



03

Efectos del consumo de agua tratada asociada a la extracción del petróleo en la producción animal de bovinos y aves de corral

José Guillermo Velásquez Penagos
Hernando Flórez Díaz
Hugo Humberto Ballesteros Chavarro



Bovinos

Indicadores de calidad y producción de leche

Efectos del consumo de agua tratada asociada a la extracción del petróleo en la producción animal de bovinos y aves de corral

Calidad

En la tabla 8 se presentan los promedios de distintas variables que indican la calidad de leche producida en los bovinos bajo estudio. Aunque hay diferencias significativas en algunos casos, todos los promedios obtenidos se encuentran dentro del rango esperado para este tipo de ganado.

● Grasa

La tabla 8 refleja cómo la mezcla de 100% de ATAEP presenta el menor valor de porcentaje de grasa (1,50%), estadísticamente diferente con respecto a los demás tratamientos. Al considerar la variable año, vemos cómo el 2011 fue el de menor concentración de grasa en leche cruda (1,69%), que difirió estadísticamente con el año 2009 pero fue muy similar con el 2010, el 2011, el 2015 y el promedio total. Debe tenerse en cuenta que los valores obtenidos, a pesar de las diferencias significativas, están dentro de los rangos normales de los bovinos del sistema doble propósito en pastoreo.

● Proteínas

Al hacer las pruebas de comparación de medias de Bonferroni y DHS de Tukey, no se aprecian diferencias significativas para los valores de los tratamientos, pero sí para los años de evaluación, donde se observa una tendencia de incremento de la media año tras año. Por lo tanto, se puede afirmar que los promedios de proteína obtenidos estuvieron influenciados por el año de evaluación y por la interacción entre este y el tratamiento. A pesar de la diferencia, los valores obtenidos no mostraron respuestas muy lejanas.

● Lactosa

La respuesta obtenida en esta variable no señala efecto del tratamiento, y tampoco se

observa influencia del año ni de la interacción tratamiento-año. Los resultados alcanzados están en el rango considerado para el tipo de bovinos en estudio.

● Sólidos totales

Esta variable, que engloba las anteriores, se encuentra afectada por el tratamiento. Así, los menores valores se observan en el 100%, mientras que no se aprecian cambios significativos para 50%, 25% y testigo (tabla 8). Pese a sus diferencias significativas, estos promedios se encuentran dentro del rango esperado para el tipo de ganado en estudio según Briñez, Valbuena, Castro, Tovar y Ruiz (2008), Calderón, García y Martínez (2006) y Parra, Martínez, Pardo y Vargas (1998).



En resumen, los resultados de los bovinos estudiados indican un efecto del tratamiento de 100% de consumo de ATAEP en la grasa y en los sólidos totales de la leche, mientras que en la proteína y la lactosa no se encontró ninguna diferencia significativa entre tratamientos. De cualquier forma, los valores obtenidos para estas tres variables se encuentran dentro de los rangos determinados como normales.



 Clase de agua disponible	 Año de evaluación	Grasa	Proteína	Lactosa	Sólidos totales
		Media %	Media %	Media %	Media %
Agua de producción 100%	2009	1,60	3,27	6,49	11,26
	2010	1,34	3,34	4,36	9,58
	2011	1,69	3,50	4,59	10,35
	Al 2015	1,38	3,52	4,18	8,31
	Total	1,50 a	3,41 a	4,91 a	9,88 a
Agua de producción 50%	2009	2,48	3,33	6,90	11,78
	2010	1,89	3,54	4,68	10,72
	2011	1,55	3,49	4,59	10,20
	Al 2015	2,05	3,49	4,11	8,19
	Total	1,99 b	3,46 a	5,07 a	10,22 ab
Agua de producción 25%	2009	2,23	3,30	5,77	11,95
	2010	2,41	3,50	4,57	11,05
	2011	1,79	3,46	4,52	10,34
	Al 2015	1,69	3,44	4,06	8,10
	Total	2,03 b	3,43 a	4,73 a	10,36 b
Agua no asociada a la producción del petróleo	2009	2,25	3,39	5,63	11,82
	2010	2,17	3,45	7,48	10,68
	2011	1,75	3,52	4,63	10,48
	Al 2015	2,26	3,52	4,16	8,29
	Total	2,11 b	3,47 a	5,48 a	10,32 b
Total	2009	2,14 b	3,32 a	6,20 a	11,70 b
	2010	1,95 ab	3,46 a	5,27 a	10,51 ab
	2011	1,70 a	3,49 b	4,58 a	10,34 a
	Al 2015	1,84 a	3,49 b	4,13 a	8,22 a
	Total	1,91 ab	3,44 a	5,04 a	10,19 a



Tabla 8.

Porcentajes de sólidos totales, grasa, proteínas y lactosa en leche cruda bovina por clase de agua disponible y año de evaluación

*Letras diferentes dentro de cada columna por clase de agua y año son estadísticamente diferentes ($p < 0,05$).

Producción de leche¹

Para el estudio de este indicador se dispusieron cuatro cohortes madres de hembras bovinas, donde cada una recibiría a “perpetuidad” uno de los cuatro tratamientos de ATAEP. Como este tipo de diseño y análisis de la información no se relacionó, lo explicamos a continuación.

Diseño

El diseño epidemiológico correspondió a un estudio longitudinal prospectivo o de cohortes en dos localidades independientes. Las vacas que iniciaron las cohortes ingresaron al experimento el 15 de mayo de 2007, con una edad promedio de cuatro años, y los ordeños se iniciaron el 16 de mayo de 2007 y se mantuvieron hasta el 30 de junio de 2015.

La evaluación de la producción de leche incluyó pesaje de leche ordeñada por día y de leche consumida por el ternero con frecuencia semanal. La información correspondiente a las lactancias 6, 7 y 8 se agrupó como ≥ 6 lactancias.

Aunque la variable no presentó distribución normal, se efectuó análisis de varianza factorial en razón a la buena cantidad de registros. De este modo se observó que el coeficiente de variación para las localidades no sobrepasó el 45% y que las medianas se encontraron dentro de los intervalos de confianza de 95% del promedio. Este hallazgo se acentúa por el hecho de que el ANOVA es un procedimiento robusto, aun sin distribución normal.

El modelo estadístico empleado fue un diseño factorial con los siguientes niveles:

- Tratamiento, porcentaje de agua de producción: cuatro niveles.
- Número del parto: seis niveles.
- Trimestre de lactancia: tres niveles.

Las pruebas de comparación de medias dentro de factores fueron Tukey y Bonferroni, y para la interacción de factores, Bonferroni.

Producción de leche al ordeño en el ASA

La producción promedio general de leche en la cohorte experimental de ASA fue de 3,41 kg/día. El grupo con el promedio significativamente inferior correspondió al del tratamiento de 50% de ATAEP (2,16 kg/día). A su vez, los tratamientos testigo, 25% y 100% fueron estadísticamente iguales entre sí y diferentes al de 50% (tabla 9).

El trimestre de lactancia, evaluado como variable independiente, presentó promedios con significancias estadísticas diferentes, de tendencia decreciente a medida que el trimestre fue superior. La producción media pasó de 4,07 kg/día a 2,58 kg/día entre los trimestres 1 a 3, una diferencia de medias de 1,49 kg/día (tabla 9).

El número del parto, evaluado dentro del modelo, en forma única, no influenció significativamente la producción media al ordeño por día. Esta presentó una tendencia de incremento entre las lactancias 1 y 2, y desde ahí declinó hasta el parto 5. En el parto 6, donde el número de observaciones disponibles y la dispersión son mayores que en los otros partos, se da un ascenso atípico (tabla 9).

En la interacción significativa de tratamiento-trimestre de lactancia, para todas las mezclas de ATAEP, el trimestre inicial fue el de mayor producción, siendo significativamente diferente de los otros dos trimestres. La excepción fue el tratamiento de 50%, que no presentó diferencias entre trimestres y tuvo la menor producción con respecto a los demás. A su vez, los trimestres 2 y 3 de lactancia fueron similares para los tratamientos de contraste, es decir, el testigo y el de 100% (tabla 10).

1. Este indicador se analizó en las dos localidades de la investigación: el CI La Libertad y el ASA. Sin embargo, para este apartado solo trataremos los resultados del ASA.



Tabla 9. Estadígrafos de producción de leche en el ordeño al día por porcentaje de agua de producción, trimestre de lactancia y número de parto en las cohortes del ASA

Porcentaje de agua de la producción	N	Media* kg/día	Error estándar	Intervalo confianza media 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Testigo	153	3,60 b	0,112	3,38	3,82
25%	505	3,62 b	0,071	3,48	3,76
50%	101	2,16 a	0,112	1,94	2,38
100%	134	3,35 b	0,142	3,07	3,63
Total	893	3,41	0,053	3,31	3,51
Trimestre de lactancia	N	Media* kg/día	Error estándar	Intervalo confianza media 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Trimestre 1	320	4,07 c	0,095	3,87	4,26
Trimestre 2	361	3,31 b	0,073	3,17	3,46
Trimestre 3	212	2,58 a	0,083	2,41	2,74
Número del parto	N	Media* kg/día	Error estándar	Intervalo confianza media 95%	
				Límite inferior	Límite superior
1	180	3,46 ab	0,118	3,23	3,69
2	255	3,87 c	0,091	3,69	4,05
3	189	3,36 b	0,111	3,14	3,58
4	154	3,20 b	0,147	2,91	3,49
5	81	2,50 a	0,127	2,25	2,75
≥ 6	34	3,08 b	0,237	2,60	3,56

*Letras diferentes dentro de una columna para cada parámetro analizado se corresponden con diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ($p < 0,05$).



Tabla 10. Estadígrafos de la interacción tratamiento-trimestre de lactancia para producción de leche al ordeño por día en las cohortes del ASA

Porcentaje de agua de la producción	Trimestre lactancia	N	Media* kg/día	Error estándar	Intervalo confianza media 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Testigo	1	43	4,49 b	0,297	3,91	5,08
	2	65	2,94 a	0,182	2,58	3,30
	3	45	3,01 a	0,194	2,63	3,39
25%	1	203	4,48 c	0,115	4,25	4,70
	2	185	3,32 b	0,220	2,90	3,76
	3	117	2,52 a	0,138	2,25	2,79
50%	1	34	2,47 a	0,234	2,01	2,93
	2	41	2,46 a	0,198	2,07	2,85
	3	26	1,68 a	0,278	1,13	2,22
100%	1	40	3,45 b	0,1940	3,07	3,83
	2	70	2,75 a	0,185	2,38	3,11
	3	24	2,76 a	0,294	2,18	3,33

*Letras diferentes dentro de una columna para cada tratamiento se corresponden con diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Producción de leche residual consumida por el ternero en el ASA

Esta variable se evaluó mediante diferencia del pesaje del ternero antes del amamantamiento residual posordeño y después de que este voluntariamente dejó de mamar. Según este procedimiento, la cantidad media de leche residual consumida por el ternero por día fue significativamente inferior en el tratamiento testigo con respecto al tratamiento de 25%, que presentó el mayor promedio (tabla 11).

El trimestre de lactancia presentó promedios estadísticamente diferentes para la leche residual consumida por el ternero/día, siendo inferior para el tercer trimestre y mayor e igual entre los primeros dos trimestres (tabla 11).

Por otro lado, el número del parto también presentó diferencias estadísticas significativas entre los promedios de leche residual consumida por el ternero. En particular, contrasta la diferencia entre el primer parto y el sexto (tabla 11).

Efectos del consumo de agua tratada asociada a la extracción del petróleo en la producción animal de bovinos y aves de corral

Porcentaje de agua de la producción	N	Media* kg/día	Error estándar	Intervalo confianza media 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Testigo	153	1,93 a	0,049	1,83	2,03
25%	505	2,47 b	0,062	2,35	2,59
50%	101	2,11 ab	0,108	1,89	2,32
100%	76	2,20 ab	0,174	1,85	2,55
Total	835	2,30	0,044	2,21	2,39
Trimestre de lactancia	N	Media* kg/día	Error estándar	Intervalo confianza media 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Trimestre 1	308	2,52 b	0,074	2,37	2,66
Trimestre 2	322	2,30 b	0,077	2,15	2,45
Trimestre 3	205	1,99 a	0,071	1,85	2,13
Número del parto	N	Media* kg/día	Error estándar	Intervalo confianza media 95%	
				Límite inferior	Límite superior
1	180	2,68 b	0,118	2,45	2,92
2	197	2,26 ab	0,066	2,13	2,39
3	189	2,15 a	0,087	1,98	2,32
4	154	2,19 ab	0,101	1,99	2,39
5	81	2,25 ab	0,172	1,91	2,59
≥ 6	34	1,96 a	0,136	1,68	2,23



Tabla 11. Estadígrafos de leche residual consumida por el ternero al día por porcentaje de agua de producción, trimestre de lactancia y número de parto en la cohorte del ASA

*Letras diferentes dentro de una columna para cada parámetro analizado se corresponden con diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Leche total por vaca al día en el ASA

La leche producida por día se analizó como la sumatoria de las dos evaluaciones: la del ordeño y el respectivo pesaje, y la indirecta consumida por el ternero. Si bien, en sentido estricto, esta suma no constituye la leche total producida por una vaca al día, esa es la denominación que se utilizará a lo largo del análisis. Se trata, en definitiva, de una aproximación a la producción en estos términos:

$$\text{Leche total [kg leche/vaca-día]} = \left(\begin{array}{c} \text{Leche al ordeño} \\ \text{[kg/día]} \\ + \\ \text{Leche consumida} \\ \text{ternero [kg/día]} \end{array} \right)$$

En la tabla 12 se presentan los estadígrafos de producción de leche total por vaca al día según el

porcentaje de agua de producción, el trimestre de lactancia y el número de parto en la cohorte del ASA. Como se puede observar, los tratamientos con mayor concentración de agua de producción, 50% y 100%, fueron significativamente inferiores a los tratamientos con menor concentración de agua de producción, 25 % y testigo.

En cuanto a trimestres, la producción de leche total por vaca al día presentó diferencia significativa, siguiendo una tendencia de descenso a medida que el trimestre es superior. El número de partos, por otra parte, tuvo una tendencia inversa en la producción de leche total por vaca al día hasta el parto 5, aunque el parto 6 refleja una respuesta atípica, originada posiblemente por la menor cantidad de registros y por la supervivencia de una vaca de alta producción.

Porcentaje de agua de la producción	N	Media* kg/día	Error estándar	Intervalo confianza media 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Testigo	153	5,52 b	0,127	5,27	5,78
25%	505	6,09 b	0,096	5,90	6,28
50%	101	4,27 a	0,168	3,94	4,60
100%	76	4,50 a	0,257	3,99	5,01
Total	835	5,62	0,074	5,48	5,77
Trimestre de lactancia	N	Media* kg/día	Error estándar	Intervalo confianza media 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Trimestre 1	308	6,54 c	0,124	6,30	6,78
Trimestre 2	322	5,45 b	0,113	5,22	5,67
Trimestre 3	205	4,51 a	0,107	4,30	4,72
Número del parto	N	Media* kg/día	Error estándar	Intervalo confianza media 95%	
				Límite inferior	Límite superior
1	180	6,14 d	0,170	5,81	6,48
2	197	5,88 cd	0,122	5,64	6,12
3	189	5,51 bcd	0,144	5,23	5,80
4	154	5,39 ab	0,197	5,00	5,78
5	81	4,75 a	0,242	4,27	5,23
≥ 6	34	5,04 ab	0,280	4,47	5,60



Tabla 12. Estadígrafos de leche total/vaca-día por porcentaje de agua de producción, trimestre de lactancia y número de parto en la cohorte del ASA

*Letras diferentes dentro de una columna para cada parámetro se corresponden con diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Producción de leche ajustada a 210 días en las cohortes experimentales del ASA

La evaluación preliminar del promedio general de días en lactancia y edad al destete en días, de 189 y 225 días respectivamente, llevó a ajustar la producción de leche a 210 días. Para la leche al ordeño, la leche residual consumida por el ternero y la leche total (suma de las dos anteriores), se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Producción acumulada de leche [kg/días de lactancia]} \times 210 \text{ días}$$

Esto permite tener la producción de leche por tratamiento, vaca y lactancia ajustada en un mismo punto del tiempo, removiendo la heterogeneidad de la longitud de la lactancia sin omitir su influencia.

La producción de leche por lactancia ajustada a 210 días fue, entonces, de 677 kg para las cohortes del ASA. El tratamiento 50% presentó un valor significativamente inferior al de los demás tratamientos. El tratamiento testigo, con 816,2 kg por lactancia, fue similar a los tratamientos de 25% y 100%.

Efectos del consumo de agua tratada asociada a la extracción del petróleo en la producción animal de bovinos y aves de corral

Tratamiento	N	Media* kg/día	Error estándar	Intervalo confianza media 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Testigo	15	816,17 b	56,522	705,22	931,12
25%	30	726,95 b	39,938	647,14	806,76
50%	11	377,47 a	66,109	245,36	509,58
100%	12	650,07 b	63,250	523,68	776,47
Total	68	676,97	31,133	614,83	739,11

*Letras diferentes dentro de una columna se corresponden con diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Indicadores de producción

Peso del ternero al nacimiento

El promedio general de peso de los terneros al nacimiento en el ASA fue de 30 kg. Los tratamientos presentaron medias estadísticamente similares, y la diferencia entre estos no fue mayor de 1 kg (tabla 14).

Ganancia de peso de terneros al destete

Esta medida se obtuvo descontando del peso al

destete el peso al nacimiento y dividiendo por los días de edad al destete. Así se halló que la ganancia de peso promedio de los terneros del ASA fue de 0,722 kg/día. En los diferentes tratamientos de ATAEP, la variable fluctuó entre 0,664 y 0,799 kg/día, sin que los promedios fueran estadísticamente diferentes. El sexo de la cría, por otra parte, influyó en los datos, ya que la ganancia de peso fue estadísticamente diferente y superior en machos (0,774 kg/día) que en hembras (0,689 kg/día) (tabla 15).

Tratamiento	N	Media* kg/día	Error estándar	Intervalo confianza media 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Testigo	15	30,77 a	1,046	28,68	32,86
25%	30	31,04 a	0,739	29,56	32,51
50%	11	28,45 a	1,223	26,00	30,89
100%	12	29,66 a	1,170	27,32	32,00
Total	68	30,32	0,505	29,31	31,23

*Letras diferentes dentro de una columna se corresponden con diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ($p < 0,05$).



Tabla 13. Estadígrafos de producción de leche por lactancia ajustada a 210 días, por porcentaje de aguas de producción en las cohortes del ASA



Tabla 14. Estadígrafos de peso del ternero al nacimiento por porcentaje de aguas de producción en las cohortes del ASA

**Tabla 15.**

Estadígrafos de ganancia de peso de terneros al destete por porcentaje de aguas de producción y sexo de la cría en las cohortes del ASA

Tratamiento	N	Media* kg/día	Error estándar	Intervalo confianza media 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Testigo	12	0,799 a	0,040	0,719	0,880
25%	28	0,719 a	0,026	0,666	0,772
50%	10	0,664 a	0,044	0,576	0,753
100%	10	0,741 a	0,047	0,647	0,835
Total	60	0,722	0,018	0,687	0,759

Sexo en la cría	N	Media* kg/día	Error estándar	Intervalo confianza media 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Hembra	29	0,689 a	0,027	0,634	0,743
Macho	31	0,774 b	0,030	0,714	0,833

*Letras diferentes dentro de la misma columna para tratamientos y para sexo se corresponden con diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Ahora bien, entre los tratamientos en sí, la condición de sexo de las crías no mostró influencia en la ganancia de peso al destete (tabla 16).

**Tabla 16.**

Estadígrafos de la interacción tratamiento-sexo de la cría para ganancia de peso de terneros al destete en las cohortes del ASA

Tratamiento	Sexo en la cría	N	Media* kg/día	Error estándar	Intervalo confianza media 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Testigo	Hembra	7	0,722 a	0,052	0,619	0,826
	Macho	5	0,877 a	0,062	0,752	1,001
25%	Hembra	11	0,725 a	0,041	0,642	0,807
	Macho	17	0,714 a	0,033	0,648	0,781
50%	Hembra	4	0,639 a	0,501	0,501	0,777
	Macho	6	0,690 a	0,578	0,578	0,801
100%	Hembra	7	0,668 a	0,564	0,564	0,772
	Macho	3	0,814 a	0,656	0,656	0,972

*Letras similares dentro de la misma columna para cada tratamiento no presentan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Condición corporal

Para este indicador se tomó información mediante encuestas a visitantes en eventos grupales en el CI La Libertad. El punto central de estas consultas fue determinar la condición corporal de los grupos de animales en los cuatro tratamientos de estudio con

el fin de posicionarlos en categorías de 1 a 4, en donde 1 era el mejor puesto, y definir así cuál de los cuatro grupos era el de mejor resultado.

En la tabla 17 se observa que, entre las 116 encuestas realizadas, el 78,45% de los evaluadores

se inclinaron por el grupo del tratamiento 100% como el de mejor condición corporal, y solamente un 3,34% consideraron al grupo testigo como el de mejor resultado en este indicador. Por otra parte, cuando se solicitó ordenar las posiciones de primer a cuarto lugar, el 51,72% de

los encuestados establecieron en el primer lugar al grupo del tratamiento 100%, seguido de los de 25%, 50% y testigo en ese orden. Un 12,07% determinaron el orden 100%, 25%, testigo y 50%, y el 0,86% los organizaron así: testigo, 100%, 50% y 25%.

Preguntas	Número de personas	Tto. 100%	Tto. 50%	Tto. 25%	Tto. testigo
Grupo de mejor condición corporal	116	78,45%	8,62%	9,48%	3,45%
		Posición			
		1	2	3	4
Orden de posición de acuerdo a la condición corporal	13 (11,21%)	100%	50%	25%	Testigo
	60 (51,72%)	100%	25%	50%	Testigo
	14 (12,07%)	100%	25%	Testigo	50%
	4 (3,45%)	100%	Testigo	25%	50%
	8 (6,90%)	50%	100%	25%	Testigo
	2 (1,72%)	50%	100%	Testigo	25%
	9 (7,76%)	25%	100%	50%	Testigo
	2 (1,72%)	25%	100%	Testigo	50%
	1 (0,86%)	Testigo	100%	50%	25%
	3 (2,59%)	Testigo	100%	25%	50%

←
Tabla 17. Evaluación observacional de la condición corporal de los grupos de bovinos sometidos a diferentes mezclas de ATAEP en el CI La Libertad

Evaluación de calidad de carne por ultrasonido

La evaluación corporal de bovinos por medio del ultrasonido en tiempo real (UTR) es un método no invasivo, ni destructivo, que permite determinar el valor y la calidad de la composición cárnica de un animal *in vivo*. La estimación de la grasa de cobertura a nivel del lomo (EGD) y del anca (EGA), el área de ojo del lomo (AOL) y la grasa intramuscular o marmóreo permite hacer este análisis con miras a iniciar procesos de selección desde temprana edad.

Según resultados obtenidos por Barahona y Ríos (2008) en bovinos de la raza cebú a los 19 meses de edad en el departamento del Córdoba, el AOL fue en promedio de 36,7 cm² con un peso vivo de 234 kg entre animales que

recibieron una suplementación alimenticia, mientras que los que no fueron suplementados presentaron un AOL promedio de 32,1 cm² con un peso vivo de 236 kg. Otro grupo presentó AOL con promedio de 31,3 cm² y peso vivo de 189 kg a los 12 meses de edad al recibir un suplemento, y de 29,5 cm² con 184 kg sin este.

Por otro lado, Velázquez y Álvarez (2003) desarrollaron estudios en donde utilizaron 23 Brahman gris y 17 Brahman rojo castrados que se mantuvieron en pastoreo alterno en potreros de angleton y *Dichanthium aristatum* por espacio de 14 meses con sal mineralizada a voluntad. Estos animales presentaron AOL a los 18 meses de edad de 65,7 cm² y 58,6 cm², respectivamente. Asimismo, Cerón et al. (2009), reportan promedios de AOL de 35,4 cm² y de EGD de 5,1 mm en bovinos criollos cruzados, con un peso de 275,6 kg en edades entre 18 y 24 meses.

Para que se cumplieran los supuestos, las unidades experimentales presentaron un manejo similar, con variaciones a nivel del tratamiento dado. De este modo se aseguró la homogeneidad del material utilizado. El error experimental se tomó como una variable aleatoria independiente ya que cada tratamiento tenía representación tanto para hembras como para machos en diferentes edades, con distribución normal ($Pr > F$ 0,2993, 0,5085, 0,4611 para AOL, EGD y EGA, respectivamente), media cero (se trabajó con la metodología de los mínimos cuadrados) y varianza común (estadístico 0,9548, $Pr < W$ 0,005).

Al iniciar esta evaluación, realizada únicamente en la localidad del CI La Libertad, el peso promedio de las unidades experimentales fue de $371,6 \pm 122,6$ kg, con un coeficiente de variación del 33,0%, dado básicamente por las diferencias en edades y en condición sexual. Para la variable AOL, el promedio general fue de $398,9 \pm 126,7$ cm², con diferencias estadísticas entre tratamientos dentro de cada evaluación (R^2 0,9417): en la inicial, fue mayor en las unidades experimentales asignadas a los tratamientos 0% y 50% mientras que los tratamientos 100% y 25% presentaron valores menores, sin embargo, al final se encontraron tendencias iguales. A nivel general, se observaron diferencias de AOL entre la evaluación inicial y la final, lo que indica que las unidades experimentales aumentaron su masa muscular durante el periodo de estudio (tabla 18).

Para la variable EGD, el promedio general fue de $0,43 \pm 0,15$ cm, sin diferencias estadísticas entre tratamientos dentro de cada periodo de evaluación pero con variaciones respecto a los promedios obtenidos en la primera evaluación (0,40 cm en la inicial vs. 0,47 cm en la final). Esto indica que las unidades experimentales mejoraron su condición corporal durante la época de estudio.

Para la variable EGA, el promedio general fue de $0,44 \pm 0,15$ cm, con diferencias estadísticas entre tratamientos para el primer periodo de evaluación, siendo mayor en las unidades experimentales de los tratamientos 0% y 100% con respecto al 25%, mientras que en el segundo periodo de evaluación no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos. Asimismo, no se notaron diferencias de los promedios obtenidos en la primera evaluación

con respecto a la final (0,43 cm vs. 0,45 cm, respectivamente). No obstante, las unidades experimentales mejoraron su condición corporal durante la época de estudio en un 7,5%, 8,8%, 6,8% y 0,6% para los tratamientos 100%, 50%, 25% y 0%, respectivamente.

La variable marmóreo, expresada como la tonalidad del músculo *longissimus dorsi*, no presentó diferencias estadísticas entre tratamientos dentro de cada periodo de evaluación, pero sí se observaron variaciones en los promedios de la primera evaluación (36,8) respecto a los de la evaluación final (30,5) (tabla 18), lo que indica que las unidades experimentales perdieron grasa intramuscular durante la época de estudio. Tal pérdida fue mayor en el tratamiento 25% (-43,9%) respecto a los tratamientos 100%, 0% y 50% (-15,6%, -15,9% y -16,8%, respectivamente). Esta variable deberá ser trabajada para determinar su correlación con la tonalidad. Finalmente, las diferencias de pesos en el periodo evaluado fueron superiores en el siguiente orden de tratamientos: 100%, 25%, 0% y 50%.

En la tabla 19 se pueden observar los incrementos de peso en kilogramos de los dos periodos evaluados. Los resultados indican un mejor comportamiento de aumento de peso para el tratamiento de 100%. Las diferencias en este caso son significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

El AOL presentó diferencias estadísticas entre tratamientos dentro de cada evaluación, siendo mayor en las unidades experimentales asignadas a los tratamientos 0% y 50%. Para la evaluación final se encontraron tendencias iguales. Por otro lado, en la variable EGD no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos dentro de cada periodo de evaluación respectivamente.

En cuanto a la variable EGA, se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos para el primer periodo de evaluación, siendo mayor en las unidades experimentales de los tratamientos 0% y 100% respecto al 25%. Para el segundo periodo de evaluación, en cambio, no se hallaron tales diferencias, y además no se encontraron variaciones entre los promedios obtenidos en la primera evaluación (0,43 cm) y los de la evaluación final (0,45 cm), si bien se evidencia un mejoramiento de la condición corporal durante la época de estudio.

La variable marmóreo, expresada como la tonalidad del músculo longissimus dorsi, no presentó diferencias estadísticas entre tratamientos dentro de cada periodo de evaluación, pero se encontraron variaciones de los promedios en la primera evaluación (36,8) respecto a la evaluación final (30,5), lo que indica que las unidades experimentales perdieron grasa intramuscular durante la época de

estudio. Esta pérdida fue mayor en el tratamiento 3 respecto a los demás tratamientos.

Finalmente, las diferencias de pesos en el periodo evaluado fueron superiores para el tratamiento 100%, seguido de los tratamientos 25%, 0% y 50%. Los resultados obtenidos no indican efecto de las ATAEP.

Evaluación	Tratamiento	Peso (kg)	AOL (cm)	EGD (cm)	EGA (cm)	Tonalidad
Inicial	100% ATAEP	379,6 ± 116,9	45,4 b ± 13,1	0,40 a ± 0,16	0,46 a ± 0,11	35,1 a ± 12,4
	50% ATAEP 50% APP	364,2 ± 102,8	52,2 a ± 12,1	0,39 a ± 0,14	0,41 ab ± 0,19	37,7 a ± 13,8
	25% ATAEP 75% APP	360,0 ± 113,0	44,7 b ± 14,5	0,36 a ± 0,16	0,35 b ± 0,14	43,0 a ± 14,9
	Testigo 100% APP	375,4 ± 140,3	51,9 a ± 12,2	0,43 a ± 0,15	0,48 a ± 0,15	35,0 a ± 12,6
	Promedio	371,6 ± 122,6	48,9 b ± 12,9	0,40 b ± 0,15	0,43 a ± 0,15	36,8 a ± 13,3
Final	100% ATAEP	486,6 ± 99,4	57,3 b ± 11,7	0,43 a ± 0,09	0,44 a ± 0,13	30,3 a ± 3,1
	50% ATAEP 50% APP	411,0 ± 123,9	57,7 a ± 11,4	0,43 a ± 0,13	0,45 a ± 0,14	32,3 a ± 7,7
	25% ATAEP 75% APP	445,3 ± 102,1	45,7 b ± 7,4	0,43 a ± 0,13	0,38 a ± 0,13	29,8 a ± 3,2
	Testigo 100% APP	433,1 ± 136,0	56,2 a ± 9,6	0,51 a ± 0,14	0,48 a ± 0,13	30,2 a ± 4,6
	Promedio	439,5 ± 122,9	52,6 a ± 10,7	0,47 a ± 0,13	0,45 a ± 0,13	30,5 b ± 4,9
Promedio general		398,9 ± 126,7	50,4 ± 12,1	0,43 ± 0,15	0,44 ± 0,15	34,3 ± 11,1

* Área de ojo de lomo (AOL), Espesor grasa dorsal (EGD) y Espesor de grasa del anca (EGA) ajustadas al peso promedio de las unidades experimentales para cada evaluación (inicial y final).

**Letras distintas indican diferencias estadísticas $p \leq 0,05$ entre tratamientos para cada evaluación y entre los promedios de cada evaluación.

←
Tabla 18. Promedios de medidas corporales determinadas por ultrasonido para cada uno de los tratamientos al inicio y final del experimento

Tratamiento	100%	50%	25%	0%
Incremento de peso (kg)	107 a	46,8 c	85,3 b	57,7 c

*Letras distintas indican diferencias estadísticas $p \leq 0,05$ entre tratamientos para cada evaluación y entre los promedios de cada evaluación.

←
Tabla 19. Promedios de diferencias de peso entre el periodo evaluado (inicial y final) para los animales experimentales de los cuatro tratamientos



Aves

Aves ASA cohorte 2014-2015

Para el estudio del efecto de ATAEP en pequeñas especies se analizaron aves de la línea especializada en producción de huevo Lohmann Brown: 50 animales por tratamiento de un día de nacidos —con excepción del tratamiento 25%, en el que se usaron 51 aves— evaluadas desde el día 1 de edad hasta el 382 de seguimiento de las cohortes .

Las aves se distribuyeron al azar en los cuatro tratamientos descritos anteriormente. Se efectuó pesaje semanal a 20 aves seleccionadas al azar para cada tratamiento, registrándose 657 determinaciones

por tratamiento y construyendo además la ganancia de peso acumulada con relación al peso promedio del día 1 de edad. A partir de dicha edad se construyó un calendario semanal de eventos, que es el periodo clásico de evaluación en avicultura.

Una vez iniciada la postura, se registró a diario el número de huevos por tratamiento y se calculó el porcentaje de huevos/ave-día con 259 determinaciones para cada variable por tratamiento, correspondientes a igual número de días de postura evaluados. El peso de huevos se estableció desde el primer día de postura (semana 18 de vida hasta la semana 55), con 21.560 mediciones distribuidas en forma similar entre los tratamientos.

El huevo se clasificó de acuerdo a la norma vigente para la comercialización de huevo en Colombia a partir de febrero de 2012, consignada en la Norma Técnica Colombiana 1240 de Icontec (tabla 20).



Tabla 20.
Clasificación de huevos según NTC 1240 de Icontec

Categoría	Jumbo	AAA	AA	A	B	C
Peso en gramos	> 78 g	67,0 - 77,9 g	60,0 - 66,9 g	53,0 - 59,9 g	46,0 - 52,9 g	< 46,0 g

Análisis del desempeño de las aves por tratamiento

Peso y ganancia de peso acumulada

En la tabla 21 se presentan los estadísticos de tendencia central y dispersión de peso de las aves en las primeras 55 semanas de vida y de peso acumulado al final del mismo periodo. Se resalta cómo la diferencia en el peso y la ganancia acumulada de peso son estadísticamente superiores en los tratamientos testigo y de 25% y 50% de ATAEP con respecto al tratamiento 100%.

La diferencia de mediana en el peso de las aves, para los tratamientos testigo y de 100% de ATAEP, fue de 34 g a favor del primero, que representa un 2% menos de peso (tabla 21). Estas diferencias se encuentran entre los rangos permitidos aceptados por la casa matriz de la línea Lohmann Brown.

La diferencia en la ganancia acumulada de peso fue de 54 g a favor de las aves suministradas con agua control con respecto al tratamiento de 100% de ATAEP. A su vez, la ganancia mediana de peso por día para el periodo evaluado fue de 4,31 g/día y 4,16 g/día para los mismos tratamientos, respectivamente.

Variable	Porcentaje ATAEP	N	mediana	media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Peso aves (gramos)	0%	656	1.611,8 a	1240,1	728,5	37	2.260,7
	25%	658	1.597,1 a	1238,2	729,0	37	2.316,0
	50%	658	1.609,9 a	1230,2	727,5	37	2.929,3
	100%	658	1.577,7 b	1196,4	699,3	37	2.207,1
	General	2630	1.596,4	1226,4	720,9	37	1.596,4
Ganancia acumulada de peso (gramos)	0%	616	1.615,3 a	1281,2	681,9	14,6	2.223,7
	25%	618	1.601,9 a	1278,9	682,8	14,6	2.279,0
	50%	618	1.597,7 a	1270,5	682,1	14,6	2.892,3
	100%	618	1.561,4 b	1235,0	654,1	14,6	2.170,1
	General	2470	1.587,1	1266,4	675,2	14,6	2.892,3



Tabla 21. Estadígrafos de tendencia central y de dispersión de peso y ganancia de peso de aves por porcentaje de agua de producción, entre las semanas 1 y 55 de edad

*Letras diferentes dentro de una columna para cada variable se corresponden con diferencias significativas ($p < 0,05$).

Huevos por día y porcentaje de huevos por ave al día

Tal como se refleja en la tabla 22, no se presentaron diferencias en el número de huevos colectados por día entre los diferentes niveles de ATAEP suministrados ($p > 0,05$).

Bajo el análisis de estadígrafos de tendencia central y de dispersión, el tratamiento 25% presentó una mediana diaria de 21 huevos colectados por día, que no fue diferente a los 22 huevos colectados por día para los otros tratamientos. Ahora bien, esta similitud es relativa porque no está relacionada con el número de aves por día a riesgo de presentar postura (tabla 23).

Indicador	Porcentaje ATAEP	N	Rango promedio	X ²	gl	p-valor
Número de huevos/día	0%	259	520,4	3,221	3	0,359
	25%	259	524,8			
	50%	259	537,1			
	100%	259	491,7			



Tabla 22. Prueba de Kruskal-Wallis para huevos/día y porcentaje de postura/día en los primeros 259 días de postura por porcentaje de agua de producción

La tabla 23 presenta los estadígrafos de tendencia central y dispersión de las variables número de huevos/día y porcentaje de huevos/ave-día entre tratamientos. Las aves suministradas con agua control presentaron

una producción mediana de huevo por día superior en 8,8 puntos porcentuales con respecto a las aves tratadas con 100% de ATAEP. Sin embargo, estos cambios no fueron estadísticamente significativos.



Tabla 23. Estadígrafos de tendencia central y de dispersión de huevos/día y porcentaje de postura/día en los primeros 259 días de postura

Variable	Porcentaje ATAEP	N	Mediana	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Número de huevos/día	0%	259	22 a	22,5	7,918	0	43
	25%	259	21 a	23,5	9,423	0	45
	50%	259	22 a	23,1	7,797	0	38
	100%	259	22 a	21,7	6,987	1	38
	General	1036	22	22,7	8,098	0	45
Porcentaje de huevos/ave-día	0%	259	79,5 a	75,1	20,54	0,0	100,0
	25%	259	79,2 a	72,9	20,73	0,0	100,0
	50%	259	73,6 a	73,6	19,11	0,0	100,0
	100%	259	70,7 a	70,7	19,98	2,5	100,0
	General	1.036	73,1	73,6	20,13	0,0	100,0

*Letras similares dentro de una columna para cada variable no presentan diferencias significativas (p<0,05).

Peso del huevo

El peso promedio del huevo en el tratamiento testigo fue de 60,3 g, estadísticamente diferente al peso del huevo en el tratamiento 100% con 59,7 g. Estos dos tratamientos, a su vez, son distintos del peso del huevo con 25% y 50% de ATAEP (tabla 24). La diferencia promedio de peso del huevo entre los tratamientos testigo y de aguas de producción fue de 600 mg.

En la figura 31 se puede observar la distribución porcentual de las categorías de huevo según la clasificación del Icontec (Jumbo, AAA, AA, A, B, C)

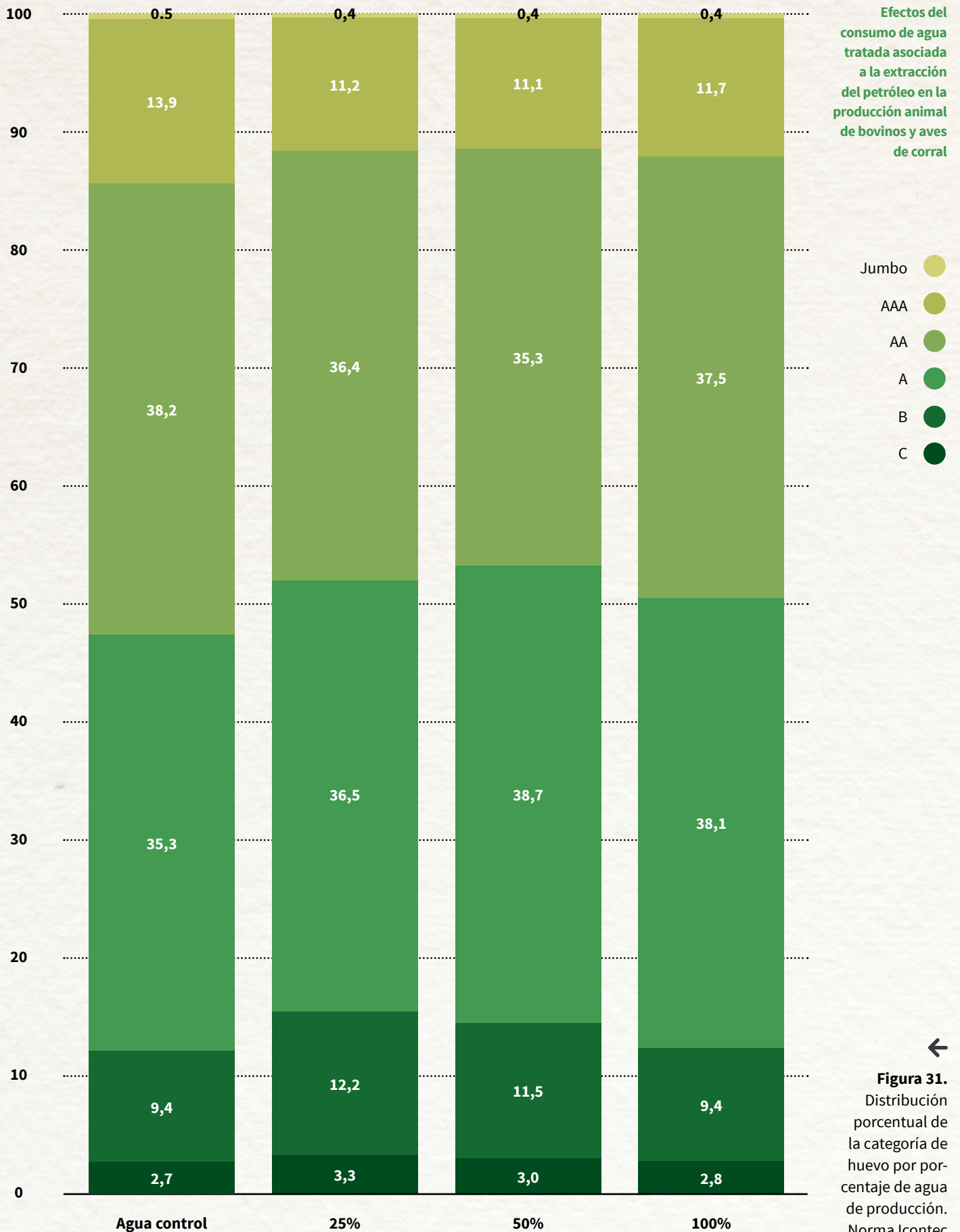
por porcentaje de agua de producción. El porcentaje obtenido entre tratamientos para Jumbo fue muy similar, oscilando entre 0,4 y 0,5%; para AAA, los valores del tratamiento testigo superaron a los del tratamiento 100% en un 2,2% y, para la categoría AA, en 0,7%. En las categorías A y C los porcentajes fueron superiores para el 100% en 0,6% y 0,1%, respectivamente, mientras que para la categoría B fueron exactamente iguales. Sin embargo, al observar el comportamiento entre tratamientos para todas las categorías, las diferencias son menores al 2,2%, y la respuesta no se asocia a la proporción de consumo de ATAEP.



Tabla 24. Estadígrafos de peso del huevo en los primeros 259 días de postura por porcentaje de agua de producción

Porcentaje ATAEP	N	Mediana (g)	Media(1)	Desviación estándar	Intervalo confianza media 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0%	5.376	60,2	60,3 a	6,561	60,1	60,4
25%	5.341	59,6	59,3 c	6,675	59,1	59,5
50%	5.475	59,5	59,3 c	6,467	59,2	59,5
100%	5.369	59,9	59,7 b	6,390	59,5	59,8
General	21.651	59,9	59,6	6,534	59,5	59,7

*Promedios con letras distintas son estadísticamente diferentes (p<0,05).



←
Figura 31.
 Distribución porcentual de la categoría de huevo por porcentaje de agua de producción. Norma Icontec 1240 de 2012