



Instituto Nacional de  
Tecnología Agropecuaria

Publicación Miscelánea  
ISSN 2314-3126  
Año 2 – N° 2  
Febrero 2014

**EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE UN TAMBO DE ALTA  
PRODUCTIVIDAD CON ESPECIAL ÉNFASIS EN LOS ASPECTOS  
AMBIENTALES**

**Autores: Tieri, M.P., Pece, M., Comerón, E.A., Maciel, M., Scándolo, D., Castignani, H.,  
Salado, E., Romero, L., Berca, R., Vera, M., Herrero, M.A., Charlón, V. y García, K.**

Estación Experimental Agropecuaria Rafaela

## Indice

1.- Introducción.....	3
2.- Materiales y métodos .....	4
2.1.- Descripción del sistema productivo .....	4
2.1.1. Evolución de la UPLI desde su implementación .....	7
2.2.- Indicadores físicos y económicos .....	9
2.3.- Indicadores ambientales .....	10
2.3.1.-Balances de Nutrientes de Nitrógeno y Fósforo .....	10
2.3.2.-Transferencia de nutrientes hacia el sector de ordeño .....	11
2.3.3.- Consumo y eficiencia en el uso de la energía fósil .....	11
2.3.5.- Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) .....	13
2.3.6.- AgroEcolIndex .....	13
3.- Resultados y discusión .....	14
3.1.- Evaluación de la UPLI mediante el uso de indicadores físicos y económicos.....	14
3.2.- Evaluación ambiental de la UPLI mediante el uso de indicadores .....	16
3.2.1.- Balances de Nutrientes de Nitrógeno y Fósforo .....	16
3.2.2.- Estimación de la transferencia de nutrientes hacia el sector de ordeño .....	20
3.2.3.- Determinación del consumo y eficiencia en el uso de la energía fósil .....	21
3.3.4.- Determinación del consumo y eficiencia en el uso del agua .....	22
3.2.5.- Estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) mediante el calculador CREA .....	24
4.-Conclusiones .....	27
5.- Bibliografía .....	28

## Resumen

A partir de una serie de indicadores productivos, económicos y ambientales se evaluó la sustentabilidad integral de un sistema lechero de alta productividad del INTA Rafaela. Dicha valoración será utilizada como línea de base al desarrollo de una etapa de mayor nivel de intensificación o de incremento de la eficiencia global. Para este trabajo se recopiló y procesó información del sistema durante el ciclo 2011-2012 y se comparó con valores obtenidos a nivel nacional e internacional. Las características y recursos productivos de dicho sistema productivo son similares a los que se pueden observar en los tambos de la cuenca central santafesina con la salvedad de la utilización de animales cruce Holando x Jersey.

### 1. Introducción

En la última década se ha dado una fuerte competencia por el recurso tierra, lo cual llevó a la necesidad de aumentar la productividad mediante la intensificación de los sistemas productivos. Como era dable esperar, dicho proceso permitió también un incremento del beneficio económico obtenido, con un uso progresivo de los recursos disponibles y un aumento de los desechos. Es muy probable que el proceso de intensificación de los tambos continúe, independientemente de la estrategia alimenticia a implementar (confinamiento total o parcial, alimentación del tipo Ración Totalmente Mezclada "RTM", Ración Parcialmente Mezclada "RPM" o pastoril con concentrados "P+C", etc.). Esto justificará aún más la necesidad de cuantificar el grado de impacto ambiental de los sistemas.

Un sistema sustentable se basa en aquel que tiene como principal característica la aptitud de mantener su productividad y ser útiles a la sociedad indefinidamente, conservando los recursos naturales, preservando el medio ambiente y siendo económicamente competitivos y rentables. La evaluación de sustentabilidad mediante enfoques sistémicos que incluya indicadores ambientales, económicos y sociales ha recibido atención recientemente, dado su potencial como herramienta de toma de decisiones. Resulta entonces imprescindible comenzar a evaluar los indicadores ambientales más destacados teniendo en cuenta que la

sustentabilidad del sistema no sólo estará condicionada a los aspectos productivos y socio-económicos.

En el trabajo desarrollado por Tieri *et al.* (2014), se enumeran y definen los principales indicadores seleccionados y que serán utilizados en este trabajo. Con respecto a los indicadores ambientales, existen algunos que actualmente son más utilizados por productores y técnicos por su facilidad de cálculo y porque proveen información fácil de interpretar, como por ejemplo los balances de nutrientes (nitrógeno y fósforo) a escala predial. Además, hay otros indicadores de mayor complejidad, los cuales son utilizados para la investigación de tecnología de procesos y para el comercio de productos en los diferentes mercados mundiales, como es el caso del consumo de agua y las emisiones de gases de efecto invernadero en forma de “huellas”.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar a través de indicadores seleccionados, la sustentabilidad integral, con especial énfasis en lo ambiental, de un tambo de alta productividad en su etapa de “situación inicial o de partida” respecto al desarrollo mediato de una nueva fase de intensificación o de incremento de la eficiencia global.

## **2. Materiales y métodos**

### **2.1.- Descripción del sistema productivo**

La Unidad de producción de leche intensiva (UPLI) está ubicada en la EEA del INTA Rafaela, frente a la ruta 34 en el km 227 y a 7 km de dicha ciudad, en el centro oeste de la Provincia de Santa Fe (lat. Sud: 31°12', Long Oeste: 61°30' a 99msnm). De acuerdo a datos de la Estación Agrometeorológica de la EEA del INTA Rafaela, la precipitación media anual de la serie histórica 1930-2010 es de 954,5 mm, y las temperaturas máximas y mínimas promedio son de 31,9 °C y 17,9 °C en enero y de 15,9 °C y 5.3 °C en julio, respectivamente. Los suelos corresponden a las series Rafaela (Argjudol típico), Lehmann (Argjudol ácuico) y Castellanos (Argialbol típico), en proporciones diferentes según los sectores considerados.

El sistema de alimentación actual es del tipo Ración Parcialmente Mezclada con pastoreo directo (“RPMp”) donde los animales reciben los siguientes alimentos:

(1) *Pastura de alfalfa y verdeo de invierno*: aprovechados mediante pastoreo rotativo en franjas diarias definidas según la biomasa presente y el nivel de asignación de pastura que asegure una eficiencia de cosecha no menor al 70%. Los forrajes frescos pueden representar entre el 30 y el 40 % del total de la dieta expresada en kg de MS consumida.

(2) *Silaje de planta de maíz o sorgo y heno*: estos forrajes conservados se ofrecen juntos con los concentrados/subproductos mediante el uso de un mixer que descarga la mezcla en comederos ubicados en un corral cercano a la instalación de ordeño. La cantidad ofrecida de silaje varía en el año entre un 30 y un 10% de la MS total mientras que el heno participa como máximo en un 10%.

(3) *Concentrados/subproductos*: generalmente se utiliza grano de maíz, expeller de girasol, expeller de soja y semilla de algodón.

(4) *Balanceado peleteado*: se ofrece en los comederos de la sala de ordeño y según el nivel de suplementación, el cual se define mensualmente cuando se reconstituyen los dos rodeos de vacas.

La participación media en la dieta de estos dos últimos grupos de alimentos (3 y 4) es de alrededor del 35%. En síntesis, la dieta media ofrecida a las vacas en ordeño (expresada en % de la MS consumida) sería la siguiente: 35% Pastura: 20% silaje: 10% heno: 35% concentrado.

Las vacas en ordeño se agrupan mensualmente en dos rodeos definidos por el momento de la lactancia, la producción individual, el estado reproductivo y la condición corporal. Esos dos rodeos son afectados a manejos diferentes, en especial respecto al nivel de suplementación. El rodeo está compuesto por animales cruza Holstein (H) x Jersey (J) y sus distintas filiales (generaciones) (figura 1), en distintas proporciones.

El servicio es biestacionado con 3 meses por bloque donde uno de ellos comprende los meses de mayo, junio y julio mientras que el otro bloque abarca los meses de octubre, noviembre y diciembre.

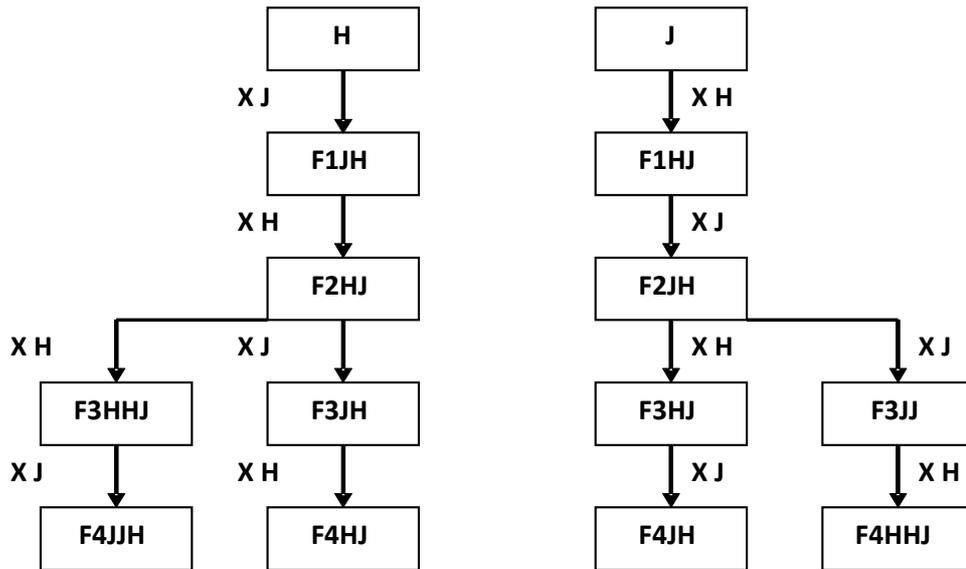


Figura 1.- Cruzamientos realizados en la UPLI (comunicación Vera, M.).

Se definieron dos rotaciones de cultivos en respuesta a dos aptitudes de suelo bien diferenciadas. En el sector de mayor potencialidad (sector Este) se aplica una rotación que comprende 3 años de pasturas base alfalfa y 2 años de maíz (uno en doble cultivo) destinado a la confección de silo. En el sector de menor potencialidad (sector Oeste) la rotación consta de 3 años de pasturas base alfalfa y 2 años de sorgo para la confección de silo (Tabla 1). Los cultivos anuales se siembran en directa y con la aplicación simultánea de urea (50 kg/ha). Las pasturas de base alfalfa también se siembran en directa pero no se fertilizan.

Tabla 1.- Rotación de cultivos según sector.

Sector	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Este	base alfalfa	base alfalfa	base alfalfa	Mz 1°	Mz3° / Mz1°
Oeste	base alfalfa	base alfalfa	base alfalfa	Sorgo	Sorgo

Mz: Maíz; S: Sorgo

La instalación de ordeño tiene un diseño en espina de pescado con 10 bajadas y 20 bretes, posee placa de refrescado y un tanque de enfriado de 6000 litros. El ordeño se realiza dos veces por día, aproximadamente cada 12 horas. La leche de cada ordeño se almacena en el tanque de enfriado y se entrega diariamente a 4°C. La mano de obra está compuesta por un tambero y dos empleados permanentes siendo los encargados de analizar y ejecutar las prácticas de manejo en el tambo.

### 2.1.1. Evolución de la UPLI desde su implementación

Desde que fue creada la UPLI en el año 1981, la misma fue sometida a diferentes etapas en su continuo proceso de ejecución de nuevos planteos de intensificación, y que modificaron algunos componentes y características del sistema (Tabla 2).

Tabla 2.- Características más destacables de los procesos de intensificación de la UPLI (Adaptado por Comerón a partir de diversas publicaciones).

Ciclo	Dietas- FV:FC:C	PI (l/v/d)	CA VT/ha VT	litros/haVT/año kgSU/haVT/año	Tipo de sistema	Sigla
1981-1987	82:8:10	17	1,5	6980 litros	Pastoril de baja suplementación y parición continua	P+C
1988-1993 Transición	80:10:10 a 70:10:20	19.5	1.6	8.540 litros	Pastoril de baja suplementación y parición continua	P+C
1994-1998	40:30:30	24	2.2	15.400 litros 1015 kgSU	Pastoril de alta suplementación con Holando y de parición biestacional	RPMp
2002-2006	75:10:15 y 40:30:30	23	2,2	14.800 litros 1.090 kgSU	Agrícola-tambero Pastoril de alta suplementación con cruza HxJ y raza Holando. Parición biestacional	RPMp
2007-2009	60:10:30	23	2,6	17.400 litros 1.300 kgSU	Pastoril de alta suplementación con cruza HxJ y de parición biestacional	RPMp

NOTAS: FV:FC:C Forraje verde: Forraje conservado: Concentrado, SU = Sólidos útiles (GB+PB), Calcha *et al.*, 1982 ; Andreo *et al.*, 1996; Gallardo *et al.*, 1996 ; Comerón *et al.*, 2007 y Baudracco *et al.*, 2011.

Entre 1980 e inicios de la década del '90, la UPLI funcionó como un sistema "pastoril con bajo nivel de suplementación", utilizando pasturas de base alfalfa, de base achicoria y avena en pastoreo directo, y suplementando con heno y grano de sorgo (20% de la MS total) (Calcha *et al.*, 1982). Luego se fueron introduciendo cambios en la dieta, incorporando otros alimentos como: a) silaje de maíz o sorgo, que permitió sostener una carga mayor y/o más estable, b) subproductos (semilla de algodón, afrechillo de trigo, expeler de soja y girasol) o balanceados formulados, que permitieron mejorar la calidad de la dieta ofrecida, y manteniendo otros (heno y pastura de alfalfa) (Andreo *et al.*, 1996).

Desde inicios de la década del 90, esta dieta siguió siendo modificada para responder a los mayores requerimientos de los animales en cuanto al aporte y balance de nutrientes, llegando a la actualidad a mantener una proporción de alrededor del 33% por cada “grupo” de alimento que la constituye:

*Forrajes conservados (silaje+heno): concentrado (subproductos+cereales): forraje fresco (alfalfa, verdeos).*

Se introdujeron además, estrategias de manejo que trataron de mejorar la eficiencia de utilización de los recursos (especialmente pasturas) y la sincronización en el aporte de los nutrientes (proteína, energía, FDN efectiva). Se pueden citar por ejemplo: Uso de mixer para la mezcla y distribución de una parte de la dieta, preoreo con aprovechamiento directo de andanas, manejo diferencial según lotes de animales y/o estación del año (Gallardo *et al.*, 1996).

A partir del 2002 se plantearon propuestas más complejas que involucraban una estrategia comercial (agricultura y tambo), otra racial y reproductiva (holando y cruza HxJ), y alimenticia (dietas según época del año y biotipo: 40:30:30 y 75:10:15), las cuales se evaluaron hasta el 2006. El sector de tambo registró en promedio los 23 litros/v/d, con 3,79 % GB y 3,45 % PB, y una carga de 2,2 VT/haVT/año, alcanzando a superar los 14.000 litros/haVT/año y cercano a los 1.100 kg de sólidos útiles “SU”/haVT/año (Comerón *et al.*, 2007).

Entre el 2007 y el 2009 se desarrolló un ensayo bajo la metodología de “sistemas” que fijaba 3 niveles de carga y (1,6; 2,1 y 2,6 VT/haVT/año) involucrando solamente vacas cruza HxJ de parición invierno primaveral (Baudracco *et al.*, 2011). Este trabajo que se realizó en forma conjunta con la Universidad de Massey (NZ) y del Litoral (Esperanza), alcanzó una productividad máxima de 17.400 litros/haVT/año y 1300 kg SU/haVT/a y una producción individual levemente superior a los 7.000 litros/lactancia 305 días con el 3,93 y 3,58 %GB y PB, La dieta estaba compuesta por un 60% de pasturas: 10% de silaje y heno: 30% de concentrado.

Desde 2011-2012, la UPLI se encuentra en una etapa de transición para llegar a conformar un sistema con cruza HxJ de alta productividad -cercano a los 18 o 19.000 litros/ha VT/año

(cerca a los 1.400 kgSU/haVT/año)- a través de una carga animal de 2,77 VT/haVT/año y una producción individual levemente superior a los 7.000 litros/lactancia 305 días y con una composición de 3,9 %GB y 3,5 %PB.

## 2.2.- Indicadores físicos y económicos

A partir de la información registrada en la UPLI, se elaboró una base de datos para estimar los Indicadores físicos y económicos del sistema. Para ello se utilizaron principalmente las “Normas para recopilar datos de producción física en tambo” redactadas por AACREA (1988) y el trabajo de Andreo *et al.* (1996).

Con respecto a la reproducción, se utilizaron los indicadores propuestos por el InCalf (Morton, 2000) siendo los recomendables para analizar el desempeño en sistemas con servicio estacionado. Dichos indicadores se calculan desde el inicio (IS) hasta el final de los servicios sobre el total de vacas que ingresan al mismo independientemente de su fecha de parto. Ellos son:

- Porcentaje de Preñez a primer servicio: % P 1ra IA
- Porcentaje de inseminación en las primeras tres semanas del IS:% IA 3 S
- Porcentaje de preñez en las primeras seis semanas del IS: % P 6 S
- Porcentaje de preñez en todo el período: % P General

El porcentaje de preñez a las tres semanas (% P 3 S) fue agregado en el análisis de la unidad (UPLI) de la EEA Rafaela.

Para el cálculo de los indicadores económicos, se registró la información mensual durante el ejercicio 2011-2012. Dichos valores se expresan a valores constantes, actualizados a junio de 2012 (fecha de cierre de ejercicio). Se aplicó para tal fin el Índice de Precios al Consumidor de la Provincia de Santa Fe, nivel general (base 100 = 2003), publicado por el IPEC - Gobierno de Santa Fe. La metodología utilizada para el cálculo de los resultados es la propuesta por INTA en los documentos elaborados por Ghida Daza *et al.* (2009) y Castignani *et al.* (2011). Los indicadores calculados fueron los siguientes: ingreso bruto, gastos directos, gastos estructura, amortización, ingreso neto, rentabilidad con y sin tierra, litros equivalentes al costo

de alimentación, % de los gastos de alimentación en los ingresos brutos y litros libre de alimentación.

### **2.3.- Indicadores ambientales**

A partir de los indicadores ambientales descritos en el trabajo de Tieri *et al.* (2014), se llevó a cabo el cálculo de los mismos en el sistema productivo UPLI para el ciclo 2011-2012.

#### **2.3.1.-Balances de Nutrientes de Nitrógeno y Fósforo**

Uno de los indicadores calculados fue el balance de nitrógeno (N) y el de fósforo (P) a escala predial. Además, se realizó su cálculo teniendo en cuenta solamente las instalaciones de ordeño. El primero se estima como la diferencia entre la cantidad de nutrientes que entran y que salen de un sistema definido en el espacio y en el tiempo (flujo neto / unidad tiempo/unidad área). La diferencia entre el ingreso y las salidas determinará la eficiencia del predio y dicho valor puede usarse como un indicador del riesgo ambiental del predio. Si este valor es positivo, da cuenta de una acumulación o ganancia de nutrientes, y por el contrario, si es negativo implica una agricultura de 'minería' con una sobre explotación de la fertilidad del predio.

Los ingresos al predio de N y P se estimaron a partir de las cantidades de fertilizantes, concentrados, forrajes, animales y deposición atmosférica (como fijación biológica de nitrógeno y lluvia). Por otro lado, los nutrientes fueron removidos del sistema como animales y productos vendidos (carne y leche en este caso). El ingreso de nitrógeno mediante fijación biológica por leguminosas (FBN) se estimó mediante la multiplicación de la concentración de N de la de biomasa total por 0,6, cálculo permite estimar una aproximación del potencial de fijación del recurso (Heichel *et al.*, 1984; Bacon *et al.*, 1990; Klausner, 1993; Dou *et al.*, 1998; Herrero *et al.*, 2006(b); Carbó, 2011). La producción de MS de las diferentes pasturas fue tomada de los promedios obtenidos en la zona según los diferentes tipos de calidad de suelo. En base a estos resultados obtenidos con respecto a las diferentes pasturas del sistema en cuestión, se estimó cual sería la FBN.

En base a los resultados obtenidos en los balances prediales, se calcularon ciertos Indicadores para evaluar la eficiencia de utilización de los nutrientes publicados por Herrero *et al.* (2006(a)):

- Indicador de Uso de Nutrientes (IUN %) =  $(\text{exceso N-P} / \text{ingreso N-P}) * 100$
- Indicador de Consumo de Nutrientes (ICN) =  $\text{ingreso N-P} / \text{egreso N-P}$
- Eficiencia Global del Balance (EGB %) =  $(\text{egreso N-P} / \text{ingreso N-P}) * 100$ . Esta indica qué proporción del nutriente total ingresado al predio sale del mismo en los productos leche y carne.

### **2.3.2.-Transferencia de nutrientes hacia el sector de ordeño**

Para el balance de N y P de las instalaciones se tuvo en cuenta la cantidad de nutrientes consumidos en la dieta de las vacas en ordeño (VO) (kg N-P/año), restándole la cantidad de N y P que egresa de la instalación como leche por VO (kg N-P/año). Para calcular la cantidad de nutrientes que sería depositada en las instalaciones, se estimó el bosteo en los corrales de encierro del tambo y de alimentación, considerando el tiempo de permanencia de los animales en los mismos. Para ello se tomó como parámetro el criterio de la Dairying and the Environment Committee (2006) que considera las horas de actividad de las vacas y divide el bosteo equitativamente entre éstas. Entonces, se tomó al 100% al bosteo diario (16 horas de actividad) y se determinó el porcentaje correspondiente a cada hora. Para calcular la permanencia real del rodeo de ordeño en los corrales de encierro del tambo, se tomó la permanencia de la totalidad de las vacas la mitad del tiempo.

### **2.3.3.- Consumo y eficiencia en el uso de la energía fósil.**

Otro de los indicadores calculados fue el consumo de la energía fósil, la producción de la misma y la eficiencia en el uso de dicho recurso. Para ello se empleó el método de análisis de procesos (Meul *et al.*, 2007), considerándose a todos los ingresos de energía, en forma directa e indirecta, al sistema. La energía directa fue la consumida en las labores vinculadas a las actividades productivas, incluyendo combustibles, lubricantes y electricidad. La energía indirecta (IEi) incluyó a la energía involucrada en el proceso de producción de los fertilizantes, semillas, herbicidas, insecticidas, alimentos balanceados y maquinarias ingresados al sistema.

Para obtener el ingreso y egreso de energía, se emplearon coeficientes equivalentes de energía para productos vegetales y pecuarios destinados al consumo obtenidos de diferentes autores (Tierl *et al.*, 2014), y se multiplicó la cantidad de cada insumo por su correspondiente contenido energético.

La energía consumida en la labor del hombre y la aportada por el sol, no fueron incluidas. Para determinar la salida de energía se consideró la producción anual de leche hectárea de cada sistema y se multiplicó por el coeficiente energético de la misma. Para evaluar el uso de la energía se empleó la eficiencia energética (Ef E), indicador derivado de la relación entre los egresos e ingresos de energía al sistema y la productividad energética, la cual representa los litros de leche producidos cada 100 Mj consumidos.

#### **2.3.4.-Consumo y eficiencia en el uso del agua**

La gestión de los recursos hídricos a nivel mundial ha comenzado a ser parte del centro de atención. Por ello otro de los indicadores calculados en este trabajo fue el Consumo de agua, en forma directa e indirecta, y la eficiencia de uso de la misma. Se consideró agua directa a la utilizada en las tareas de higiene de la máquina de ordeño (MqO) y del equipo de frío (EF), y como bebida animal. Para el agua indirecta se consideró la cantidad necesaria para producir los alimentos externos (balanceado, grano de maíz, semilla de algodón y pellet de soja) y la necesaria para producir alimentos en el sistema (pasturas y cultivos anuales en seco). Los consumos diarios de litros de agua (litros/d) utilizados para la limpieza del equipamiento de ordeño se obtuvieron mediante las siguientes fórmulas de referencia:

$$MqO=27,75*\text{número de unidades de ordeño}+134,4$$

$$EF=0,0403*\text{capacidad tanque (l)}+11,153.$$

El consumo de agua de los animales se estimó mediante la fórmula de Murphy *et al.* (1983) en donde: Consumo de agua libre =  $15,99 + (1,58*IMS) + (0,9*P.L.) + (0,05*C.Na) + (1,2*T^{\circ})$  en litros por día ( $r^2 = 0,49$ ).

IMS: ingesta de MS en kg/d

PL: producción de leche en kg/d

C.Na: consumo de sodio en gr/d

T°: temperatura mínima diaria en °C

El consumo de agua de los corrales se determinó mediante caudalímetro. La cantidad de agua necesaria para la producción de alimentos (propios e importados) se estimó mediante los programas CLIMWAT® 2.0 y CROPWAT® 8.0 de la FAO, adaptando los ciclos de los cultivos con datos propios del sistema y regionales. Una vez obtenida la cantidad total de agua consumida por año en todo el sistema, se dividió por los litros totales de leche, obteniéndose la cantidad de agua necesaria para producir 1 litro de leche. No se tuvo en cuenta el consumo de agua por parte de la placa de refrescado, ya que la misma era reutilizada.

### **2.3.5.- Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)**

El último punto trabajado fue el balance de gases de efecto invernadero (kgCO<sub>2</sub>eq/ha/año) y en base a ello una estimación de la huella de carbono del sistema productivo, para lo cual utilizamos un programa realizado por el CREA que se denomina “Calculador de emisiones para tambos”. Este programa utiliza la metodología del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) descrita por Tieri *et al.* (2014).

### **2.3.6.- AgroEcoIndex**

Por último, se utilizó el AgroEcoIndex®, el cual es un programa del INTA que funciona como una herramienta para diagnosticar e interpretar procesos relevantes en diferentes agroecosistemas y facilitar la toma de decisiones. Consta de 18 indicadores, los cuales se señalan a continuación:

- Consumo de energía fósil (EF) (MJ/ha/año)
- Producción de energía (EF) (MJ/ha/año)
- Eficiencia de uso de energía fósil (EEF) (MJ EF consumida/MJ producto/año)
- Balance de nitrógeno y balance de fósforo (BN y BP) (kg N-P/año)
- Riesgo de Contaminación por N y P
- Riesgo relativo de contaminación por plaguicidas (RPL)
- Riesgo de erosión hídrica y eólica (RE) (t suelo/año)
- Cambios en el stock de carbono (C) en el suelo (CSC) (t C/año)
- Balance de gases efecto invernadero (GEI) (t CO<sub>2</sub> equivalente/año)

- Consumo de Agua y Eficiencia de Uso del Agua
- Relación Lluvia-Energía
- Riesgo de Intervención del Hábitat
- Riesgo de Impacto sobre el Hábitat
- Agrodiversidad

### 3.- Resultados y discusión

#### 3.1.- Evaluación de la UPLI mediante el uso de indicadores físicos y económicos.

En la Tabla 3 se presentan todos los índices físicos de la UPLI utilizados para evaluar la producción del tambo durante el ciclo 2011-2012

Tabla 3.- Indicadores físicos y productivos de la UPLI ejercicio 2011-2012

Indicador	
Superficie VT (ha)	108,2
Superficie VTp (ha)	67
Superficie VTaj (ha)	159,2
VO promedio	180
VT promedio	216
VO/VT	83%
Carga animal (VT/haVT/año)	2
Dotación (EV/haVT/año)	4,40
Litros por año	1.427.388
Litros/VO/día	21,8
Litros/haVT/año	13.192
Litros/haVTaj/año	8.965,8
Gramos de concentrado /litros leche producida (kg/VO/día)	358 (7,61)
% GB	3,96
% Proteína	3,53
kgSU/haVT/año	988,4
kgSU/haVTaj/año	673,3
Composición de la oferta forrajera	
% de praderas en producción (no de implantación)	44,8
% de praderas en implantación	17,1
% total de praderas	61,9
% de cultivo de verano para silaje	33,9
Rendimiento promedio de las rotaciones (kgMS/ha/año)	
Sector Oeste	11.740
Sector Este	14.140

VT: vaca total;; VO: vaca ordeño; p: pastura; aj: superficie ajustada; GB: grasa butirosa; SU: sólidos útiles.

El rodeo estuvo compuesto por 216 VT de las cuales 180 estaban en ordeño con una producción diaria de 21,8; mientras que la carga animal promedio fue de 2 VT/ha. Esto permitió alcanzar una productividad de 13.192 litros/ha VT/año.

Dicho valor de productividad fue significativamente superior a la media de distintas poblaciones de tambos analizadas: 5.760, 6.800 y 8.822 l/haVT/a según PDT (Rev.SanCor, 2013), INTA (Chimicz, 2012) y CREA Cuenca Centro (JAT, 2012), respectivamente. Sin embargo, resulta ser inferior en alrededor de un 9% cuando se la compara con los valores medios de los tambos mas destacados (cuartil superior o “top ten”) de la población analizada por CREA y por PDT (Rev.SanCor, 2013): 14.276 y 14548 litros/haVT/año, respectivamente. Esta diferencia se reduce cuando se expresa la productividad en kgSU/haVT/año, resultando ser de solo un 2,5% con el valor medio alcanzado por los “top ten” del PDT (1.012 kgSU) como consecuencia de la mayor composición química de la leche obtenida con las cruza HxJ.

En la tabla 4 se presentan los valores de los indicadores utilizados para evaluar el desempeño reproductivo de dos temporadas de servicio estacionado (primavera 2011 - otoño 2012) registrados en la UPLI y su relación con: a) los de un ensayo (Rafaela) de temporadas anteriores (primavera 2007 y 2008) en el mismo tambo y b) los del InCalf Australiano para tambos de pariciones estacionadas, biestacionadas y “en bloque”.

Tabla 4: Indicadores utilizados para evaluar el desempeño reproductivo.

Indicador	Ciclo 2011-2012		Bibliografía			
	UPLI		Rafaela <sup>1</sup>	In Calf (Australia) <sup>2</sup>		
	Temp1	Temp2	Temp	mediana	rango	Factible*
% IA 3 S	91,5	97,2		77	29 – 95	87
% P 1ra IA	41,2	33,8	54	49	24 – 68	54
% P 3 S	34	32	42			
% P 6 S	54,7	51,0	62	63	23 – 86	75
% P General	71,7	66,6	77	91**	63 – 99	94
Días de IA	81	86	68	147**		

<sup>1</sup>Baudracco *et al.*, 2011 ; <sup>2</sup> Valores resultado del análisis de 124 tambos con servicio estacionado en Australia. InCalf Project, Dairy Research and Development Corporation (DRDC), año 2000: Temp1: servicios del 03/10 al 23/12/11 y Temp2: servicios del 08/05 al 02/08/12. Temp: promedio de 2 años de servicios del 1/10 al 15/12/07 y del 6/10 al 6/12/08 \*Estimado del 25% de los rodeos (n=31) bajo estudio con mayor porcentaje de preñez a las 6 semanas. \*\*Los días que se reportan los períodos de servicio estacionado y la preñez general en Australia, corresponden a 21 semanas de servicio (entre 6 a 8 semanas de inseminación artificial y el resto con servicio natural).

Como se observa en la tabla 4, el % IA 3 S fue óptimo en la temporada 2011 – 2012 en relación a lo “factible” del InCalf resaltando una alta actividad cíclica en el rodeo acompañada de una excelente detección de celos. En cambio, los otros indicadores, que tienen que ver con

la concepción, son más bajos que los del ensayo y los del InCalf en general. Aquí es válido comparar el % P 6 S porque el de P General es elevado en el InCalf debido al uso de servicio natural durante más dos meses. En este sentido, se puede ubicar en valores intermedios del rango australiano (60 % de los tambos) y el del ensayo similar a la mediana.

Se evaluó el resultado económico del sistema productivo para el ejercicio 2011-2012, presentándose en la Tabla 5 una síntesis de los indicadores más utilizados

Tabla 5.- Indicadores económicos de la UPLI para el ejercicio 2011-2012 (Castignani, H.)

Indicador	\$/ha	\$/VT	\$/litro
Ingreso Bruto Total	26.103	13.521	1,98
Costos Directos	15.493	8.025	1,17
Margen Bruto	10.609	5.495	0,804
Gastos	2.113	1.095	0,16
Amortizaciones	130	67	0,01
Ingreso Neto	8.366	4.333	0,634
Rentabilidad (con tierra)	15,5 %		
Rentabilidad (sin tierra)	52,1 %		

El Margen Bruto obtenido en la UPLI se considera elevado ya que supera en un 34% el valor del cuartil superior del CREA Centro (JAT, 2012) para el mismo ejercicio (7.916 \$/ha/año) y duplicando la media de dicha población (5.078 \$/ha/año). El indicador MB/CD que representa el dinero ganado por peso gastado, fue de \$ 68.

### 3.2.- Evaluación ambiental de la UPLI mediante el uso de indicadores.

#### 3.2.1.- Balances de Nutrientes de Nitrógeno y Fósforo.

La tabla 6 muestra los valores de ingresos, egresos y balances de N y P. Los resultados obtenidos para ambos nutrientes (N y P), respecto al balance predial (kg/ha/año) fueron positivos.

Tabla 6.- Valores de ingresos, egresos y balances de N a nivel predio.

	Kg Nitrógeno/ha	Ton Nitrógeno/año	kg Fósforo/ha	ton Fósforo/año
Ingreso				
Fertilizantes	13,49	1,5	0	0
Alimentos	181,2	19,6	46,31	5,0
Animales	9,62	1,0	2,53	0,3
FBN	110,7	12,0	N/C	N/C
Lluvia	0,05	0,0	N/C	N/C
Total ingreso	315,1	34,1	48,83	5,3
Egreso				
Animales	10,29	1,1	2,71	0,3
Leche	74,51	8,1	11,35	1,2
Total egreso	84,80	9,2	14,06	1,5
Balance (kg/ha)	230,26	24,9	34,77	3,8

El valor obtenido en el cálculo del balance de N es similar a los resultados máximos obtenidos en Francia por Simon *et al.* (2000), para niveles de intensificación intermedia (entre 50 y 250 kg N/ha). Con respecto a los valores de balance de N publicados a nivel nacional (Carbó, 2011) en tambos de la provincia de Buenos Aires ( $159 \pm 40,1$ ), el balance de N en la UPLI fue mayor (235 kgN/ha). Sólo se observaron valores similares en los balances de N máximos de la cuenca abasto norte, y más elevados aún en la cuenca sur-oeste (333 kgN/ha). Por otro lado, el valor de N que se obtuvo en el sistema en estudio, está por encima de las normativas que estableció el gobierno de los Países Bajos en 2003 mediante el sistema de contabilidad de Minerales (MINerals Accounting System -MINAS), donde eran de 180 kg N/ha para suelos arcillosos y 140 kg N/ha para suelos arenosos secos (Hanegraaf y den Boer, 2003 citado por Carbó, 2011). Sin embargo, según Sacco *et al.* (2003), en los Países Bajos, el promedio de los tambos analizados presentaban valores más cercanos a los 300 kgN/ha. Estos autores consideran que dichos valores son muy elevados y preocupantes, en comparación con otros estudios europeos. Sin embargo, no tomaron en consideración la fijación biológica de leguminosas, que en este estudio aporta el 35% del ingreso total (Figura 2).

Se debe tener en cuenta que es conveniente considerar lo expresado por Schröder *et al.* (2003), los cuales indicaron en su estudio que deben tomarse con precaución estos datos de los balances de N expresados por unidad de superficie, especialmente al utilizarlos para generar reglamentaciones ambientales. Esto es debido a que no necesariamente expresan las habilidades de manejo de los sistemas productivos, ya que no solo dependen de la conversión de N dentro del establecimiento, sino también de los alimentos adquiridos. Esto último puede observarse en el caso de la UPLI, en donde la importación de alimentos externos al sistema representó el 58% del total del nitrógeno ingresado al predio.

Si comparamos la proporción de los insumos en el balance de N calculado, con los resultados obtenidos por otros autores (Stoate *et al.*, 2001; Spears *et al.*, 2003(a)), los valores hallados son similares a los calculados en el ámbito internacional (60% alimentos, 4% fertilizantes y 36% FBN) observándose una mayor diferencia en la fertilización, la cual fue menor en la UPLI. Herrero *et al.* (2006(c)) obtuvieron para los tambos de la Cuenca de Abasto

de Buenos Aires una relación diferente, en donde los alimentos representaron el 44,6%, los fertilizantes el 23,8% y la FBN el 31,6%, del total de N ingresado.

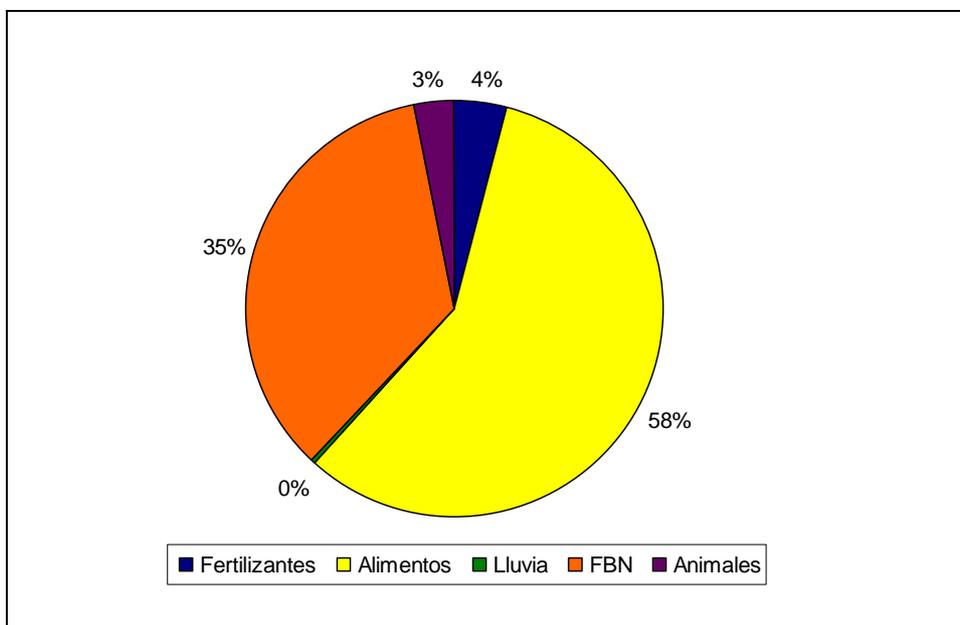


Figura 2.- Proporción de cada variable de ingreso de N con respecto al total ingresado al predio.

En el caso del balance de P calculado en la UPLI, su valor (34,77 kg/ha) es mayor a los máximos obtenidos por Herrero y Gil (2008) en donde trabajaron con 19 tambos pastoriles intensificados con suplementación y obtuvieron balances prediales de 28.86 kg/ha de P máximo y -9.9 mínimo. Nielsen y Kristensen (2005) detectaron valores más bajo aún para tambos convencionales (16±8 kg P/ha/año). Fangueiro *et al.* (2008) establecieron valores de Balances de P en un rango entre 5 y 72 kg P/ha/año, sin encontrar relación significativa con el nivel de intensificación de los establecimientos. En Alemania, Haas *et al.* (2007) calcularon balances de P de -3 kg P/ha/año, los cuales si bien ellos consideraban a estos valores como algo positivo, sería discutible ya que el fósforo faltante en el balance está siendo “tomado” de algún lado, muy probablemente de reservas del suelo (Carbó, 2011), y en este caso podría estar sucediendo un proceso de degradación. En la metodología propuesta por Viglizzo *et al.* (2002) se indica que balances de P por debajo de -3 kg/ha ya mostrarían una señal de alerta de la degradación del suelo.

Con respecto a los indicadores de aprovechamiento de los nutrientes (Tabla 7), ambos nutrientes (N y P) tuvieron un comportamiento similar. El valor de IUN (%) del N y del P estuvo

comprendido entre los datos nacionales obtenidos por Herrero *et al.* (2006(c)) en donde los tambos presentaron un uso de nutrientes entre 65 y 84 %. Los tambos más eficientes son aquellos que presentan un valor de IUN menor. En referencia al indicador de consumo de nutrientes (ICN), en el caso del N (3,72) el valor se encuentra dentro del rango de las medias de los tambos analizados en las diferentes cuencas de Buenos Aires (entre 2,9 y 6,4) y supera a los hallados por otros autores en predios lecheros pastoriles, en un 26% (3,3) y en un 18% (3,5) (Dou *et al.*, 1998; Spears *et al.*, 2003(a); respectivamente). En el caso del P, los valores presentados por Herrero *et al.* (2006) fueron mayores al obtenido en la UPLI (3,9 y 6,4 vs. 3,48 respectivamente). Sin embargo, con respecto a la bibliografía internacional, el ICN de P es mayor a los datos de Klausner *et al.* (1998) y Spears *et al.* (2003(b)): 3,4 y 2,4 respectivamente.

Tabla 7.- Descripción de indicadores de aprovechamiento de nutrientes (N y P).

Nitrógeno	
Indicador de Uso de Nutrientes (%)	73,07
Indicador de Consumo de Nutrientes	3,72
Eficiencia Global del Balance de N (%)	26,91
Fósforo	
Indicador de Uso de Nutrientes (%)	71,21
Indicador de Consumo de Nutrientes	3,48
Eficiencia Global del Balance de P (%)	28,77

(1) IUN (%) = [(exceso N-P / ingreso N-P) x 100]; (2) ICN = (ingreso N-P/ egreso N-P); (3) EGB (%) = [(egreso N-P /ingreso N-P) x 100].

El indicador que muestra la eficiencia de aprovechamiento de cada nutriente es la EGB (Eficiencia global del balance). El valor de EGB de N de la UPLI (26,9%) está en el rango de los calculados en tambos locales (16,8% a 35,3% ; Herrero *et al.*, 2006(c)) y otros autores (28,6% ; Spears *et al.*, 2003a). En el caso del P, la eficiencia hallada es similar (28,77%) superando los valores hallados en tambos analizados por Herrero *et al.* (2006(c)) (de 16,4 a 27,4%) pero mucho mejor que los valores informados por autores internacionales: 42% (Spears *et al.*, 2003(b)), 44% (Aarts *et al.*, 1992) y 66% (Bacon *et al.*, 1990). En este sentido, es necesario comprender que en sistemas productivos de tipo pastoril, los animales devuelven al sistema entre un 60-80% del nitrógeno y fósforo ingerido mediante sus heces y orina. El resto permanece en los productos animales como carne o leche (20-40%) (Van Horn *et al.*, 1994; Tamminga, 1996). Por lo tanto, los valores de EGB de ambos nutrientes son favorables, si tenemos en cuenta el porcentaje que no estaría yendo a la producción de leche nombrada anteriormente.

### 3.2.2.- Estimación de la transferencia de nutrientes hacia el sector de ordeño

Se estimó el balance anual del rodeo de ordeño (BRO) a partir de la diferencia entre ingresos (N-P en alimentos) y egresos (N-P en producto leche). El resultado representa la excreción de N y P por vaca en ordeño por año (Tabla 8). El cálculo de dicho balance permitió luego estimar la transferencia a los diversos sectores por parte de los animales según el tiempo de permanencia en los mismos. Los valores obtenidos (kg/VO/año) fueron cercanos a los observados por Carbó (2011) ( $159 \pm 40,1$  para N y  $20,8 \pm 5,8$  para P) y a los encontrados por Herrero (2008) (143,9 y 173,0 para N; 16,1 y 17,2 para P).

Tabla 8.- Balance de corral, expresados en kg/VO/año

	N	P
Ingreso (kg/VO/año)	166,1	25,8
Egreso (kg/VO/año)	44,8	6,8
Balance (kg/VO/año)	121,3	19,0
Eficiencia Nutricional (%)	23,6	26,4

Una vez estimados los balances (BRO) de N y P se estimó la transferencia por hora de permanencia en las distintas instalaciones. Se consideró que según el comportamiento de bosteo (White et al., 2001, Dairying and environmental comitte, 2006) la transferencia se puede estimar para sala de ordeño, corrales de ordeño y de alimentación, potreros y caminos, en un 6,25%. El rodeo permaneció en promedio 5 horas en los corrales de la sala de ordeño (considerando el tiempo de los dos ordeños). Estos valores resultan elevados dado que se considera que la permanencia de los rodeos en dicha área no debería superar las 4 horas totales por día. Este tiempo de permanencia ideal surge de contar con instalaciones de ordeño adecuadas al tamaño del rodeo (Arave et al., 1996; Ryan, 2005). Para estos tiempos de permanencia la proporción excretada y depositada en las instalaciones fue de 31,25% para las instalaciones de ordeño y 6,25% en los corrales de alimentación. La Tabla 9 muestra los valores de la proporción de todos los nutrientes excretados en la UPLI, que son transferidos hacia la zona de la instalación de ordeño y los corrales de alimentación, y la que permanece dentro de los potreros.

Tabla 9.- Cantidad de N y P excretados en las instalaciones y proporción de lo excretado en las instalaciones y los potreros.

	N	P
Toneladas excretadas/año	21,80	3,42
Proporción depositada en área de ordeño		31,25
Proporción depositada en corral de alimentación		6,25
Proporción depositada en los potreros y callejones		62,50

La cantidad total de nutrientes, en promedio, depositada en la instalación de ordeño durante un año fue de 6812,5 kg N y 1068,8 kg P y en los corrales de alimentación 1362,5 kg N y 213,8 kg P. Dichos valores representan la cantidad de ambos nutrientes que serán acumulados en las instalaciones de ordeño y corrales de alimentación, las cuales podrían ser recolectadas para utilizarse como abono. La reutilización, tanto del estiércol (sólido) como de los efluentes (líquidos), es un paso importante para disminuir el consumo de fertilizantes químicos, y por consecuencia, mejorar los balances y las eficiencias de aprovechamiento, tanto de N como de P (Carbó, 2011). En base a esta información, junto con los análisis de efluentes necesarios, sería útil evaluar la posibilidad de la aplicación de los mismos a algún lote que se encuentre en una rotación con cultivo.

### **3.2.3.- Determinación del consumo y eficiencia en el uso de la energía fósil.**

El consumo y eficiencia de uso de energía fósil expresan procesos de intensificación de los sistemas productivos y muestran su riesgo ecológico potencial. En la tabla 10 se pueden observar los ingresos de energía en forma directa e indirecta al predio y que proporción del total del ingreso y del IEd y IEi representa cada variable. El mayor ingreso de energía en forma directa (IEd) provino del consumo eléctrico del sistema (81%), sin embargo sólo representó un 4,23% del ingreso de energía total (IE). En el caso de la energía indirecta (IEi), el mayor ingreso provino de los alimentos externos (92,63%) que fueron importados al predio (balanceado, granos, expeler de soja, etc), el cual representó casi el 88% del total de la energía que ingresó a la UPLI. El resto de los factores tuvieron una proporción muy baja del total, siendo los tres más significativos luego de los alimentos, además del consumo eléctrico, la cantidad de animales ingresados al sistema (3,40%), los herbicidas utilizados (1,5%) y el gasoil (1,1%) utilizado para las distintas tareas (siembra, fertilización, confección de rollos, etc). El ingreso de energía total fue mucho más elevado que los valores obtenidos por Herrero et al. (2012) en 27 tambos de las cuencas lecheras de Buenos Aires con dos grados de suplementación: baja ( $37873 \pm 4607$  MJ/ha/año) y alta ( $61776 \pm 11669$  MJ/ha/año). Sin embargo, es similar al valor obtenido por Denoia et al. (2008) en un sistema en el sureste de la provincia de Santa Fe ( $133058$  MJ/ha/año).

Tabla 10.- valor de energía de las variables de ingreso de energía en forma directa e indirecta y su proporción con respecto al ingreso total de energía.

Ingreso de energía (IE)	MJ/año	MJ/ha/año	% del IEd	% del IE
<b>Ingreso Energía Directa</b>				
Combustible	91.999	850,3	11,60	0,61
Electricidad	642.211	5.935,4	81,00	4,23
Gas	58.671	542,3	7,40	0,39
Total IEd	792.881	7.327,9	100	5,2
<b>Ingreso Energía indirecta</b>				
			% del IEi	
Semillas	32.754	302,7	0,23	0,22
Fertilizantes	115.030	1063,1	1,80	0,76
Herbicidas	227.529	2.102,9	1,58	1,50
Insecticidas	10.789	99,7	0,08	0,07
Animales	515.028	4760,0	3,58	3,40
Alimentos comprados	13.314.577	123.055,2	92,63	87,78
Actividades agropecuarias	158.673	1.466,5	1,10	1,05
Total IEi	11.531.138	106.572	100	94,8
<b>Total IE</b>	<b>14.443.500</b>	<b>133.488,9</b>	<b>-</b>	<b>100</b>

El egreso de energía fue mayor debido a una mayor producción de leche por hectárea en comparación con ambos trabajos nombrados anteriormente, al igual que la eficiencia energética y la productividad energética (Tabla 11).

Tabla 11.- Indicadores del uso de la energía fósil.

	MJ/año	MJ/ha/año
Ingreso de energía (IE)	14.443.500	133.489
Egreso de energía (EE)	4.718.805	43.612
Balance energético	9.724.695	89.877
Eficiencia energética (Ef E)	32,67	
Productividad energética (PE)	9,88 lt/100 MJ	

### 3.2.4.- Determinación del consumo y eficiencia en el uso del agua.

Para la evaluación del consumo de agua en el sistema, se utilizó un caudalímetro, el cual permitió obtener el consumo de agua en diferentes puntos del sistema y principalmente de las instalaciones de ordeño, cuyos datos se presentan en Tabla 12.

Tabla 12.- Consumo de agua diarios en diferentes puntos.

Consumo de agua	Lts/día	Unidad
Consumo de agua por animales	87	l/anim/día
Lavado de equipos	1.080	l/d
Lavado de pisos	3.622	l/d
Lavado de pezones	2.079	l/d

Por medio del Cropwat y el Climwat para Cropwat de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO), adaptando los ciclos de los cultivos con datos regionales y en secano, se obtuvieron los valores de consumo de agua (total, verde y azul) de la producción

de las pasturas utilizadas por el sistema para pastoreo directo y confección de reservas, los cultivos sembrados para la producción de silaje y los alimentos importados (Tabla 13).

Tabla 13.- Consumo de agua de los alimentos obtenidos por medio del Cropwat y Climwat para Cropwat.

Alimentos		Total producido o importado (kg)	Consumo de agua (l/kg)
Producidos	Pasturas	745.400	770,4
	Silaje de maíz planta entera	206.012	533,6
	Silaje de sorgo planta entera	147.142	532,8
Importados	Grano de maíz	166.074	528,9
	Silo de grano de trigo	63.360	787,3
	Semilla de algodón	175.682	2299,2
	Pellet de soja	19.023	1515,8
	Balanceado tambo (16%)	429.898	692,3

En la Tabla 14 se presenta el consumo de los diferentes insumos utilizados y las actividades realizadas en el tambo. El 53 % del consumo total de agua se debe a la compra de alimentos externos al sistema y el 46,5% a la producción de pasturas y silaje.

Tabla 14: Consumo de agua (azul y verde) de las diferentes variables del sistema.

Consumo de agua	U	Litros H2O/año	% del total
Consumo de agua por animales	87 lt/vaca/día	6890835	0,42
lavado equipos	664,8 Lt/día	394200	0,01
lavado pisos (sala + corrales)	3.622 Lt/día	1289541	0,08
lavado pezones	2.079 Lt/día	737294,4	0,05
Alimentos importados		868.076.458	52,94
Alimentos producidos (forraje)		762.581.421	46,50

En base a los datos presentados anteriormente, se calculó el uso de agua de forma directa e indirecta (Tabla 15). Según el valor de consumo de agua total (directa + indirecta) del establecimiento en estudio, se consumen 1149 litros de agua por cada litro de leche producida si tengo en cuenta a los alimentos externos al sistema que fueron comprados. Dicho valor es similar a los datos promedio que se maneja en la "Water Footprint Network" en donde el consumo de agua por cada litro de leche es de 1000 litros.

Tabla 15.- Consumo de agua total, por hectárea y por litro de leche producida.

Consumo de agua	lts/ha
Consumo de forma directa	771.705.475
Consumo de forma indirecta	868.076.458
Huella Hídrica/lit de leche (lit H2O/lit leche)	1.148,8

### 3.2.5.- Estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) mediante el calculador CREA

A partir de los datos e información recopilada en la UPLI, se estimó la cantidad de GEI emitidos a la atmosfera a lo largo del ciclo de vida de un producto. El inventario representa las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) provenientes de las actividades productivas del establecimiento. Se indican en una unidad llamada CO2 equivalente (CO2eq) que permite sumar entre sí las cantidades de los distintos gases (Tabla 16). En la Figura 3 puede observarse la proporción de las emisiones por parte del tambo y las materias primas importadas.

Tabla 16.- Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

Fuente de Emisión	Gas	TNCO2eq/año	%
Fertilizantes / Residuos (3ros)	N2O	111	10
Energía (3ros)	CO2	60	5
Fertilizantes (propios)	N2O	9	1
Energía (propios)	CO2	6	1
Total materias primas		186	17
Fermentación entérica	CH4	544	49
Manejo de estiércol	CH4	82	7
	N2O	30	1
Estiércol en pasturas	CH4	7	1
	N2O	211	19
Efluentes	N2O	14	1
Energía	CO2	29	3
Total Tambo		913	83

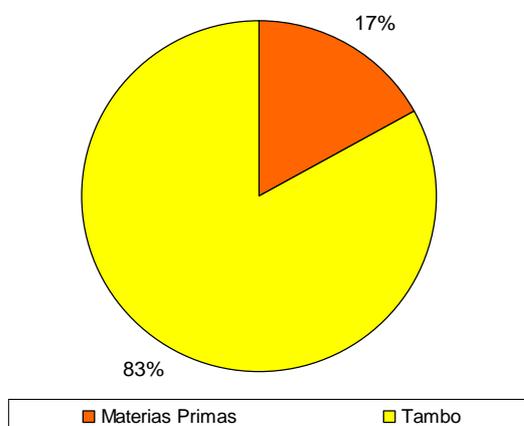


Figura 3.- Proporción de las emisiones por parte del tambo y las materias primas importadas.

En la Figura 4 puede observarse que proporción de cada uno de los Gases de Efecto Invernadero componen a la Huella de Carbono de la UPLI.

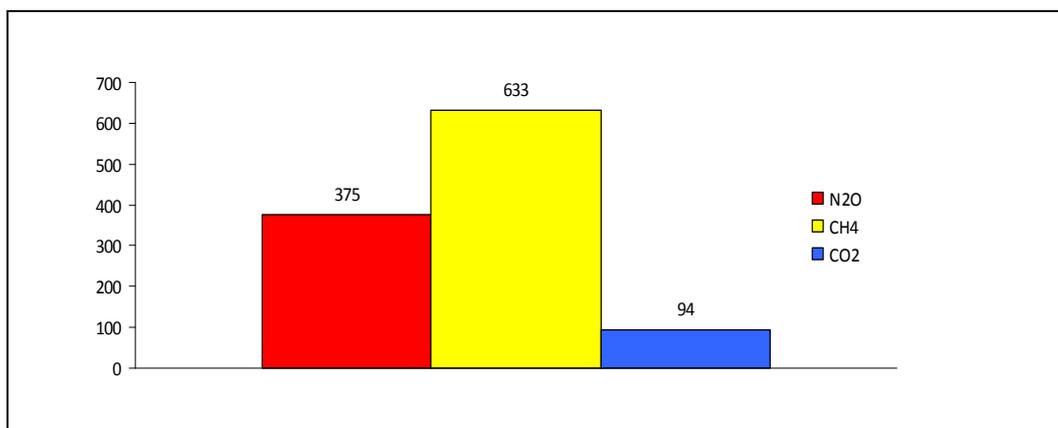


Figura 4.- Proporción de cada uno de los Gases de Efecto Invernadero en TNCO2eq/año.

Cómo se explicó anteriormente, en base al inventario de gases GEI, el calculador nos permite obtener el dato de la cantidad de CO2eq por litro de leche fluida se emiten al medio (Huella de Carbono) el cual fue de 0,78 kgCO2eq/lit de leche. La Huella de Carbono de la UPLI obtenida es menor a los valores representados por Wonnacott en el 2010 (0,82 – 1,25 kgCO2eq/lit) y a los valores obtenidos por Flysjö et al. (2011) en un tambo neozelandés (1 kgCO2eq/lit) y sueco (1,16 kgCO2eq/lit) citados por el programa generado por CREA.

### 3.2.6.- Utilización del Agroecoindex

Por medio del Agroecoindex® se calcularon los siguientes 18 indicadores de gestión ambiental (Tabla 17). Para el balance de N, la gran diferencia estuvo en los datos de la FBN, en donde el Agroecoindex utiliza una fijación de 70-120 kgN/ha/año mientras que en este trabajo se reportó un rango entre 60-290 kgN/ha/año y un valor medio de 111 kgN/ha/año). Además como algunos alimentos de los comprados no se encontraban en el listado, pudo haber afectado al resultado final el hecho de seleccionar un suplemento de características similares en energía o proteína. Entre ambas variables la diferencia fue de 91,8 kgN/ha/año (239,5 en nuestro estudio versus 147,6 kgN/ha/año en el Agroecoindex). Para el fósforo, el resultado varió en 8kgP/ha/año, siendo posiblemente la razón de dicha diferencia la falta de algunos alimentos, como por ejemplo expeller de soja y semilla de algodón, los cuales, en

comparación con el resto de los alimentos, tienen un alto contenido de P (6 y 6,8 gP/kg respectivamente).

Tabla 17.- Resultados del Agroecoindex®

Indicador	Resultado	Unidad	Grado de atención
Porcentaje de cultivos anuales	29,9	%	-----
Consumo de energía fósil	139.076	Mj/ha/año	Rojo
Producción de energía	38.521	Mj/ha/año	Amarillo
Eficiencia de uso de la energía fósil	3,61	MjEF/Mj prod	Rojo
Balance de Nitrógeno	147,7	kg/ha/año	Verde
Balance de Fósforo	26,8	kg/ha/año	Verde
Cambio de stock de C del suelo	-0,03	Ton/ha/año	Amarillo
Cambio de stock de C de la biomasa leñosa	0,00	Ton/ha/año	Verde
Riesgo de contaminación por N	0,00	mg/l	Verde
Riesgo de contaminación por P	0,00	mg/l	Verde
Riesgo de contaminación por plaguicidas	8,73	Índice relativo	Verde
Riesgo de erosión hídrica y eólica	1,27	ton/ha/año	Verde
Balance de gases invernadero	16,1	ton/ha/año	Amarillo
Consumo de agua	1.562,4	mm/año	Rojo
Eficiencia de uso del agua	186,0	%	Verde
Relación lluvia-energía producida	218,1	l/Mj	Verde
Riesgo de intervención de hábitat	0,75	Índice relativo	Naranja
Impacto sobre el hábitat	0,80	Índice relativo	Verde
Agro-diversidad	1,59	Índice relativo	Amarillo

En el caso de la energía, el ingreso de la misma fue mayor según el Agroecoindex (139.075,8 MJ/ha/año) con respecto al calculado en este estudio (113.900 MJ/ha/año). Dicha diferencia puede deberse a que se utilizaron datos de diferentes bibliografías, siendo una de las mayores diferencias las actividades agropecuarias, en donde en este trabajo se calcularon los litros de gas oil utilizados y dicho valor se lo afectó por los MJ/litro de gas oil. Además difieren los contenidos energéticos de algunos alimentos.

El egreso de energía fue menor en el caso del Agroecoindex (38.521 vs 43.612 MJ/ha/año), pero esto se debe a que se utilizó el dato de venta de animales (al igual que el de compra para el ingreso de energía), lo cual produjo la diferencia entre ambas metodologías, debido a que el dato de contenido energético en leche que se utilizó fue el mismo. Por lo tanto, el balance energético calculado de forma manual fue menor que el observado por el Agroecoindex y la eficiencia (Consumo de EF/ EF producida x 100) también, siendo más elevado el consumo por unidad producida en el caso del Agroecoindex.

#### 4.-Conclusiones

Las características de la UPLI para el ejercicio analizado representan una alternativa de tambo de alta productividad con ciertas generalidades y algunas particularidades respecto a los tambos de la cuenca central santafesina. La valoración de lo que se denomina como “situación inicial” (o línea de base) es conducente respecto al objetivo de mediano y largo plazo que se pretende llevar a cabo en cuanto al impacto del proceso de intensificación sobre la sustentabilidad integral de los tambos.

Si bien en un futuro cercano surgirán nuevos indicadores y se dejarán de utilizar o se modificarán otros, se considera que las variables de cálculo y la amplia gama de indicadores utilizados permitirán efectuar un análisis completo de la situación y evolución de la sustentabilidad integral a escala predial.

La utilización de indicadores de impacto ambiental ha permitido tener una primera aproximación al resultado que las prácticas agropecuarias tienen sobre un agro-ecosistema determinado, en función del nivel de producción. El mayor inconveniente, a nivel nacional, es que aún faltan estudios que permita clasificar a los resultados obtenidos al analizar los indicadores de impacto ambiental.

Para entender y mejorar la eficiencia de uso de los diferentes nutrientes, energía y agua en sistemas de producción de leche, cada componente del sistema debe ser analizado separadamente. Sin embargo es importante reconocer la inter-dependencia entre estos componentes. El mayor efecto para mejorar su eficiencia de uso y reducir las pérdidas hacia el ambiente a nivel de tambo es a través de la alimentación del ganado, y en el caso del nitrógeno, la reutilización del N excretado es un aspecto clave.

A priori se puede hipotetizar que, mas allá de los ajustes que se puedan introducir, el margen de crecimiento de la productividad que posee la UPLI es relativamente importante (techo de 18.000 litros/haVT/año o 1.400 kgSU/haVT/año). Pero hay algunas “señales” que estarían indicando paralelamente una mayor demanda de insumos y energía fósil, la cual, según como se las administre, tendrán un nivel de incidencia diferente sobre la sustentabilidad ambiental del sistema más intensificado.

## Bibliografía

- 1.- AACREA, 1988 Comisión de Producción Lechera. Pautas para recopilar los datos de producción física del tambo.
- 2.- Aarts, H.F.M.; Biewinga, E.E.; Van Keulen, H. 1992 Dairy farming systems based on efficient nutrient management. *Neth. K. Agric. Sci.* 40: 285-299.
- 3.- Andreo, N.A., comeron, E.A., Schilder, E., Lasser, A., 1996. Indices para la evaluación de los establecimientos lecheros. *Revista INTA, Publicación miscelánea N° 81.* ISSN 0325-9137. p. 191-125.
- 4.- Arave, C.W., Bolinger, D., Shipka, M.P., Albright, J.L. (1996) Effect of extended lock-up of lactating cows on milk production, feed intake and behavior. *Journal of Animal Science* 74(S1):43.
- 5.- Bacon, S. C., Lanyon, L. E.; Schlauder, Jr, R. M. 1990. Plant nutrient flow in the managed pathways of an intensive dairy farm. *Agron. J.* 82: 755-761.
- 6.- Baudracco, J., Lopez-Villalobos, N., Romero, L.A., Scandolo, D.A., Maciel, M., Comeron, E.A., Holmes, C.W. y Barry, T.N. 2011. Effects of stocking rate on pasture production, milk production and reproduction of supplemented crossbred Holstein-Jersey dairy cows grazing lucerne pasture. *Animal Feed Science and Technology* 168: 131-143
- 7.- Calcha, N.A., Comerón, E.A., Bruno, O.A. 1982. Sistema de producción lechero mejorado para el área centro-oeste de Santa Fé. *Rev.Arg.Prod.Anim. Resúmenes del IX Congreso Argentino de Prod. Anim. Vol 2 (5)* 470-471.
- 8.- Carbó, L.I., 2011. "Balances de nutrientes como herramienta para estimar el potencial para el reciclado de los efluentes de tambo en recursos forrajeros". Tesis de la Especialidad en Manejo de Sistemas Pastoriles Facultad de Agronomía – UBA. <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/especializacion/2011carbolornaileana.pdf>.
- 9.- Castignani, H., Arzubi, A., Marino, M.R., 2011. Costos regionales de producción de leche: criterios metodológicos. Libro completo. Junio del 2011, INTA Rafaela. . <http://inta.gov.ar/documentos/costos-regionales-de-produccion-de-leche-criterios-metodologicos/>
- 10.- Chomicz, J., Ayudarte, F., 2012. La lechería en Trancas. vuelve a sonreír Ideas, propuestas y soluciones para la lechería extrapampeana. Serie Lechería Extrapampeana no. 1. p. 14-15.

- 11.- Comerón, E.A., 2007. Eficiencia productiva de los sistemas lecheros en zonas templadas (con especial referencia a América Latina y a Argentina). Archivo Latinoamericano Prod. Animal, Vol. 15, 141-143. XX Reunión ALPA y XXX Reunión AAPA, Cusco, Perú.
- 12.- Dairying and the Environment Committee 2006. Dairying and the environment (3ª Edición) disponible on-line <http://www.trc.govt.nz/environment/land.htm>
- 13.- Denoia, J., Bonel, B., Montico, S., Di Leo, N., 2008. Análisis de la gestión energética en sistemas de producción ganaderos. Revista FAVE – Ciencias Agrarias UNR. 7(1-2).43-56.
- 14.- Dou, Z., Lanyon, L. E., Ferguson, J. D., Kohn, R. A., Boston R. C., Chalupa, W. 1998. An integrated approach to managing nitrogen on dairy farms: evaluation of farm performance using the Dairy Nitrogen Planner. Agron. J. 90 (5): 573-581.
- 15.- Fangueiro, D., Pereira, J., Coutinho, J., Moreira, N., Trindade, H., 2008. NPK farm-gate nutrient balances in dairy farms from Northwest Portugal. Europ. Journal of Agronomy. Vol 28 (4): 625-634.
- 16.- Gallardo, M. R., S. G. Onetti, A. R. Castillo y J. O. Nari. 1996. Proteína en leche y su relación con el manejo nutricional. En: "Temas de producción lechera". Publicación miscelánea Nº 81: 133-151.
- 17.- Ghida Daza, C., Alvarado, P., Castigniani, H., Caviglia, J., D'Angelo, M.L., Engler, P., Giorgetti, M., Iorio, C., Sánchez, C., 2009. Indicadores económicos para la gestión de empresas agropecuarias. Bases metodológicas. Publicación INTA Nº11. ISSN 1851-6955.
- 18.- Haas, G., Deittert, C., Köpke, U. (2007) Farm-gate nutrient balance assessment of organic dairy farms at different intensity levels in Germany. Renewable Agriculture and Food Systems 22(03):223-32.
- 19.- Heichel, G.H., Barnes, D.K. Vance, C.P. Henjum, K.I. 1984. N<sub>2</sub> fixation, and N and dry matter partitioning during a 4-year alfalfa stand. Crop Science 24:811–815.
- 20.- Herrero, M.A., Carbó, L.I., Gil, S.B., Menéndez, G., 2012. Consumo y eficiencia de energía fósil en tambos con diferentes niveles de intensificación. Comunicación. Rev. Arg. Prod. Anim. Vol 32 (1): 22.
- 21.- Herrero, M.A., Gil, S.B., Sardi, G.M., Flores, M.C., Carbó, L.I., Orlando, A.A., (2006(a)) Transferencia de nutrientes del área de pastoreo a la de ordeño en tambos semiextensivos en Buenos Aires, Argentina. Revista InVet, 8(1):23-30.
- 22.- Herrero, M.A., Gil, S.B., Flores, M.C., Carbó, L.I. (2006(b)) Estimación de la fijación simbiótica de nitrógeno mediante diferentes metodologías en tambos pastoriles. 29º Congreso de

Producción animal- Mar del Plata 18-20 de Octubre - Revista Argentina de Producción Animal  
26(S1):332-333

- 23.- Herrero, M.A., Gil, S.B., Flores, M.C., Sardi, G.M., Orlando, A.A. (2006(c)) Balances de nitrógeno y fósforo a escala predial, en sistemas lecheros pastoriles en Argentina. INVET 8(1): 9-21.
- 24.- Herrero, M.A. y Gil, S.B. 2008. Consideraciones ambientales de la intensificación en producción animal. Ecología Austral 18:273-289
- 25.- InCalf Project, Dairy Research and Development Corporation (DRDC), año Morton, J., 2000.
- 26.- Jornada de Actualización Técnica (JAT). 2012. Material presentado en la jornada realizada en Colonia Vignaud.
- 27.- Klausner, S.D.; Fox, D.G.; Rasmussen, C.N.; Pitt, R.E.; Tylutki, T.P.; Wright, P.E.; Chase, L.E.; Stone, W.C. 1998 Improving dairy farm sustainability I: An approach to animal and crop nutrient management planning. J. Prod. Agric. 11: 225-223
- 28.- Klausner, S.D., 1993. Mass nutrient balances on dairy farms. In Proc. Cornell Nutrition Conf. for Feed Manufacturers, Rochester, NY. 19–21 Oct. Cornell Univ., Ithaca, NY. Meul, M., Nevens, F., Reheul, D., Hofman, G., 2007. Energy use efficiency of specialised dairy, arable and pig farms in Flanders. Agriculture, Ecosystems and Environment. 199 135-144.
- 29.- Meul, M., Nevens, F., Reheul, D., Hofman, G., 2007. Energy use efficiency of specialised dairy, arable and pig farms in Flanders. Agriculture, Ecosystems and Environment. 199 135-144.
- 30.- Morton, J.M., 2000. The InCalf Project. Progress Report. Victoria, Australia: A Dairy Research and Development Corporation-Farmer Funded Project.
- 31.- Murphy, M.R, Davis, C.L., Mc Coy, G.C., 1983. Factors affecting water consumption by Holstein cows in early lactation. J. Dairy Sci. 66:35-38
- 32.- Nielsen, A.H., Kristensen, I.S., 2005. Nitrogen and phosphorus surpluses on Danish dairy and pig farms in relation to farm characteristics - Livestock Production Science, 96(1):97-107.
- 33.- Revista SanCor, 2013. Indicadores de referencia del PDT actualizados a febrero 2013 (pagina 51). Año LXXI – nro 693, junio 2013
- 34.- Ryan, A., 2005. Maximizing Profits by Optimizing Cow Comfort. ABS Global, Inc. BC1-BC3. ABS Global, Inc. Disponible on-line:14-8-0009 [http://usa.absglobal.com/tech\\_serv/resources/u/dairy/02MaximizingCowComfort.pdf](http://usa.absglobal.com/tech_serv/resources/u/dairy/02MaximizingCowComfort.pdf)

- 35.- Sacco, D., Bassanino, M., Grignani, C., 2003. Developing a regional agronomic information system for estimating nutrient balances at a larger scale - *European Journal of Agronomy* 20(1-2):199-210.
- 36.- Schröder, J.J., Aarts, H.F.M., ten Berge, H.F.M., van Keulen, H., Neeteson, J.J., 2003. An evaluation of whole-farm nitrogen balances and related indices for efficient nitrogen use. *European Journal of Agronomy* 20:33-44.
- 37.- Simon, J.C., Grignani, C., Jacquet, A., Le Corre, L., Pages, J., 2000. Typologie des bilans d'azote de divers types d'exploitation agricole: recherche d'indicateurs de fonctionnement (Typology of nitrogen balances on a farm scale: research of operating indicators) *Agronomie* 20:175-195.
- 38.- Spears, R.A., Kohn, R.A., Young, A.J., 2003. Whole-farm Nitrogen Balance on Western Dairy Farms. *J. Dairy Science* 86 (12): 4178-4186.
- 39.- Spears, R.A., Young, A.J., Kohn, R.A., 2003. Whole-farm Phosphorus Balance on Western Dairy Farms. *J. Dairy Science* 86 (2): 688-695.
- 40.- Stoate, C., Boatman, N.D., Borralho, R.J., Rio Carvalho, C., De Snoo, G.R., Eden, P., 2001. Ecological impacts of arable intensification in Europe. *J. Environ. Manag.* 63: 337-365.
- 41.- Tamminga, S., 1996. A review on environmental impacts of nutritional strategies in ruminants. *J. Anim. Sci.* 74: 3112-3124
- 42.- Tieri M.P., Comerón E.A., Pece M.A., Herrero M.A., Engler P., Charlón V., García K., 2014. Indicadores utilizados para evaluar la sustentabilidad integral de los sistemas de producción de leche con énfasis en el impacto ambiental. *Publicación Miscelánea – ISSN 2314-3126 - año 2 nro. 1 versión ON LINE.*
- 43.- Van Horn, H.H., Wilkie, A.C., Powers, J., Nordstedt, R.A., 1994. Components of Dairy Manure Management Systems. *Journal of Dairy Science.* 77 (7): 2008 - 2030.
- 44.- Viglizzo, E.F., Pordomingo, A.J., Castro, M.G., Lértora, F., 2002. La sustentabilidad ambiental del agro pampeano. *Programa Nacional de Gestión Ambiental Agropecuaria Edic.INTA*, pag. 84.
- 45.- White, S.L., Sheffield, R.E., Washburn, S.P., King, L.D., Green, J.T., Jr., 2001. Spatial and Time Distribution of Dairy Cattle Excreta in an Intensive Pasture System – *Journal of Environmental Quality* 30:2180-2187.