

# **Modelo sustentable de producción de bovinos en zonas áridas de la llanura de Mendoza, Argentina**

*Scotti, A.C.<sup>1</sup>*

*Guevara, J.C.<sup>2</sup>*

*Stasi, C.R.<sup>2</sup>*

*Paez, M.N.<sup>2</sup>*

*Visciglia, S.A.<sup>1</sup>*

*Visciglia, M.J.<sup>1</sup>*

*Guillén, M.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Laboratorio de Investigación y Desarrollo, Municipalidad de San Rafael, Mendoza, Argentina

<sup>2</sup>Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas (IADIZA- CCT CONICET Mendoza)

## **Introducción**

Los ecosistemas de pasturas naturales están capturando la atención pública con un reconocimiento creciente de la variedad de productos y servicios que aquéllos proporcionan [1, citado por 2] Estos ecosistemas son reconocidos crecientemente como fuentes de agua, biodiversidad, recreación, hábitat de fauna silvestre, secuestro de carbono y sitios residenciales, además de productos ganaderos [2]. Por ello es que los métodos conducentes a un manejo sustentable de los mismos constituyen en la actualidad un objetivo que debe ser considerado en forma imperiosa por toda la sociedad.

La técnica de inseminación artificial esta difundida ampliamente en la ganadería. Las ventajas de realizarla eficientemente permiten: disminuir considerablemente la cantidad de toros necesaria y eliminar del campo los machos peligrosos; mejorar rápidamente la genética del rodeo, incorporando las características de producción necesarias. Además, el costo de la dosis de semen y la mano de obra necesaria para la inseminación artificial es menor que el mantenimiento de los toros en el establecimiento. Las dosis de semen se comercializan en pajuelas especiales para tal efecto en las que se controlan las principales enfermedades transmitidas durante la cópula, lo cual es un factor importante en el control de enfermedades venéreas. También permite mejorar el registro de producción de los animales y la concentración de celos logrando mayor uniformidad en las crías logradas. El trabajo se propuso dar a conocer los resultados obtenidos mediante la aplicación de la inseminación artificial en bovinos y efectuar una síntesis de los aspectos que pueden influir sobre el éxito de la misma y la evolución posterior de los terneros obtenidos.

## **Materiales y métodos**

### **Sitio de estudio**

El estudio se condujo en la Estación Experimental de Ganado y Pasturas Naturales El Divisadero (33° 45' S, 67° 41' O), en el centro norte de la llanura de Mendoza. Las temperaturas máximas medias varían entre 32,4° C en enero y 14,9° C en julio y las mínimas medias entre 16,0° C en enero y 0,9° C en julio. La lluvia media anual es de 308,7 ± 101,6 mm, 80% de la cual ocurre entre octubre y marzo. Los suelos han sido clasificados como Torripsamentes, con un mayor contenido de limo en las depresiones entre médanos. La vegetación es un arbustal

xerofítico abierto de *Prosopis flexuosa* DC. Las gramíneas perennes de estación cálida dominan en el estrato herbáceo

### Técnicas para medición de progesterona

La técnica utilizada para la estimación de la eficacia de la inseminación artificial se basa en el dosaje de la progesterona (P4) al día 0 (día de la inseminación artificial) y al día 21-23 post inseminación medidos por Enzimoimmunoensayo (ELISA) y Radioimmunoensayo (RIA) [3,4,5,6,7,8].

A los efectos de poder realizar la técnica de ELISA en campo sin el lector de microcubetas, se diseñó un método de dosaje semicuantitativo con tres escalas de colores llamadas: nivel A, nivel B y nivel C, correspondientes a intensidades de color fuerte, intermedio y débil, respectivamente, según los niveles bajo, intermedio y alto de progesterona. El modelo estadístico propuesto para determinar la variabilidad de la respuesta de progesterona por radioinmunoanálisis (RIA) en relación a los colores azul y amarillo (progesterona por ELISA) es el siguiente:

$Y_{ijk} = \mu + az_i + am(am)_{(j)} + \xi_{(ij)k}$ , donde Y es la variable de respuesta que mide la progesterona por RIA, az el nivel de la intensidad de color azul, am el nivel de la intensidad de color amarillo de las observaciones por la técnica de ELISA y  $\xi$  el error debido a las determinaciones bioquímicas. Se realizó un ANOVA para determinar como afecta cada componente del modelo propuesto en la variabilidad de la respuesta.

Aquellos animales que presentaron al día 0 y al día 21-23 valor de A fueron reinseminados (Re IA), mientras los que presentaron al día 0 valor de A y al día 21-23 valor de C fueron considerados como posibles preñados.

### Inseminación artificial

Las inseminaciones artificiales fueron realizadas desde abril hasta junio del año 2007. En setiembre del 2007 se incorporó el toro de repaso. Desde abril hasta agosto 2008 se realizó en forma mensual la observación de las vacas para la clasificación en: preñada, en lactancia o parida y el registro de peso y condición corporal. Esta última en una escala de 1 a 5.

El toro utilizado para el repaso es un animal que se obtuvo por Inseminación artificial, hijo de X INTA nacido en febrero del 2005 en la Estación Experimental de Ganado y Pasturas Naturales El Divisadero y totalmente adaptado a las pasturas existentes en la misma.

El método de sincronización de celos fue la aplicación intramuscular de 1,5 ml de Prostaglandina F2alfa (PGF2 $\alpha$ ) y la observación directa del celo visible [9].

## Resultados y discusión

### Test de ELISA

En Tabla 1 se registra para distintos individuos las mediciones de progesterona según diversos métodos: a) visualización de la intensidad de color azul; b) visualización de la intensidad del color amarillo y c) medición por RIA. Sobre los resultados de a y b se determina el coeficiente de similaridad de Gower y el coeficiente de Pearson. Esta información corresponde a ensayos realizados durante el año 2005

Tabla 1. Correlación entre las mediciones semicuantitativas por ELISA y las mediciones cuantitativas por RIA.

Individuo	Fecha	ELISA azul	ELISA Amarillo	RIA ng ml <sup>-1</sup>	Cualitativo azul	Cualitativo amarillo	Gower
A	control	A	A	0	1	1	1
B	control	A	A	0,30	1	1	1

C	control	A	A	1,00	1	1	1
D	control	B	B	7,50	2	2	1
E	control	C	C	30,00	3	3	1
I	control	A	A	1,00	1	1	1
II	control	B	B	7,50	2	2	1
2	6-Abr	C	C	2,28	3	3	1
2	28-Abr	A	A	0,75	1	1	1
2	30-Abr	A	A	0,78	1	1	1
2	28-May	C	C	11,25	3	3	1
18	28-Abr	B	B	18,88	2	2	1
18	30-Abr	A	A	0,87	1	1	1
18	28-May	C	C	11,83	3	3	1
15	28-Abr	C	C	16,01	3	3	1
15	30-Abr	B	B	2,64	2	2	1
15	28-May	A	A	0,58	1	1	1
16	28-Feb	C	B	5,78	3	2	0
16	3-Mar	B	A	1,97	2	1	0
16	6-Abr	C	B	5,30	3	2	0
16	28-Abr	C	C	3,83	3	3	1
16	30-Abr	A	A	1,25	1	1	1
16	28-May	C	C	26,27	3	3	1
16	24-Jun	C	C	23,51	3	3	1
16	10-Ago	C	C	15,78	3	3	1
1	28-Feb	A	A	0	1	1	1
1	3-Mar	B	B	0,58	2	2	1
1	10-Mar	A	A	0	1	1	1
1	6-Abr	B	C	0,65	2	3	0
1	28-May	B	B	0,44	2	2	1
1	24-Jun	B	B	0,51	2	2	1
1	10-Aug	B	C	0,63	2	3	0
2	28-Feb	C	C	8,61	3	3	1
2	3-Mar	A	A	1,48	1	1	1
2	10-Mar	B	B	5,22	2	2	1
2	6-Abr	A	B	2,28	1	2	0
2	28-Abr	A	A	0,75	1	1	1
2	30-Abr	A	A	0,78	1	1	1
2	28-May	C	C	11,25	3	3	1
2	24-Jun	A	A	0,46	1	1	1
2	10- Ago	A	A	0,63	1	1	1
5	28-Feb	A	A	0	1	1	1
5	3-Mar	A	A	0	1	1	1
5	10-Mar	A	A	0	1	1	1
5	6-Abr	A	A	0	1	1	1
5	28-May	A	A	0,16	1	1	1
5	24-Jun	A	A	0,18	1	1	1
5	10- Ago	B	B	0,86	2	2	1
3	28-Feb	B	B	2,07	2	2	1
3	3-Mar	A	A	1,22	1	1	1
3	10-Mar	A	A	0	1	1	1
3	6-Abr	A	A	0,42	1	1	1
3	28-Abr	B	B	6,57	2	2	1
3	29-Abr	C	C	11,35	3	3	1
3	24-Jun	C	C	8,12	3	3	1
3	10- Ago	C	C	10,52	3	3	1
7	28-Feb	A	A	0,66	1	1	1
7	3-Mar	C	C	4,00	3	3	1
7	10-Mar	A	A	1,37	1	1	1
7	6-Abr	C	C	4,22	3	3	1
7	30-Abr	B	B	3,45	2	2	1
7	28-May	A	A	0,57	1	1	1
7	24-Jun	A	A	0,51	1	1	1
7	10- Ago	A	A	0,57	1	1	1
6	28-Feb	A	A	0	1	1	1
6	3-Mar	A	A	0	1	1	1

6	10-Mar	A	A	0	1	1	1
6	6-Abr	A	A	0	1	1	1
6	28-May	B	B	1,52	2	2	1
6	24-Jun	A	A	0,34	1	1	1
6	10- Ago	A	A	0,33	1	1	1
8	28-Feb	A	A	0	1	1	1
8	3-Mar	A	A	0	1	1	1
8	10-Mar	A	A	0	1	1	1
8	6-Abr	A	A	0	1	1	1
8	28-May	A	A	0,30	1	1	1
8	24-Jun	A	A	0,22	1	1	1
8	10- Ago	B	B	0,48	2	2	1
9	28-Feb	A	A	1,25	1	1	1
9	3-Mar	A	A	0	1	1	1
9	10-Mar	A	A	0	1	1	1
9	6-Abr	C	C	8,44	3	3	1
9	28-Abr	C	C	12,05	3	3	1
9	30-Abr	A	A	0,96	1	1	1
9	28-May	B	B	4,37	2	2	1
9	24-Jun	C	C	9,01	3	3	1
9	10-Ago	B	B	2,25	2	2	1
11	28-Feb	B	B	4,72	2	2	1
11	3-Mar	B	B	2,68	2	2	1
11	10-Mar	A	A	1,27	1	1	1
11	6-Abr	C	C	14,12	3	3	1
11	28-Abr	C	C	30,39	3	3	1
11	30-Abr	B	B	3,10	1	2	0
11	28-May	A	A	0,87	2	1	0
11	24-Jun	B	B	4,73	1	2	0
11	10-Ago	A	A	0,52	1	1	1
19	28-Feb	A	A	0,00	1	1	1
19	3-Mar	A	A	0,75	1	1	1
19	10-Mar	A	A	0,79	1	1	1
19	6-Abr	A	A	0,22	1	1	1
19	28-May	A	A	0,40	1	1	1
19	24-Jun	A	A	0,46	1	1	1
19	10-Ago	B	B	1,03	2	2	1
18	28-Feb	A	A	0,00	1	1	1
18	3-Mar	A	A	1,41	1	1	1
18	10-Mar	A	A	0	1	1	1
18	6-Abr	B	B	3,05	2	2	1
18	28-Abr	C	C	18,88	3	3	1
18	30-Abr	A	A	0,87	1	1	1
18	24-Jun	C	C	11,83	3	3	1
20	28-Feb	A	A	0	1	1	1
20	3-Mar	A	A	0	1	1	1
20	10-Mar	A	A	0	1	1	1
20	6-Abr	A	A	0,42	1	1	1
20	28-May	A	A	0,58	1	1	1
20	24-Jun	A	A	0,60	1	1	1
20	10-Ago	B	B	0,84	2	2	1
12	28-Feb	B	B	7,06	2	2	1
12	3-Mar	B	B	2,37	2	2	1
12	10-Mar	B	B	6,78	2	2	1
12	6-Abr	C	C	16,22	3	3	1
12	28-Abr	C	C	13,02	3	3	1
12	30-Abr	A	A	1,93	1	1	1
12	28-May	C	C	18,22	3	3	1
12	24-Jun	A	A	0,67	1	1	1
12	10-Ago	A	A	0,56	1	1	1
4	28-Feb	A	A	0	1	1	1
4	3-Mar	A	A	0	1	1	1
4	10-Mar	A	A	0	1	1	1
4	6-Abr	A	A	0,29	1	1	1

4	24-Jun	A	A	0,26	1	1	1
4	10-Ago	B	B	1,35	2	2	1
14	28-Feb	A	A	1,49	1	1	1
14	3-Mar	B	B	4,08	2	2	1
14	10-Mar	A	A	0,42	1	1	1
14	6-Abr	A	A	0,64	1	1	1
14	28-May	C	C	11,11	3	3	1
14	24-Jun	C	C	14,78	3	3	1
14	10- Ago	C	C	10,60	3	3	1
13	28-Feb	A	A	0	1	1	1
13	3-Mar	A	A	0	1	1	1
13	10-Mar	A	A	0	1	1	1
13	6-Abr	C	C	6,78	3	3	1
13	28-Abr	B	B	1,72	2	2	1
13	28-May	A	A	0,41	1	1	1
13	24-Jun	A	A	0,34	1	1	1
13	10- Ago	A	A	0,47	1	1	1
17	28-Feb	B	B	2,23	2	2	1
17	3-Mar	A	A	1,51	1	1	1
17	10-Mar	B	B	2,71	2	2	1
17	6-Abr	A	A	1,74	1	1	1
17	24-Jun	C	C	14,37	3	3	1
17	10- Ago	C	C	34,34	3	3	1
16	28-Feb	B	B	5,78	2	2	1
16	3-Mar	A	A	1,97	1	1	1
16	10-Mar	A	A	0,52	1	1	1
16	6-Abr	B	B	5,30	2	2	1
16	28-Abr	B	B	3,83	2	2	1
16	30-Abr	A	A	1,25	1	1	1
16	28-May	C	C	26,27	3	3	1
16	24-Jun	C	C	23,51	3	3	1
16	10- Ago	C	C	15,78	3	3	1
10	28-Feb	A	A	3,66	1	1	1
10	3-Mar	A	A	0,61	1	1	1
10	10-Mar	A	A	1,23	1	1	1
10	5-Abr	B	B	7,06	2	2	1
10	28-Abr	C	C	10,13	3	3	1
10	29-Abr	C	C	9,64	3	3	1
10	30-Abr	C	C	13,79	3	3	1
10	28-May	C	C	9,69	3	3	1
10	24-Jun	A	A	0,15	1	1	1
10	10- Ago	B	B	6,39	2	2	1
15	28-Feb	C	B	5,50	3	2	0
15	3-Mar	C	C	10,63	3	3	1
15	10-Mar	C	B	9,45	3	2	0
15	6-Abr	B	B	5,58	2	2	1
15	28-Abr	C	C	16,04	3	3	1
15	30-Abr	B	B	2,64	2	2	1
15	28-May	A	A	0,58	1	1	1
15	24-Jun	A	A	0,70	1	1	1
15	10-Ago	A	A	0,78	1	1	1
6182	3-Mar	B	B	4,73	2	2	1
6182	10-Mar	B	B	6,41	2	2	1
6182	6-Abr	B	B	4,28	2	2	1
6182	28-May	C	C	10,55	3	3	1
6182	24-Jun	B	C	9,39	2	3	0
6182	10-Ago	A	A	0,71	1	1	1
6070	3-Mar	A	A	0,00	1	1	1
6070	6-Abr	A	A	0,61	1	1	1
6070	28-May	C	C	17,55	3	3	1
6070	24-Jun	C	C	16,13	3	3	1
6070	10-Ago	C	C	25,80	3	3	1
6242	3-Mar	B	C	8,07	2	3	0
6242	10-Mar	B	B	3,10	2	2	1

6242	6-Abr	B	B	4,49	2	2	1
6242	28-May	A	A	0,63	1	1	1
6242	24-Jun	C	C	15,56	3	3	1
6242	10- Ago	C	C	23,11	3	3	1

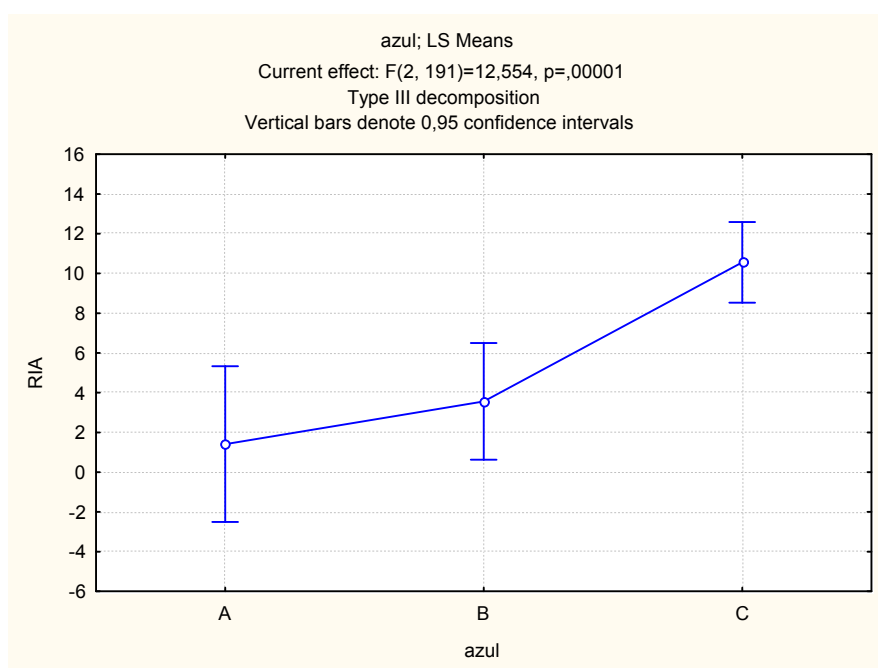
El coeficiente de Pearson calculado fue de 0,956 y el coeficiente de similaridad de Gower fue 0,934

Tabla 2. Análisis de la varianza, test univariado de significancia para RIA, (descomposición tipo III)

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	P
Modelo	511,18	1	511,175	32,659	0,0000
Azul	392,99	2	196,496	12,554	0,0000
Amarillo (azul)	251,77	4	62,942	4,021	0,0037
Error	2989,55	191	15,652		

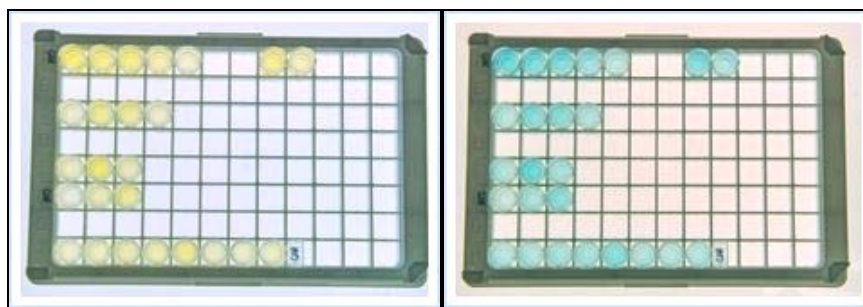
Las dos variables incluidas en el modelo son altamente significativas para medir la variabilidad de la respuesta por RIA.

Figura 1. Test de Tukey para diferenciar la sensibilidad de la respuesta entre los niveles A, B y C de ELISA



El test de Tukey indica que solo es posible ver dos colores en la reacción: el A y el C dado que el intervalo de confianza del color B se superpone con el del color A, por lo tanto no hay diferencias significativas entre la apreciación de los colores a A y B. Por ello en el análisis de la Figura 2 no se indica el nivel B aunque se encuentra registrado en la Tabla 1.

Figura 2. Fotografía de la reacción de ELISA en color amarillo y azul.



La Figura 2 permite observar la misma placa después y antes de la solución stop, es decir, en color amarillo y azul. También se observan los niveles A y C de intensidad de color.

La primera fila de pocillos contiene 5 standards y 2 controles, correspondientes a las concentraciones: 0; 0,3; 1; 7,5; 30 ng ml<sup>-1</sup> correspondientes a los standards y 1 ± 0,3 ; 7,5 ± 2,2 ng ml<sup>-1</sup> correspondientes a los controles. La segunda fila de pocillos corresponde a la prueba realizada en la vaca 2, el primer pocillo desde la izquierda que tiene fecha 6 de abril de 2005 posee un nivel de color correspondiente a C en ELISA y un valor 2,28 ng ml<sup>-1</sup> de progesterona medidos por RIA, los dos pocillos siguientes hacia la derecha (con fecha 28 y 30 de mayo de 2005) corresponden a la medición de los niveles de progesterona luego de la aplicación de Prostaglandina F2α, arrojando valores por RIA de 0,75 y 0,77 ng ml<sup>-1</sup> y de ELISA niveles de A; el último pocillo de la fila indica la concentración de progesterona por ELISA nivel C a los 27 días post-inseminación (28 de mayo) con un valor de la progesterona medida por RIA de 11,25 ng ml<sup>-1</sup>. Tanto la medición por RIA y por ELISA muestran los valores disminuidos de la Progesterona luego de la aplicación de la prostaglandina F2 α, [10] fecha en que se insemina y luego de 27 días se determina el valor de P4 por ELISA y por RIA indicando valores compatibles con preñez.[11]. La tercer fila de pocillos corresponde a la prueba realizada en la vaca 18, el primer pocillo desde la izquierda posee un nivel C de P4 por ELISA y 18,87 ng ml<sup>-1</sup> por RIA, el siguiente pocillo posee un nivel de A con 0,87 ng ml<sup>-1</sup>, esto es debido a la aplicación de la prostaglandina F2α [9,10]. A los 54 días post-inseminación (24 de junio) se verifica en el tercer pocillo el valor de P4 alto tanto por ELISA, nivel C, como por RIA con un valor de 11,83 ng ml<sup>-1</sup>, presentando un perfil hormonal compatible con preñez.[3,11]. La cuarta fila de pocillos corresponde a la prueba realizada en la vaca 15, el primer pocillo desde la izquierda posee un nivel C de ELISA y 16,09 de RIA, el segundo pocillo indica el valor de P4 luego de la aplicación de PF2α siendo de nivel A por ELISA y 2,64 ng ml<sup>-1</sup> por RIA; el tercer pocillo corresponde a la medición de P4 en fecha 28 de mayo, día 27 post inseminación artificial arrojando un valor de nivel A por ELISA y 0,58 ng ml<sup>-1</sup> por RIA, este perfil hormonal esta indicando que no hay preñez.[7,9,10], La última fila corresponde a la prueba realizada en la vaca 16, el primer pocillo desde la izquierda corresponde al valor de P4 del 28 de febrero de nivel C por ELISA y 5,78 ng ml<sup>-1</sup> por RIA; el segundo pocillo de fecha 3 de marzo arroja valores de nivel A por ELISA y 1,97 ng ml<sup>-1</sup> por RIA; el tercer pocillo de fecha 6 de abril tiene valores de nivel C y 5,30 ng ml<sup>-1</sup> por RIA; el cuarto pocillo de fecha 28 de abril tiene valores de C y 3,83 ng ml<sup>-1</sup>, momento en que se inyecta la PF2α; el quinto pocillo corresponde a la fecha 30 de abril con valores de nivel A y 1,25 ng ml<sup>-1</sup>; el sexto pocillo indica el valor de P4 a los 27 días post-inseminación artificial, nivel C para ELISA y 26,27 ng ml<sup>-1</sup> para RIA. A los 54 y 101 días post-inseminación se observa en los pocillos séptimo y octavo los valores altos de P4 en niveles C por ELISA y 23,51 y 15,78 ng ml<sup>-1</sup> por RIA respectivamente, que corresponden al 24 de junio y 10 de agosto. Este perfil hormonal es compatible con preñez [8].

En la Tabla 3 se muestra cómo se realizaron las determinaciones de progesterona sérica en campo para la inseminación realizada en abril-junio 2007 tanto al día 0 ( día del celo y de la

inseminación artificial, identificada con la sigla P4 día 0) como al día 21-23 post-inseminación ( identificada con la sigla P4 día 21).

Aquellos animales que presentaron los dos valores en A fueron reinseminados (Re IA), mientras los que presentaron al día 0 valor de A y al día 21-23 presentaron valor de C fueron considerados como posibles preñados [8,12].

Tabla 3. Resultados de ELISA en la inseminación abril-junio 2007

Vaca	P4 día 0	P4 día 21	Re IA	P4 día 0	P4 día 21
1	A	A	X	A	C
2	A	C			
4	A	A	X	A	A
5	A	A	X	A	A
6	A	C			
7	A	C			
8	A	A	X	A	C
9	A	C			
10	A	A	X	A	C
11	A	A	X	A	A
12	A	C			
13	A	C			
15	A	A	X	A	A
17	A	C			
18	A	A	X	A	C
19	A	A	X	A	A
20	A	C			
21	A	A	X	A	C
23	A	C			
24	A	C			
25	A	C			
27	A	A	X	A	A
29	A	A	X	A	C
31	A	C			
32	A	C			
33	A	C			
34	A	C			
35	A	A	X	A	A
36	A	C			
37	A	C			
38	A	C			
39	A	C			
46	A	A	X	A	A



### Inseminación artificial

Tabla 4. Seguimiento de parámetros observados desde abril hasta agosto del 2008 en las vacas inseminadas en abril –junio 2007

Cara vana	Observación 08/04/08	Peso	Condición corporal	Lactancia 24/05/08	Observación 15/06/08	Condición corporal	Lactancia 31/07/08	Observación 31/07/08	Lactancia 27/08/08
1	Preñada	475	2,75	X	Vacía	2,25	X		X
2	Parida	360	2,5	X			X		X
4	Vacía	435	2,75			2,75		Vacía	
6	Parida	370	2,5	X			X		X
7	Parida	350	2,5	X	Vacía	2,5	X		X
8	Parida	410	2,5	X	Vacía	2,5	X		X
9	Parida	425	2,25	X	Vacía	2,25	X		X
10	Parida	320	1,75	X	Vacía	2,0	X		X
11	Parida	395	2,25		Vacía	2,25	X		X
12	Parida	335	1,75		Vacía	2,0	X		X
13	Parida	350	2,25	X		2,0	X		
15	Preñada	420	2,75		Preñada	2,75	X		X
17	Parida	390	2	X			X		X
18	Parida	370	2,5	X	Vacía	2,5	X		X
19	Parida	320	2			2,25		Seca	
20	Parida	315	2	X	Vacía		X		
21	Parida	280	2	X	Vacía	2,0	X		
23	Parida	415	2,5	X	Vacía		X		X
24	Parida	432	2,75	X	Vacía	2,5	X		X
25	Preñada	360	2,75	X	Vacía	2,5	X		X
27	Preñada	415	2,75	X	Vacía	2,25	X		X
29	Parida	355	2,25	X	Vacía	2,0	X		X
31	Parida	367	2,25	X	Vacía	2,5		Seca	
32	Parida	385	2,25	X	Vacía	2,0	X		X
33	Parida	355	2,25	X	Vacía	2,0	X		X
34	Parida		2,25	X	Vacía	2,0	X		
35	Preñada	475	2,75		Preñada	2,75		por parir	X
36	Parida	345	2,5	X	Vacía	2,25	X		X
37	Parida	375	2,25	X	Vacía	2,25	X		X
38	Preñada	300	2,75	X	Vacía	2,5	X		X
39	Parida	350	2,5	X	Vacía	2,25	X		X
46	Preñada	310	2,75		Preñada	2,75			X

Las observaciones correspondientes al 8 de abril se consideraron decisivas para la clasificación de los animales como preñados por IA y preñados por toro, siendo preñados por IA los animales que al 8 de abril ya habían parido. Estos se registran como “paridos” y se verifica la lactancia el 24 de mayo. Los animales que al 8 de abril estaban preñados y en mayo estaban vacíos se consideran preñados por IA. Aquellos animales que estaban preñados en abril y

continuaban preñados en junio se consideran preñados con toro de repaso. Los criterios mencionados se resumen en la Tabla 5

Tabla 5. Registro de preñez por inseminación artificial y por toro de repaso

Vacas inseminadas	Preñez IA	Preñez repaso	Observaciones
1	X		
2	X		
4			IA negativa
6	X		
7	X		
8	X		
9	X		
10	X		
11	X		
12	X		
13	X		
15		X	
17	X		
18	X		
19	X		
20	X		
21	X		
23	X		
24	X		
25	X		
27	X		
29	X		
31	X		
32	X		
33	X		
34	X		
35		X	
36	X		
37	X		
38	X		
39	X		
46		X	
Total 32	28	3	1
Porcentaje (%)	87,5	96,9	

Se puede apreciar que el porcentaje de parición con inseminación artificial fue del 87,5 % y con toro de repaso se alcanzó el 96,9 %.

### Factores condicionantes del éxito de la inseminación artificial

El éxito de la inseminación artificial y de la evolución de los terneros hasta su destete depende de una serie de factores, la mayor parte de ellos relacionados con el recurso forrajero disponible y su uso por el ganado. Algunos de ellos se mencionan a continuación:

#### 1. Carga animal

La carga animal apropiada es generalmente el aspecto más importante para lograr un manejo exitoso de las pasturas naturales. En efecto, muchos investigadores han comprobado la importancia de una carga animal correcta para lograr una productividad sostenida de las pasturas naturales [13]. Por otro lado, la carga animal constituye el factor principal que influye

sobre el rendimiento animal y los resultados económicos de las empresas ganaderas [14]. En definitiva, la carga animal debe estar en concordancia con la receptividad estimada para un determinado sitio.

Se estimó la receptividad ( $\text{ha UA}^{-1}$ )<sup>1</sup> de las pasturas naturales de la llanura mendocina [15] sobre la base de los siguientes aspectos:

a) Lluvia anual confiable, es decir, la que posee una probabilidad de ocurrencia del 80% [16,17].

b) Producción de forraje: establecida sobre la base del factor de eficiencia de uso de las precipitaciones, expresado en  $\text{kg de materia seca (MS) ha}^{-1} \text{año}^{-1} \text{mm}^{-1}$ .

c) Forraje disponible para el ganado: 80% de la producción anual para las forrajeras herbáceas (el resto por lo general no está disponible para el ganado por estar ubicado debajo de especies espinosas). Para las especies forrajeras leñosas se consideró que el 50% de la producción anual está disponible para los bovinos y el resto se encuentra por encima de la altura (1,5 m) a la que los animales tienen acceso [18].

d) Forraje consumible por el ganado: en pasturas con forrajeras herbáceas perennes y bajo condiciones de carga animal apropiada, el 30% del forraje disponible puede ser considerado como consumible por los animales [19] en lugar del 40-50% que era usado hasta hace algunos años.

e) Consumo de forraje: se estableció para una unidad animal en 3.650 kg de MS por año.

## 2. Contenido de nutrientes de los recursos forrajeros

Los estudios realizados en otras áreas del mundo indican que niveles de proteínas y/o energía inadecuados para satisfacer los requerimientos de los bovinos pueden ocurrir frecuentemente en las pasturas naturales [20,21,22]. Para la llanura de Mendoza se ha encontrado que los niveles de proteína y energía de las principales gramíneas perennes permitirían la realización de un sistema de cría de bovinos sin limitaciones nutricionales siempre que la parición ocurra en noviembre o diciembre y la disponibilidad de forraje permita un pastoreo selectivo. Si la parición ocurre en otros meses, sería necesaria una suplementación del forraje disponible [23].

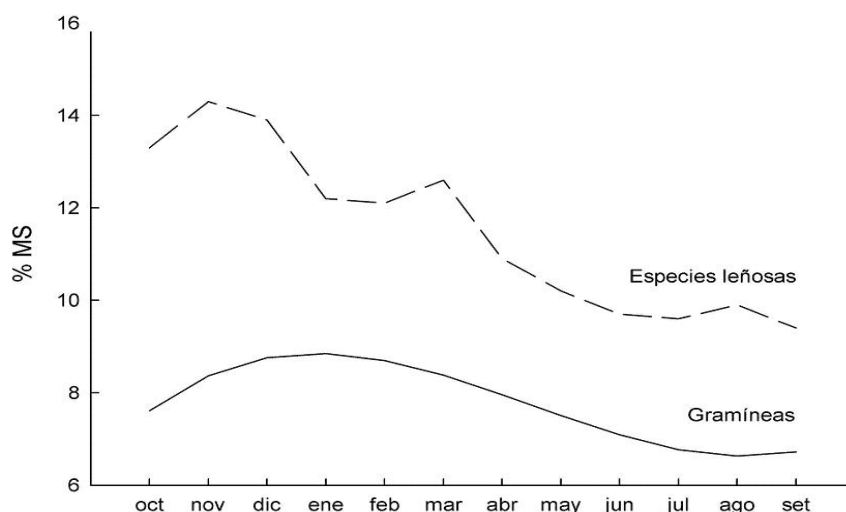
En relación con los recursos forrajeros resulta importante destacar la relevancia de las forrajeras leñosas que en la estación seca (abril-setiembre) componen casi el 50% de la dieta de los bovinos. Las especies más importantes resultaron *Hyalis argentea* D. Don ex Hook. Arn. var. *latisquama* (29% de la dieta) y *Capparis atamisquea* Kuntze (11%) [24].

En la Figura 3 se observa que las especies leñosas poseen mayor contenido de proteínas que las gramíneas perennes durante todo el año [23,25]. Por otro lado, los porcentajes más altos en ambas especies se corresponden con la estación lluviosa.

---

<sup>1</sup> Se ha considerado una unidad animal (UA) a una vaca de 400 kg de peso vivo o su equivalente.

Figura 3. Contenido medio de proteína ( % MS ) del forraje disponible para el ganado en el área centro norte de la llanura de Mendoza.



### 3. Nutrición y estado de salud del rodeo bovino

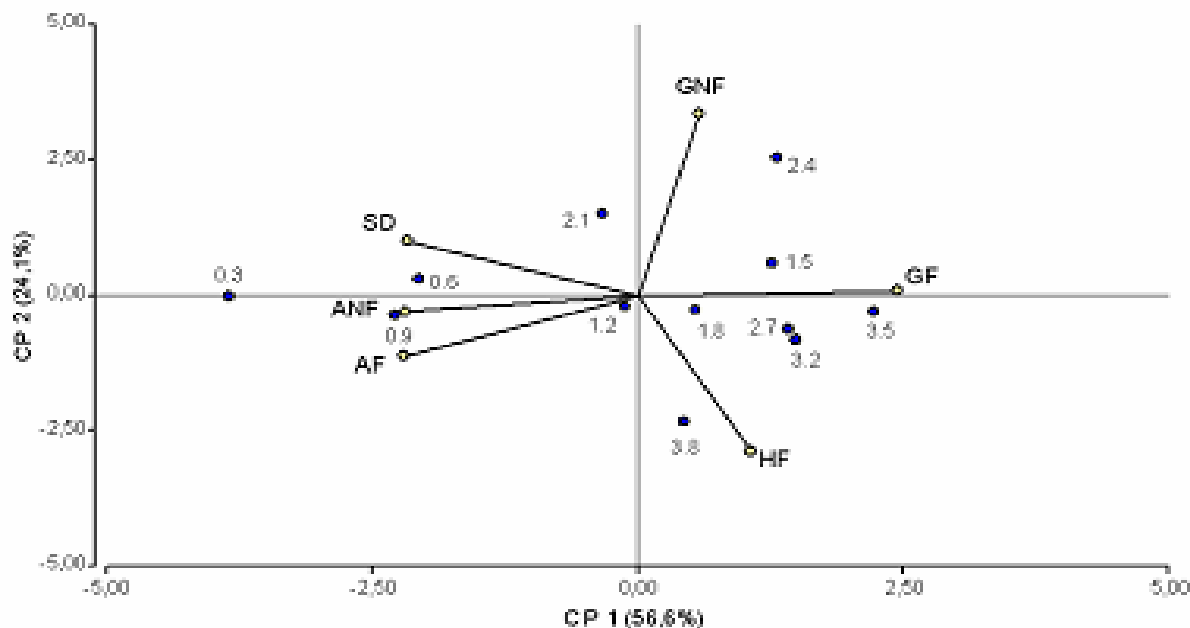
Las mediciones bioquímicas y hematológicas que se realizaron en la llanura de Mendoza en ganado de las razas Aberdeen Angus y Criollo Argentino [26] no identificaron en forma clara ninguna restricción nutricional. Los resultados de las determinaciones de albúmina y proteínas indicaron que la proteína dietaria no era limitante. Alrededor del 8% de los animales podría haber presentado enfermedades inflamatorias crónicas. El fósforo podría ser una restricción potencial importante para la fertilidad aunque no se observó presencia de síntomas de hipofosfatemia. El estudio también demostró la ausencia de anemia o enfermedades del hígado.

### 4. Provisión de agua para bebida del ganado

El uso de las pasturas naturales decrece con la distancia desde el punto de provisión de agua para bebida [13]. Para bovinos [27] sugirió no efectuar reducciones en la carga animal para las zonas ubicadas hasta 1,6 km desde el punto de provisión de agua, un 50% para la zona entre 1,6 y 3,2 km desde el agua y que la zona que se encuentra más allá de 3,2 km debe ser considerada no utilizable por el ganado. Un estudio posterior [28] apoyó dichas recomendaciones.

Se evaluaron los cambios en la cobertura de las especies forrajeras y del suelo desnudo cuando la vegetación fue expuesta a niveles crecientes de intensidad de pastoreo por bovinos en condiciones de carga animal conservadora.[29]. Los resultados (Figura 4) indican que las distancias desde el agua entre 2,7 y 3,5 km podrían ser caracterizadas por la cobertura alta de gramíneas forrajeras mientras que el suelo desnudo y los arbustos forrajeros y no forrajeros estuvieron asociados con distancias de hasta 0,9 km.

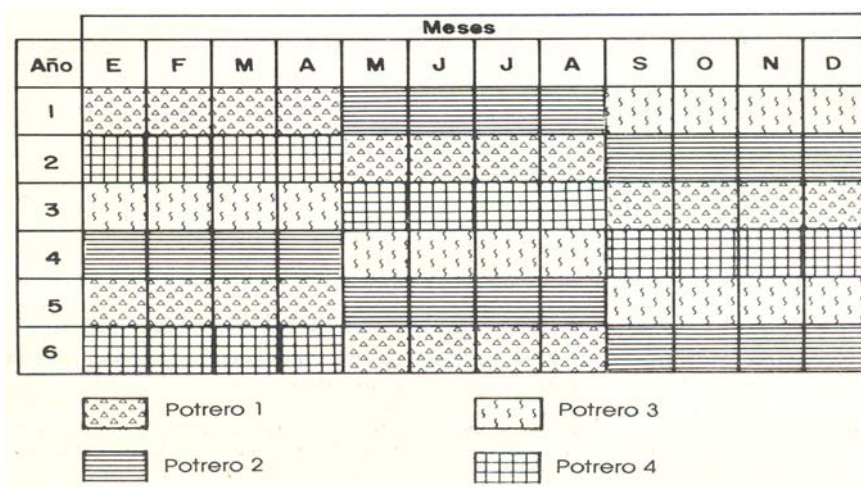
Figura 4. Gráfico biplot que agrupa las variables de cobertura vegetal y distancias a la aguada



## 5. Sistema de pastoreo

Persuadidos de las ventajas de los sistemas de pastoreo rotativo en cuanto a incremento de la producción vegetal y animal, en el sitio en que se realizó la inseminación artificial se instaló en la década del 90 un sistema de pastoreo rotativo de cuatro potreros y un rodeo. En el mismo, tres potreros se utilizan durante cuatro meses cada uno aproximadamente y el cuarto permanece en descanso durante todo el año (Figura 5) La fecha de entrada de los animales a cada uno de los potreros varía en forma anual, es decir, el potrero que se utilizó un año determinado, por ejemplo, entre enero y abril, se pastorea al año siguiente a partir de mayo [30].

Figura 5. Esquema de utilización de uso de potreros en el sistema de cuatro potreros y un rodeo



Mediante la aplicación de este sistema de pastoreo y de una carga animal conservadora ( $25 \text{ ha UA}^{-1}$ ) se ha obtenido un incremento del 200% en la eficiencia económica de la tierra en comparación con el sistema de producción tradicional de gastos operativos, inversiones y manejo bajos [31]. Sin embargo, las comparaciones entre experiencias de pastoreo continuo durante todo el año y pastoreo rotativo que se realizaron en numerosos ecosistemas de pasturas naturales del mundo, principalmente de EE.UU. y Sudáfrica,[2] indican lo siguiente: a) la producción vegetal fue igual o mayor en el pastoreo continuo que en el rotativo en el 87% (20 de 23) de las experiencias analizadas; b) la producción animal por cabeza y por unidad de superficie fueron iguales o mayores en el pastoreo continuo que en el rotativo en el 92% (35 de 38) y 84% (27 de 32) de las experiencias que se tuvieron en cuenta, respectivamente. La evidencia experimental indica que el pastoreo rotativo es una estrategia de pastoreo viable en las pasturas naturales, pero la percepción que ella es superior al pastoreo continuo no es apoyada por la gran mayoría de las investigaciones experimentales. No existe evidencia consistente o abrumadora que demuestre que el pastoreo rotativo simula procesos ecológicos para mejorar la producción vegetal y animal comparada con la del pastoreo continuo. Algunos investigadores [2] recomiendan que estas conclusiones basadas en la evidencia sean explícitamente incorporadas en las decisiones de política y manejo dirigidas al uso predominante de la tierra en las pasturas naturales.

Figura 6. Fotografía de las pasturas naturales del área de estudio

Figura 7. Fotografía de las vacas inseminadas y los terneros nacidos de enero a abril de 2008, de 6 meses de edad en promedio.

## Agradecimiento

A la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Argentina que financió el PID 23.189, Concurso 2004.

## Referencias

- [1] Havstad, K.M., Peters, D.P.C., Skaggs, R., Brown, J., Bestelmeyer, B., Fredrickson, E., Herrick, J. and Wright, J. 2007. Ecological services to and from rangelands of the United States. *Ecological Economics* 64: 261-268.

- [2] Briske, D.D., Derner, J.D., Brown, J.R., Fuhlendorf, S.D., Teague, W.R., Havstad, K.M., Gillen, R.L., Ash, A.J. and Wilms, W.D. 2008. Rotational grazing on rangelands: Reconciliation of perception and experimental evidence. *Rangeland Ecology & Management* 61: 3-17.
- [3] Stabenfeldt, G.H, Osburn, B.I. and Ewing, L.L. 1970. Peripheral plasma progesterone levels in the cow during pregnancy and parturition. *American Journal of Physiology*. 218: 571-575.
- [4] Dieleman, S.J. and Bevers, M.M. 1987. Effects of monoclonal antibody against PMSG administered shortly after the preovulatory LH surge on time and number of ovulations in PMSG/PG-treated cows. *Journal of Reproduction and Fertility* 81: 533-542
- [5] Nebel, R.L., Whittier, W.D., Cassell, B.G. and Britt, J.H. 1987. Comparison of on-farm and laboratory milk progesterone assays for identifying errors in detection of estrus and diagnosis of pregnancy. *Journal of Dairy Science* 70: 1471-1476
- [6] Szenci, O., Humblot, P., Beckers, J.F., Sasser, G.J., Sulon, J.R., Baltusen, R. , Varga, J., Bajcsy, C.S.A. and Taverne , M.A.M. 2000. Plasma profiles of progesterone and conceptus proteins in cows with spontaneous embryonic/fetal mortality as diagnosed by ultrasonography. *The Veterinary Journal*. 159: 287-290.
- [7] Humblot, P. 2001. Use of pregnancy specific proteins and progesterone assays to monitor pregnancy and determine the timing, frequencies and sources of embryonic mortality in ruminants. *Theriogenology*. 56: 1417 - 1433 .
- [8] Comin, A., Renaville, B., Marchini, E., Maiero, S.F., Cairolì, F. and Prandi, A. 2005. Technical Note: Direct enzyme immunoassay of progesterone in bovine milk whey *Journal of . Dairy Science*. 88: 4239-4242.
- [9] Breeveld-Dwarkasing, V.N.A., Struijk, P.C., Lotgering, F.K., Eijskoot, F., Kindahl, H., van der Weijden, G.C. and Taverne, M.A.M. 2003. Cervical dilatation related to uterine electromyographic activity and endocrinological changes during Prostaglandin F<sub>2α</sub>-induced parturition in cows. *Biology of Reproduction* . 68:536-542.
- [10] Semambo, D.K.N., Eckersall, P.D., Sasser, R.G. and Ayliffe, T.R. 1992. Pregnancy-specific protein B and progesterone in monitoring viability of the embryo in early pregnancy in the cow after experimental infection with *Actinomyces pyogenes*. *Theriogenology* 37: 741-748.
- [11] Humblot, P., Camous, S., Martal, J., Charlery, J., Jeanguyot, N., Thibier, M., and Sasser, R.G.J. 1988. Pregnancy specific protein B, progesterone concentrations and EM during early pregnancy in dairy cows. *Journal of Reproduction and Fertility* 83: 215-223
- [12] Grimard, B., Freret S., Chevallier A., Pinto, A., Ponsart A., Humblot P. 2006. Genetic and environmental factors influencing first service conception rate and late embryonic/foetal mortality in low fertility dairy herds. *Animal Reproduction Science*. 91:31-44.
- [13] Holechek, J.L. and Pieper, R.D. 1992. Estimation of stocking rate on New Mexico rangelands. *Journal of Soil and Water Conservation* 47: 116-119.
- [14] Heitschmidt, R.K., Conner, J.R., Canon, S.K., Pinchak, W.E. and Dowhower, S.L. 1990. Cow/calf production and economic returns from yearlong continuous, deferred rotation and rotational grazing treatments. *Journal of Production Agriculture* 3: 92-99.
- [15] Guevara, J.C., Estevez, O.R. y Torres, E.R. 1995. Receptividad de las pasturas naturales de la llanura de Mendoza. *Multequina* 4: 29-35.
- [16] Le Houérou, H.N. 1989. The grazing land ecosystems of the African Sahel. *Ecological Studies* 75. Heilderberg, Alemania: Springer-Verlag. 282 pp.
- [17] Le Houérou, H.N. 1990. Bioclimatologie comparative des zones arides de l'Afrique et de l' Amerique Latine. *Terra Arida* 7: 26-55.
- [18] Le Houérou, H.N. 1993. Grasslands of the Sahel. En: Coupland, R.T. (Ed.), *Natural Grassland, Eastern Hemisphere and Résumé. Ecosystems of the World*, Vol. 8 B, pp. 197-220. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Science Publisher.
- [19] Kothmann, M.M. 1992. Nutrition for livestock grazing rangelands and pasturelands. En: Howard, J.L. (Ed.), *Current Veterinary Therapy* 3: Food Animal Practice, pp. 285-293. Philadelphia, EE.UU.: W.B. Saunders Co.
- [20] Holechek, J.L., Vavra, M. and Skovlin, J. 1981. Diet quality and performance of cattle on forest and grassland range. *Journal of Animal Science* 53: 291-298.
- [21] González, C.L. and Everitt, J.H. 1982. Nutrient content of major food plants eaten by cattle in the South Texas Plains. *Journal of Range Management* 35: 733-736.
- [22] Hakkila, M.D., Holechek, J.D., Wallace, J.D., Anderson, D.M. and Cárdenas, M. 1987 Diet and forage intake of cattle on desert grassland range. *Journal of Range Management* 40: 339-342.

- [23] Guevara, J.C., Estevez, O.R., Silva, J.H. and Marchi, A. 1991. Adequacy of native range grasses to meet protein and energy beef cow requirements in the plain of Mendoza, Argentina. En: Gaston, A., Kernick, M and Le Houérou, H.N. (Eds.), *Proceedings of the Fourth International Rangeland Congress*, pp. 696-699. Montpellier, France: CIRAD (SCIST).
- [24] Guevara, J.C., Estevez, O.R., Stasi, C.R. and Monge, A.S. 1996. Botanical composition of the seasonal diet of cattle in the rangelands of the Monte Desert of Mendoza, Argentina. *Journal of Arid Environments* 32: 387-394.
- [25] Van den Bosch, S., Guevara, J.C., Tacchini, F.M. and Estevez, O.R. 1997. Nutrient content of browse species in the arid rangelands of the Mendoza plain (Argentina). *Journal of Arid Environments* 37: 285-298.
- [26] Grünwaldt, E.G., Guevara, J.C., Estevez, O.R., Vicente, A., Rousselle, H., Alcuten, N., Aguerregaray, D. and Stasi, C.R. 2005. Biochemical and haematological measurements in beef cattle in Mendoza plain rangelands (Argentina). *Tropical Animal Health and Production* 37: 527-540.
- [27] Holecheck, J.L. 1988. An approach for setting the stocking rate. *Rangelands* 10: 10-14.
- [28] Fusco, M., Holechek, J., Tembo, A., Daniel, A. and Cárdenas, M. 1995. Grazing influences on watering point vegetation in the Chihuahuan desert. *Journal of Range Management* 48: 32-38.
- [29] Guevara, J.C., Estevez, O.R. y Stasi, C.R. 2006. Respuesta de la vegetación en un gradiente de intensidad de pastoreo en Mendoza, Argentina. *Multequina* 15: 27-36.
- [30] Marchi, A., Guevara, J.C., Borsetto, O., Estevez, O.R., Stasi, C.R., Candia, R.J., Silva, J.H. y Oriente, E.L. 1991. La cría de bovinos en el centro de la llanura de Mendoza. *Boletín de Información Técnica* N° 1. Mendoza: IADIZA. 29 pp.
- [31] Guevara, J.C., Cavagnaro, J.B., Estevez, O.R., Le Houérou, H.N. and Stasi, C.R. 1997. Productivity, management and development problems in the arid rangelands of the central Mendoza plains. *Journal of Arid Environments* 35: 575-600.