] Aracil J. Gordillo M., "**Dinámica de sistemas / System Dynamics**", Editorial Alianza, 2005
Universidad SA, 2007. ISBN-10: 8420681687; ISBN-13: 978-8420681689