

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA
GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS



**“Inclusión de subproductos de alcachofa y brócoli en la
dieta de cabras lecheras: efecto en el contenido en
minerales y el perfil de volátiles de la leche”**

TRABAJO FIN DE GRADO

Julio 2017

Autor: Guillermo Rodrigo Medinilla

Tutor/es: Esther Sendra Nadal

Título: Inclusión de subproductos de alcachofa y brócoli en la dieta de cabras lecheras: efecto en el contenido en minerales y el perfil de volátiles de la leche

Title: Mineral composition and analysis of volatile compounds of milk of goats fed with artichoke and broccoli by-products

Palabras clave: Leche, cabra, minerales, volátiles, subproductos.

Key words: Milk, goat, minerals, volatile, by-products.

RESUMEN

En el experimento de 2015 se evaluó el efecto a largo plazo (5 meses) de la alimentación en leche de cabra de raza Murciano-Granadina de la inclusión de subproductos de brácteas de alcachofa y planta de alcachofa ensilados. Se dispuso de leche de diferentes lotes de cabra alimentados con diferentes dietas con inclusión de 12,5% y 25% de subproductos. Se determinó la composición general y la composición mineral de la leche. En el experimento de 2016 se evaluó el efecto de la alimentación en leche de cabra de raza Murciano-Granadina de la inclusión de un 25%, 40% y 60% de subproductos de brácteas de alcachofa, brócoli y planta de alcachofa ensilados (corto plazo 1 mes). Se determinó la composición mineral y el perfil de compuestos volátiles por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas.

ABSTRACT

In the 2015 experiment, the effect of feeding Murciano-Granadina goats with a modified diet with inclusion of silage artichoke and artichoke plants was evaluated (long term experiment). Milk from different batches of goats fed different diets was analyzed, control diet and diets including 12.5% and 25% of by-products. Overall and mineral compositions of milk were determined. In the 2016 experiment, the effect of feeding Murciano-Granadina goats with the inclusion of 25%, 40% and 60% of by-products of artichoke, broccoli and artichoke plant silage was evaluated (short term). Mineral composition and volatile's profile were determined (gas chromatography coupled to mass spectrometry).

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
1.1 El ganado caprino de leche en España	5
1.2 Producción de leche a nivel europeo	7
1.3 Composición mineral de la leche de cabra	8
1.4 Contenido en minerales	11
1.5 Perfil de volátiles en leche de cabra.....	16
1.6 Factores que afectan al perfil de volátiles de la leche	17
1.7 Antecedentes: interés del uso de subproductos hortícolas para la alimentación de ganado caprino.....	18
2. OBJETIVOS	20
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1 Diseño del experimento 2015:	21
3.2 Diseño del experimento 2016:	25
3.3 Análisis de compuestos volátiles de la leche	26
3.4 Análisis estadístico	27
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
4.1 Estudio a largo plazo 2015-2016	28
4.2 Experimento de 2016	61
4.3 Componentes volátiles.....	83
5. CONCLUSIONES	98
6. BIBLIOGRAFÍA	100

1. INTRODUCCIÓN

1.1 El ganado caprino de leche en España

La leche es uno de los productos que más se consumen en España, suponiendo un producto de vital importancia para la alimentación. Su consumo por persona al año es de unos 73,32 litros (MAPAMA, 2017) y su precio de venta al público se sitúa en una media de 0,71€ el litro. El consumo de leche líquida muestra una tendencia ligeramente descendiente, que se corresponde con un ligero aumento del consumo de derivados lácteos. La leche de cabra, que es la que nos ocupa en este trabajo se utiliza mayoritariamente para la elaboración de queso, el consumo en forma de leche líquida es testimonial, si bien cada vez es más común encontrarla en los lineales del supermercado.

En cuanto a la producción de leche, se puede ver que España la mayor producción corresponde a la leche de vaca, seguida de la de oveja y posteriormente la de cabra (Tabla 1):

Tabla 1. Fuente MAPAMA (2017)

Tipo de leche	Producción (En 1000 Toneladas)	Materia grasa de la leche (Toneladas)
Vaca	6.799,9	246.054
Oveja	537,6	35.947
Cabra	466,1	23.518

En 2015, según el FEGA (FONDO ESPAÑOL de GARANTÍA AGRARIA), la producción de leche de cabra ascendió un 23% siendo Andalucía la comunidad con más producción en este tipo de leche. Este ascenso está motivado por el aumento en la demanda de quesos de leche de cabra.

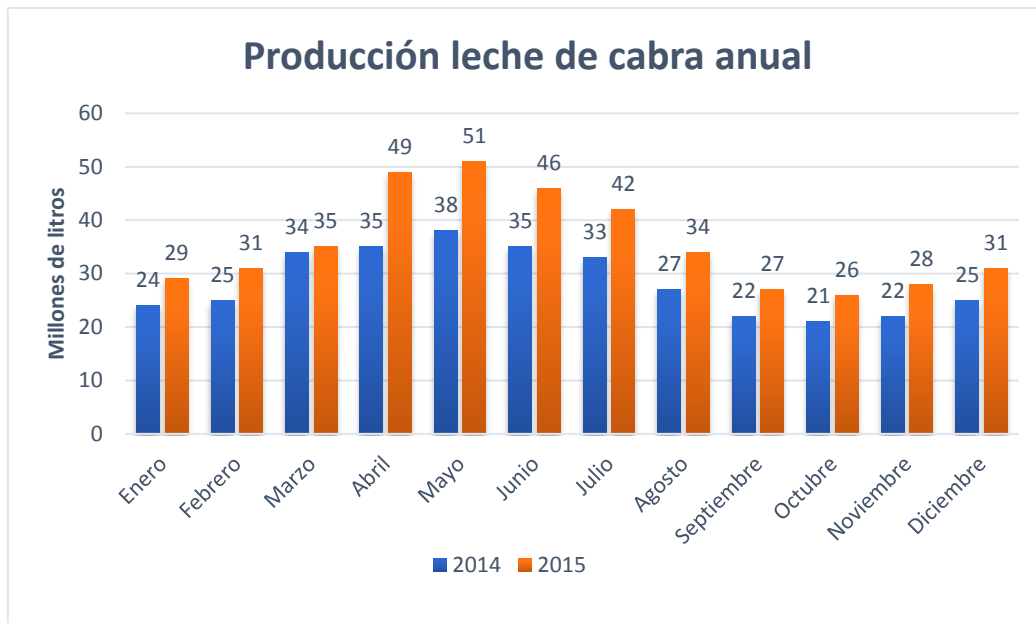


Figura 1. Producción de leche de cabra en España en 2014 y 2015 (Millones de litros).
(Fuente INLAC, 2017)

Se puede apreciar que la producción de leche de cabra es estacional (Figura 1), tiene una tendencia a aumentar en los meses primaverales como marzo, abril y mayo, teniendo un pico máximo en el mes de mayo de 38 millones de litros en el año 2014 y siendo este pico de 51 millones de litros en 2015. Los picos suelen coincidir con la planificación de partos para disponer de cabritos lechales en Pascua y Navidades, y por supuesto para hacer coincidir la lactación con la provisión natural de pasto en el caso de animales en pastoreo.

Respecto a la distribución territorial de la producción de leche, como se ha mencionado anteriormente y se puede apreciar en la Figura 2, Andalucía es el principal productor de leche de cabra con una producción sobre el total de casi la mitad. Después encontramos a Castilla La Mancha con una producción cercana al 20% de la producción total y la región de Murcia con una producción del 14%. Después se sitúa Extremadura con un 8% de la producción total, Castilla y León con una producción del 6% y las demás comunidades autónomas que no superan el 10%.

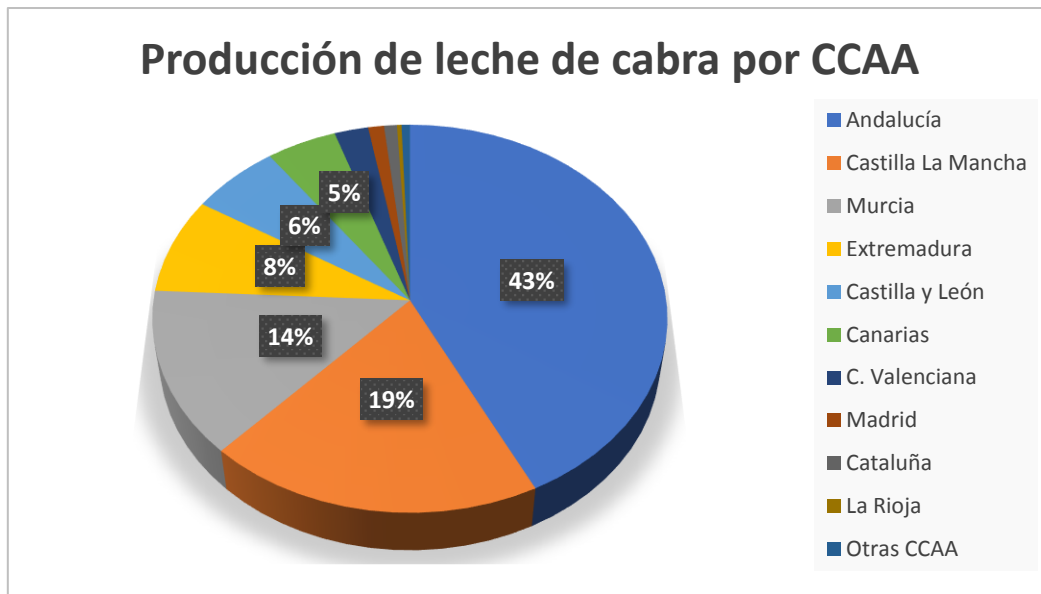


Figura 2. Distribución de la producción de leche en España por CCAA en 2015 (Fuente INLAC, 2017)

1.2 Producción de leche a nivel europeo

España, a diferencia del resto de Europa, es un país importador de lácteos, ya que se consume más leche de la que se produce. En cuanto a leche de cabra se refiere, el principal productor europeo es Grecia, seguido de España, que sería el segundo país que más leche de cabra produce de toda Europa aportando el 22% de toda la producción de leche de cabra y después se encontrarían Francia, Países Bajos e Italia.

La producción en cuanto a distribución geográfica en Europa, se puede apreciar en la Figura 3 que se encuentra, en su mayoría, localizada en zonas montañosas del pirineo español y en zonas del sistema penibético, cercano a Sierra Nevada ya que la cabra es un animal que se adapta muy bien a este tipo de zonas y tolera bien este tipo de climas.

Producción por tipo de leche más habitual.

(miles de litros)

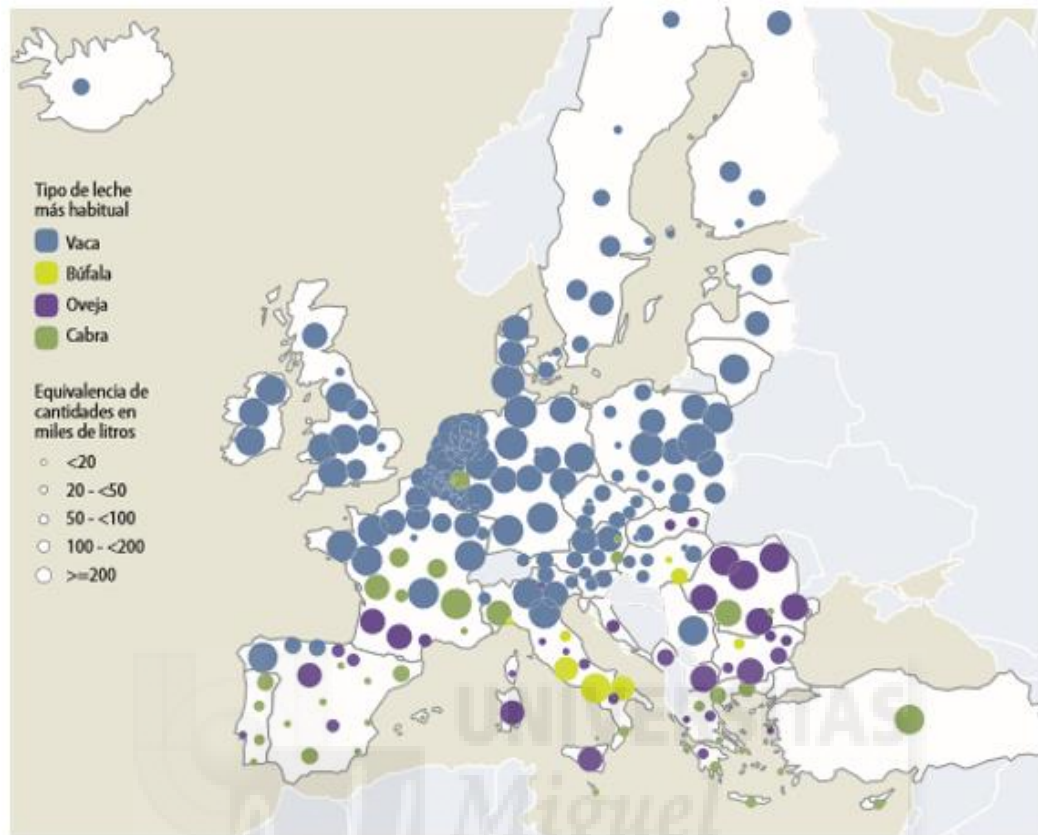


Figura 3. Producción por tipo de leche en Europa en 2015 (Miles de litros).

(Fuente INLAC, 2017)

1.3 Composición mineral de la leche de cabra

La calidad de la leche de cabra varía en función de la raza, la zona de producción, la época del año en que se encuentre, ya que temperaturas superiores a 30º C provocan un aumento en el contenido graso de la leche y a una disminución en el contenido en nitrógeno. La etapa de lactancia, ya que la fase de lactación afecta mucho a la composición de la leche debido a que la fisiología adecúa la composición a las necesidades de la cría. También se ha comprobado que la composición de la leche varía en función de la alimentación (Zervas y Tsiplakou, 2011), los lípidos tienen una función muy importante en la calidad de la leche ya que éstos determinan el color (en leche de vaca) y el aroma de la leche. En el caso de la leche de cabra, el aroma es determinante para su aceptabilidad por el consumidor. Cuando los animales tienen

una alimentación más rica en forraje y pastos, la leche tiene un mayor aroma y un mayor sabor que cuando se realiza una alimentación con una mayor cantidad de concentrados (Eknæs y Skeie 2006) y una nutrición pobre en fibra provoca que la leche disminuya el contenido graso. Además, existen cambios que pueden ser debidos a enfermedades de las mamas como mastitis, que provocan una disminución en la producción de la leche y a un aumento en la presencia de células somáticas y otros cambios producidos por contaminantes que se encuentran en la leche como desinfectantes, pesticidas, plastificantes y polvo... De este modo, aunque cualitativamente la leche tiene una composición y propiedades, en sentido cuantitativo existe mucha variabilidad.

Los cambios en la calidad de la leche se clasifican en cuatro tipos que pueden ser cambios físicos, los cuales se producen cuando la leche se enfría lo que provoca que los glóbulos de grasa se agrupen y se produzca la aglutinación, cambios químicos producidos por la oxidación lipídica, la composición salina y el pH, cambios bioquímicos que son producidos en su mayoría por enzimas y cambios microbianos que producen acidificación y otras modificaciones (Walstra y Jenness, 1984).

En la Figura 4 se muestra una curva de lactación en la cual se puede apreciar que, en los primeros días tras el parto, la producción de leche aumenta hasta unos 2,5kg/día y a partir de los días 35-40 se va reduciendo la producción de leche.

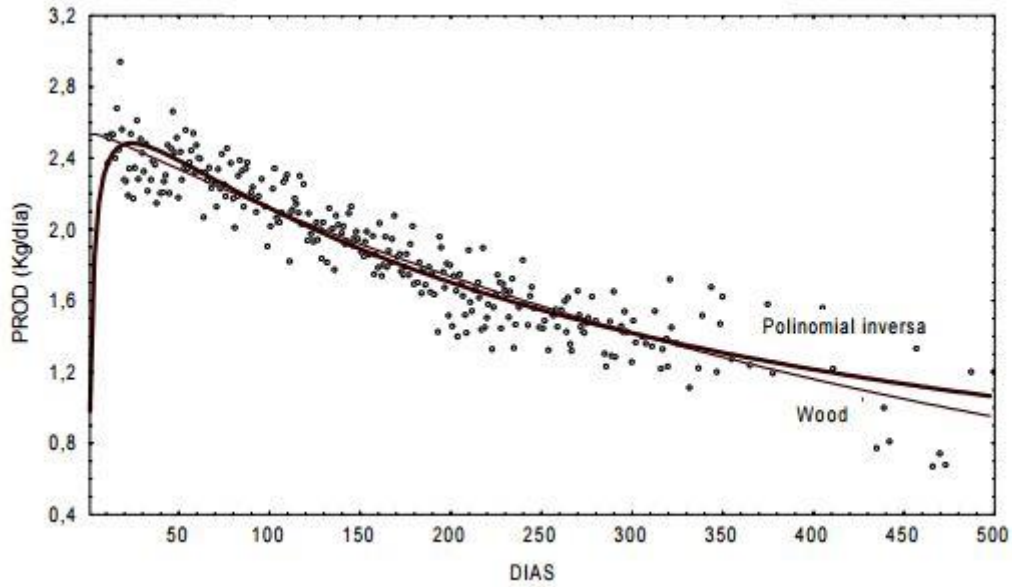


Figura 4. Curva de lactación en cabras (Kg/día). (Fuente Peña Blanco, 2000)

La lactosa es el principal azúcar de la leche y le proporciona a la leche un ligero dulzor y tiene grandes propiedades tecnológicas. La grasa de la leche la forman múltiples lípidos de tamaños variados y de diferentes clases como colesterol, diglicéricos, ácidos grasos, fosfolípidos... Las proteínas son en su mayoría caseína y proteínas del lactosuero con múltiples propiedades tecnológicas y enzimas. Los minerales de la leche son en general sales inorgánicas que se presentan ionizadas y formando parte de sales más complejas. Además, se encuentran presentes numerosas vitaminas como por ejemplo las vitaminas A, D, E, K, vitaminas del grupo B y otros nutrientes que son esenciales como la carnitina, colina, taurina... (Walstra y Jenness, 1984). En la Tabla 2 se puede ver la composición nutricional de la leche de cabra por 100 g de porción comestible.

Tabla 2. Composición nutricional de la leche de cabra (Fuente FEN, 2016)

Composición nutricional	Por 100 g de porción comestible
Energía (Kcal)	67
Proteínas (g)	3,4
Lípidos totales (g)	3,9
AG saturados (g)	2,58
AG monoinsaturados (g)	1,06
AG poliinsaturados (g)	0,09
Hidratos de carbono (g)	4,5
Fibra (g)	0
Agua (g)	88,2
Calcio (mg)	110
Hierro (mg)	0,12
Yodo (μg)	-
Magnesio (mg)	13
Zinc (mg)	0,4
Sodio (mg)	40
Potasio (mg)	180
Fósforo (mg)	95
Selenio (μg)	0,7

1.4 Contenido en minerales

El contenido en microelementos de la leche como pueden ser los minerales también puede variar según el estado de lactación del animal, el estado de salud y por factores ambientales y genéticos.

La leche de cabra puede ser una gran fuente de minerales para el ser humano, el mineral mayoritario es el calcio. En comparación con la leche de vaca, la leche de cabra

es más rica en calcio ya que tiene un 13% más (Rodden 2004), por ello es un alimento muy recomendable para mujeres que sufren un mayor riesgo de padecer osteoporosis y para niños que se encuentran en fases de crecimiento y desarrollo, ya que el calcio supone entre el 1,5-2% del peso corporal (Cashman 2002). Los mismos autores apuntan que existen evidencias de que la lactosa promueve la absorción intestinal de calcio. Además, el calcio tiene importantes propiedades tecnológicas en la leche como la formación de caseína por la ruptura por acidificación del caseinato de calcio, donde también es de relevancia el fósforo, para la formación de la cuajada (DGPA, 2005).

Los minerales tienen funciones reseñables sobre el cuerpo humano, el **fósforo** es de vital importancia ya que está presente en numerosas funciones del organismo y al igual que el calcio, en su mayoría está presente en los dientes y en los huesos. No existe una gran variación de este mineral a lo largo del proceso de lactación.

El **magnesio** es de vital importancia en una gran variedad de procesos fisiológicos incluyendo el metabolismo de los ácidos grasos, regulando la presión arterial, entre otros... Una dieta deficitaria en magnesio es algo extraño salvo que haya una desnutrición severa. La concentración de este mineral es entre dos y tres veces mayor en el calostro y disminuye hasta su nivel en leche madura a partir de los tres primeros días (Cashman 2002).

Sodio, potasio y cloro se cree que están presentes en la leche en su mayoría como iones libres. El sodio se modifica con la lactación y, es el catión principal presente en los fluidos extracelulares y tiene funciones de regulación del balance ácido-base y del transporte activo a través de las membranas celulares. Al igual que el sodio, el cloro se presenta en fluidos extracelulares, sin embargo, a diferencia de éste, es el principal anión y es esencial en el balance electrolítico. La concentración de cloro puede variar en función del estado de lactación y de la temperatura medioambiental, sin embargo, la variación de este mineral no depende de la dieta, salvo en casos extremos de desnutrición o enfermedades renales (Cashman 2002).

El **potasio** se distingue de los anteriores por ser el principal catión intracelular, siendo su principal función la de contribuir a la transmisión de los impulsos nerviosos. Además, es el tercer mineral más abundante en el organismo. Éste se absorbe en el

duodeno y tiene un coeficiente de absorción del 90%. Los animales alimentados con alfalfa suelen tener un mayor contenido en potasio ya que la alfalfa es un forraje que absorbe el potasio del terreno.

Los cationes como el potasio, sodio, calcio y magnesio contribuyen a la alcalinidad de la sangre.

El **azufre** es un mineral que, en el caso de los rumiantes, es un requisito microbiano ruminal. Se relaciona con una alimentación con las proteínas presentes en los piensos, por tanto, cuando el pienso es rico en proteínas, la deficiencia es poco probable (Satter, 2003).

Respecto a los minerales que se encuentran en menor medida en la leche, encontramos el **cobalto** el cual tiene una función como un compuesto esencial de la vitamina B₁₂. Un déficit en cobalto se puede apreciar por un descenso de apetito o una disminución de crecimiento o pérdida de peso. Esta deficiencia altera la fermentación ruminal, lo que provoca una disminución del efecto de los microorganismos.

El **cobre** también es un mineral importante que es necesario para la actividad enzimática, sin embargo, hay minerales como el molibdeno, el zinc, el hierro y el azufre que hacen que disminuya su concentración en sangre, ya que, en el caso del zinc, compiten por la absorción intestinal mientras que el azufre reduce la absorción. Un signo de deficiencia de cobre es una despigmentación del pelo, un mal crecimiento, unos huesos frágiles, anemia y muerte súbita por un fallo cardíaco. Por otra parte, una dieta muy rica en cobre podría ser tóxica ya que se acumula en el hígado y podría provocar la muerte.

El **molibdeno** es un mineral que tiene unas funciones como componente de enzimas de oxidación de aldehídos y además posee unos requerimientos nutricionales muy bajos ya que tiene una toxicidad que puede ser un problema en el ganado. Esta toxicidad puede provocar diarreas, anemia, anorexia... Además, un exceso de molibdeno provocaría una deficiencia de cobre.

El **hierro** tiene como principal función la de transporte de oxígeno como componente de la hemoglobina. Sólo una pequeña parte del hierro consumido en la dieta es absorbida por el organismo, por ello una toxicidad en hierro es algo inusual. Sin

embargo, la deficiencia de hierro puede provocar anemia, una reducción en la ingesta de comida y en el aumento de peso y una propensión a las enfermedades infecciosas por una depresión del sistema inmune.

El **manganeso** tiene un problema de absorción parecido al del hierro, se absorbe muy poca cantidad de manganeso. Éste tiene funciones como un componente de enzimas piruvato carboxilasa, superóxido dismutasa. Los rumiantes nacidos deficientes en manganeso presentan problemas del desarrollo esquelético y de patas torcidas, con unos huesos pequeños. Además, cuando hay un déficit muy acusado se pueden producir abortos.

El **zinc** es un mineral con una gran importancia involucrado en muchas enzimas que afectan al metabolismo de ácidos nucleicos, lípidos, proteínas y carbohidratos. Además, tiene un papel muy importante en la creación de leche en las glándulas mamarias y en el sistema inmune. La concentración de zinc es mucho menor en forrajes y suplementado puede aumentar la producción de leche en un 4,8% (Kellogg y Kegley, 2002).

El **selenio** previene del daño oxidativo en los tejidos del organismo y se asocia con la vitamina E de manera que pueden evitar algunas anomalías, sin embargo, tiene un rango de acción en el que puede haber una toxicidad que se puede obtener mediante una suplementación en la dieta y debe ser controlada o una deficiencia puede provocar degeneración y necrosis en músculo esquelético y cardíaco, desórdenes reproductivos, abortos...

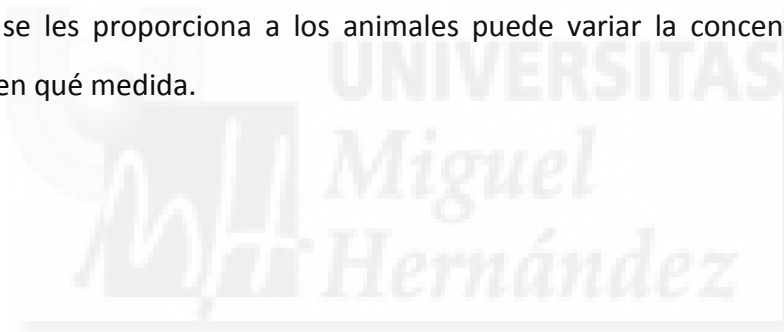
El **yodo** es uno de los minerales más importantes que existen ya que tiene función en la hormona tiroidea, la cual regula la energía metabólica del organismo la necesaria para el crecimiento y el desarrollo de los animales. El yodo es absorbido en el rumen, en el intestino delgado y en el grueso y el contenido en la leche del yodo depende de la cantidad de yodo consumido. Un signo de deficiencia de yodo es un aumento del tamaño de la glándula tiroidea, aunque también puede manifestarse como pérdida de cabello, debilidad e incluso la muerte. Un exceso en el consumo de yodo puede suponer un riesgo para los humanos ya que podría llegar a ser tóxico provocando alteraciones hormonales.

El **boro** es un oligoelemento que se necesita en baja concentración pero que tiene una función muy importante en el organismo humano y animal, debido a su efecto en el metabolismo óseo y su colaboración en la prevención de la osteoporosis. Su toxicidad por ingesta es rara, aunque ésta provoca vómitos, náuseas y somnolencia (Crespo, 2001).

El **silicio** es un mineral con una función estructural que complementa a la lignina.

Arsénico y **plomo** son unos minerales los cuales tienen unas deficiencias raras, aunque pueden ser tóxicos a concentraciones muy bajas, por ello, hay que evitar una concentración relativamente elevada en la leche ya que el ser humano obtiene estos elementos por contaminaciones y debe ingerir cantidades ínfimas.

Debido a la importancia de los minerales, en este trabajo hemos querido saber si la alimentación con pequeñas y con grandes inclusiones de subproductos de alcachofa y brócoli que se les proporciona a los animales puede variar la concentración de los minerales y en qué medida.



1.5 Perfil de volátiles en leche de cabra

Los compuestos volátiles son moléculas químicas que se volatilizan y se pueden percibir por el olfato, según la forma de percibirlos se pueden clasificar en olor y en aroma. El aroma según el Codex Alimentarius, se puede definir como: “la suma de las características de cualquier material que se toma en la boca, percibidas principalmente por los sentidos del gusto y el olfato, y también por los receptores generales del dolor y el tacto de la boca, según los recibe e interpreta el cerebro. La percepción del sabor es una propiedad de los aromas”, mientras que el olor son los compuestos volátiles que se perciben antes de que el alimento se introduzca en la boca. En este trabajo se refiere a aroma como a la suma del olor y el aroma, detectado en boca y en nariz antes de que el alimento se ingiera.

El aroma es uno de los factores más importantes cuando se trata de que el consumidor acepte o rechace un producto. Tanto es así que el aroma de los productos lácteos es una de las principales propiedades a la hora de cumplir con el estándar de calidad. La mezcla de componentes volátiles de un producto es muy compleja y para separar los volátiles de un producto alimenticio, la mejor técnica es la cromatografía en fase gaseosa (GC) y una vez separados estos compuestos se identifican por espectrometría de masas (MS).

Los compuestos volátiles más comunes en leche se muestran en la Tabla 3, siendo muchos de ellos comunes para la leche de vaca y la leche de cabra, aunque otros autores han encontrado hasta 33 compuestos volátiles en leche (Croissant *et al.*, 2007) en la Tabla 3 se muestran los encontrados por el autor que realizó un método más parecido al realizado en este estudio:

Tabla 3. Compuestos volátiles encontrados en leche cruda (Fuente Tunick, 2013)

2-Metilbutanal	Ác. Butanoico	2-Nonanona
Pentanal	2-Heptanona	Nonanal
Dimetil sulfito	Heptanal	Ác. Octanoico
Metil propionato	Dimetil sulfona	Ác. Nonanoico
1-Pentanol	α -pineno	Ác. Decanoico
Hexanal	Ác. Hexanoico	Ácido 2-Methylpropanoico

1.6 Factores que afectan al perfil de volátiles de la leche

En muchos casos el aroma de los lácteos puede depender del tratamiento al que ha sometido, por ejemplo, si una leche ha sido sometida a refrigeración tiene un olor característico producido por el dimetil-sulfuro (Walstra y Jenness, 1984). Por tanto, se podría decir que el olor de la leche es variable y que depende de muchos factores entre los que se encuentran:

- Aroma <<a animal>>. Este es un aroma presente en la leche cruda y es muy característico. Se produce cuando parte de los olores del animal y de los piensos consumidos se pueden detectar en la leche, también se relaciona con la cetosis o la acetonemia. Se ha relacionado la cría en pastos con mayor intensidad de aromas a hierba o animales, que se creen vinculados a la presencia de índoles (Croissant *et al.*, 2007)
- Defectos por oxidación. Uno de los principales compuestos que son sensibles a la oxidación son los lípidos presentes en la leche. La fracción insaturada se oxida con facilidad formando muchos compuestos carbonilos que producen olores que recuerdan metálicos, a cartón... (Walstra y Jenness, 1984).
- Otro de los factores que tienen una gran relevancia en el aroma de la leche es el calor. La leche se somete a tratamientos térmicos elevados para mejorar su conservación y aumentar su vida útil, sin embargo estos tratamientos tienen efectos en el aroma de la leche de tal manera que crean nuevos compuestos que otorgan aromas según la temperatura de pasteurización, ya que, por encima de 83°C, la leche adquiere un aroma a cocido producido por el hidrógeno sulfurado, mientras que cuando la leche se esteriliza por encima de 110-115°C, se produce una conversión térmica de los azúcares de la leche provocando la aparición de furanonas y reacciones de Maillard, que provocan un <<aroma a cola>> (Walstra y Jenness, 1984).
- La luz también puede afectar a la leche, provocando que aumenten los procesos oxidativos y se den casos de oxidación más acusados y además la aparición de compuestos como sulfuros.
- Por último, otro de los factores que pueden alterar los aromas propios de la leche y provocar que se produzcan indeseables, son los microorganismos. Estos

pueden producir defectos en el aroma mediante procesos de metabolización de nutrientes por la acción de los enzimas bacterianos.

1.7 Antecedentes: interés del uso de subproductos hortícolas para la alimentación de ganado caprino

Las industrias agroalimentarias producen gran cantidad de residuos que podrían ser utilizados como subproductos y podrían tener una finalidad tecnológica o podrían servir para la producción de combustibles e incluso para la alimentación animal. Es por ello que diversos subproductos de la alcachofa y del brócoli, pueden ser utilizados para la alimentación animal y tener efectos beneficiosos aportando cualidades extra a los animales. Por tanto, se podría mejorar el rendimiento de los animales, o aportar características específicas a la leche añadiendo subproductos de alcachofa o brócoli a los piensos, de modo que ésta, pueda ser de mayor calidad y/o aportar mayores beneficios, además de ser más atractiva para el consumidor, para así diferenciarse del resto de competidores y tener un producto mejor.

Como se ha comentado anteriormente, el aroma de la leche puede ser modificado por la alimentación y por los piensos de los que se alimenta un animal, como se ha podido ver en la bibliografía consultada en la cual la inclusión de aceite de ricino en pienso aumentó el contenido en grasa de la leche y la rancidez de la misma (Pereira *et al.*, 2010) y otro artículo en el que se introduce aceite de semillas de algodón y se consigue una mayor producción y un mayor sabor <<a cabra>> (Queiroga *et al.*, 2009).

En este estudio se han utilizado subproductos de alcachofa generados en su fase de cultivo (Planta) y subproductos generados en la fase de procesado de la alcachofa en planta (Brácteas), estos dos subproductos son muy utilizados actualmente para la alimentación animal. Además, el subproducto de alcachofa ensilado es uno de los más aptos para su incorporación en dietas de pequeños rumiantes por su alto contenido de degradación de la materia orgánica (Meneses, 2002).

Por tanto, en este trabajo se ha estudiado la inclusión en el pienso de grandes cantidades de subproductos derivados de la alcachofa, de la planta de alcachofa y del

brócoli, de modo que se estudie si se producen cambios en los compuestos volátiles presentes en la leche.



2. OBJETIVOS

El objetivo del experimento de 2015 es determinar si la inclusión de un 12,5% y un 25% de subproductos de brácteas de alcachofa y planta de alcachofa puede modificar la composición mineral de la leche de cabra de raza Murciano-Granadina, y por tanto potencialmente afectar las propiedades tecnológicas de la leche ligadas a los minerales.

Analizados los resultados de 2015, el objetivo del experimento de 2016 es determinar si la inclusión de un 25%, 40% y 60% de subproductos de brácteas de alcachofa, brócoli y planta de alcachofa puede modificar la composición mineral y el perfil de compuestos volátiles y por tanto puede tener impacto en las propiedades sensoriales de la leche.



3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Diseño del experimento 2015:

DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento se realizó en el Campus de la Escuela Politécnica Superior de Orihuela en la granja docente y experimental de pequeños rumiantes que se encuentra ubicada en el mismo campus. El estudio se ha realizado por el Departamento de Tecnología Agroalimentaria.

Los animales fueron seleccionados atendiendo a unas variables preestablecidas para obtener una muestra lo más homogénea posible, reduciendo así la variabilidad individual de cada animal. Se seleccionaron 69 cabras hembras de la raza Murciano-Granadina de unos $44,7 \pm 6,8$ kg y en el cuarto mes de lactación. Estos animales se dividieron en tres grupos de 23 cabras cada uno, siendo alimentadas de manera preexperimental con una ración comercial a base de alfalfa y mezcla de granos.

El periodo experimental se realizó entre los meses de octubre a febrero, con una duración de 5 meses, con la inclusión de subproductos en la ración. El primer grupo de animales correspondió al grupo Control (C), el segundo grupo fueron alimentados con inclusión de Brácteas (B) de alcachofa ensilada mientras que el tercer grupo fue alimentado con subproductos de Planta (P) de alcachofa ensilada. Se realizaron dos bloques dentro del experimento en que se incluyeron distintas concentraciones de subproducto en la dieta de los animales. En el primer bloque, las cabras se alimentaron con tres dietas, todas isoenergéticas e isoproteicas que contenían un 12,5% de subproducto cuya la proporción de componentes que se indican en la Tabla 4 y cuya composición se puede ver en la Tabla 5.

Tabla 4. Ingredientes de los tres tipos de piensos del Bloque 1 (12,5% de subproducto)

INGREDIENTES (%)	Control	Bráceas	Planta
Alfalfa henificada en rama	37,53	16,22	19,08
Grano	59,33	41,15	47,33
Subproducto ensilado	-	41,15	31,48
Avena	3,14	0,82	-
Paja	-	0,65	-
Soja	-	-	2,11

Tabla 5. Composición de los tres tipos de piensos del Bloque 1 (12,5% de subproducto)

COMPOSICIÓN (%MS)	Control	Bráceas	Planta
Materia seca	89,36	59,96	70,64
Unidades forrajeras lecheras	0,92	0,94	0,92
Proteína bruta	16	16	16
Fibra bruta	19,62	19,15	18,67
Fibra neutra detergente	37,83	38,52	38,07
Fibra ácido detergente	24,32	24,84	24,26
Azúcares	2,58	2,64	2,76
Grasa bruta	4,65	4,85	5,05
Cenizas	7,24	7,08	7,7
Lignina	5,65	4,32	4,24

En el segundo bloque, se mantuvo constante la dieta Control, mientras que en las dietas de Bráceas y Planta se modificó la proporción de inclusión del subproducto, tal y como se puede ver en la Tabla 6, llegando a ser esta inclusión mucho mayor que en el Bloque 1, ganando una mayor importancia el subproducto, modificando con ello la composición nutricional (Tabla 7).

Tabla 6. Ingredientes de los tres tipos de piensos del Bloque 2 (25% de subproducto)

INGREDIENTES (%)	Control	Bráceas	Planta
Alfalfa henificada en rama	37,53	7,55	7,94
Grano	59,33	30,13	37,32
Subproducto ensilado	-	61,83	50,63
Avena	3,14	-	-
Paja	-	0,32	-
Soja	-	-	3,83

Tabla 7. Composición de los tres tipos de piensos del Bloque 2 (25% de subproducto)

COMPOSICIÓN (%MS)	Control	Bráceas	Planta
Materia seca	89,36	45,18	59,22
Unidades forrajeras lecheras	0,92	0,95	0,91
Proteína bruta	16	16,01	16
Fibra bruta	19,62	19,22	17,83
Fibra neutra detergente	37,83	39,81	38,32
Fibra ácido detergente	24,32	25,97	24,22
Azúcares	2,58	2,54	2,85
Grasa bruta	4,65	4,89	5,32
Cenizas	7,24	7,38	8,42
Lignina	5,65	3,30	2,93

Características de los subproductos de alcachofa

Para este trabajo se seleccionaron subproductos de alcachofa como objeto de estudio ya que las instalaciones ganaderas en las que se realizan los experimentos se encuentran ubicadas en la Vega Baja del Segura, encontrándose en el límite entre Alicante y Murcia, las principales zonas productoras de alcachofas.

El estudio se realizó entre los meses de octubre y de febrero. Cada muestra recién ordeñada se llevó a depósitos refrigerados donde se homogeneizó con las demás

muestras de su grupo. De cada tanque se tomaron las muestras de leche para su análisis, quedando clasificadas en Control (C), Brácteas (B) y Planta (P).

Se puede ver en las Tabla 8 y Tabla 9 el calendario de muestreos y las determinaciones analíticas realizadas a cada muestra en cada uno de los experimentos realizados.

Tabla 8. Calendario de muestreo y determinaciones realizadas en el Bloque 1

Día	Muestreo	Minerales	Composición química
0	1	X	X
14	3	X	X
28	5	X	X
42	7	X	X
49	8	X	X

Tabla 9. Calendario de muestreo y determinaciones realizadas en el Bloque 2

Día	Muestreo	Minerales	Composición química
79	1	X	X
94	2	X	X
109	4	X	X

Para la composición de la leche se ha utilizado un analizador de espectroscopia del infrarrojo cercano (NIR Near Infrared Spectroscopy) MilkoScan FT120 (FOSS), el cual determina los componentes químicos en muestras de leche. Los principales componentes químicos determinados fueron: grasa (%), proteína bruta, proteína verdadera, caseína, proteínas del suero, lactosa, materia seca, extracto seco magro, y cenizas.

Para el análisis de los minerales, se digirieron las muestras (González Arrojo, 2016). Para cada muestra, se cogieron 4 mL de leche y se realizó una pre-digestión en frío con 1,5 ml de H₂O₂ al 30%, posteriormente se le añadió 1,5 mL de ácido nítrico y ácido

clorhídrico al 65% y se mineralizaron las muestras mediante un programa de microondas que se muestra en la Tabla 10. Posteriormente las muestras fueron colocadas en unos contenedores de polipropileno a los que se añadió ácido nítrico al 1% (dilución 1:40). Se determinaron los minerales con un ICP-MS Agilent cuadrupolo utilizando una calibración externa. Este análisis de minerales fue realizado por un laboratorio externo

Tabla 10. Programa de digestión por microondas

Tiempo (min)	Potencia (W)	Temperatura (°C)
3	900	95
10	900	160
3	900	185
15	900	185

3.2 Diseño del experimento 2016:

DISEÑO EXPERIMENTAL

El objetivo de esta actividad consistió en estudiar diferentes grados de inclusión de los subproductos estudiados en las raciones de cabras Murciano-Granadinas y su efecto en la composición de la leche. En esta prueba se incluyeron subproductos de planta de alcachofa, subproducto de brócoli y subproducto de brácteas de alcachofa (subproducto de la industria conservera). Los tres subproductos se ensilaron para su conservación.

Para cada subproducto (n=3) se analizó el efecto de ser incluidos en diferentes niveles en la ración de las cabras (25, 40 y 60% de la MS de la ración), de forma que las dietas fueran isoenergéticas e isoproteicas (2,06 UFL y 270 g/kg MS de proteínas digestible en el rumen) y se compararon con una ración convencional control que incluyó heno de alfalfa con mezcla de concentrados.

Transcurridas 8 semanas tras el parto se hizo un control pre-experimental en un lote de 120 animales alimentados con la ración convencional para caracterizar a nivel individual la producción y el estado sanitario de la glándula mamaria (RCS y presencia

de mamitis clínicas). Con esos datos y teniendo en cuenta también el número de partos de los animales, se seleccionaron 100 cabras que fueron repartidas en 10 grupos de 10 animales cada uno: control + 9 grupos experimentales: 1 para cada subproducto (n=3) y porcentaje de inclusión (n=3).

Pasados 15 días, periodo considerado de adaptación, se comenzó el periodo experimental que tuvo una duración de 3 semanas. Quincenalmente se analizaron la composición mineral según se ha descrito en el apartado 3.1, el perfil de volátiles y la composición general.

Tabla 11. Determinaciones realizadas en cada día de muestreo

Día	Muestreo	Minerales	Volátiles	Composición química
0	0	X	X	X
7	1			X
14	2	X	X	X
30	3	X	X	X

3.3 Análisis de compuestos volátiles de la leche

Micro extracción en fase sólida: La leche se almacenó en congelación a -23°C hasta su análisis. La leche fue llevada hasta 40°C en dos fases: en primer lugar, dentro de la nevera hasta su descongelación, y posteriormente en baño de agua hasta 40°C.

Se siguió el procedimiento de Tunick *et al.* (2013) para la microextracción en fase sólida. Se utilizaron viales SUPELCO de 40 mL de vidrio SIGMA-ALDRICH (23188) con cierre con septum de poli(tetrafluoroetileno)/silicona en los cuales se añadían 4 g de sal, 15 mL de la muestra de leche y 10 µL de una disolución de 2-metil-3-heptanona (100 ppm de concentración) la cual se utiliza como patrón interno. La muestra se calentó hasta los 40°C y se sometió a agitación continua durante la exposición de la fibra por un tiempo de 50 minutos.

Se utilizó una de 2-cm, 50/30- μ m de espesor DVB/Carboxen/PDMS Stableflex/SS SPME (SUPELCO) se expuso en el espacio de cabeza del vial durante 50 minutos. Transcurrido este tiempo la fibra se inyectó en el cromatógrafo (Shimadzu CG - 17^a/ GCMS - QP5050) donde se dejó desorber durante 3 minutos en el inyector a 250°C. El equipo estaba equipado con una columna Rxi-1301 Sil MS de 30-m, 0,25-mm i.d., 1- μ m de espesor equipado con un detector espectrómetro de masas (datos del equipo) para identificar los compuestos volátiles. El gas portador utilizado fue el helio y la temperatura del programa fue la siguiente: 40°C mantenidos durante dos minutos con una rampa de 10°C/min hasta alcanzar 200°C que se mantuvieron durante 10 minutos. A continuación, se ejecutó un programa de limpieza a 300°C. Los picos de los cromatogramas se identificaron por comparación con sustancias de referencia en algunos casos y por la comparación con los espectros de la librería Wiley.

3.4 Análisis estadístico

Se analizó la relación del contenido mineral (Ca, K, P, Na, S, Mg, Zn, Fe, B, Mn, Ni, Mo, Se, Cu, Cr, Sn, As, Sb, Pb, Hg, Cd) y macro-composición (grasa, proteína bruta, proteína verdadera, caseína, proteína suero, lactosa, materia seca, extracto seco magro y cenizas) con el tratamiento (3 niveles: testigo, brácteas de alcachofa, planta de alcachofa), el nivel de inclusión en la ración (3 niveles: preexperimental (sin subproducto), 12.5% y 25%), y la interacción del tratamiento con el nivel de inclusión, mediante un análisis de varianza (Proc. GLM, SAS v 9.2., 2012).

En el experimento de 2016 se analizó la relación del contenido mineral (Ca, K, P, Na, S, Mg, Zn, Fe, B, Mn, Ni, Mo, Se, Cu, Cr, Sn, As, Sb, Pb, Hg, Cd) y los compuestos volátiles (2-propanona, DMS, 2-butanona, etil acetato, ácido acético, 3-metilbutanal, 2-metilbutanal, 2-pentanona, ácido pentanoico, 2-heptanona, 3- metil propanoato, ácido butanoico, ácido hexanoico, i-limoneno, 2-nonanona, nonanal, etil octanoato, ácido caprílico, 4-octanona) con el tratamiento (10 niveles), el muestreo (3 niveles: preexperimental (sin subproducto), 3 semanas tras inicio de raciones y 4 semanas tras inicio de raciones), y la interacción del tratamiento con el muestreo, mediante un análisis de varianza (Proc. GLM, SAS v 9.2., 2012).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación vamos a exponer los resultados por orden cronológico, experimento de 2015-2016, y una vez finalizado se exponen los de 2016.

4.1 Estudio a largo plazo 2015-2016

La composición mineral de la leche es algo de vital importancia tanto por los beneficios que aporta como por el interés tecnológico que tienen algunos minerales, como es el caso del calcio y del fósforo, que participan activamente en la coagulación y en la formación de caseína (DGPA, 2005), y en el equilibrio del mantenimiento de la leche líquida. Estos minerales adquirieron una vital importancia en la producción de quesos y derivados lácteos.

A continuación, se presentan la tabla de composición de la leche y los resultados de la composición mineral de la leche de cabra sometida a diferentes dietas con inclusión de dos tipos de subproductos derivados de la alcachofa, las brácteas y la planta de alcachofa.



Tabla 12. Tabla de composición de la leche empleada en este estudio en %

%	G	PB	PV	CAS	PS	LAC	MS	ESM	CZ
Testigo									
Preexp.	4,376 ± 0,74	3,914 ± 0,21	3,616 ± 0,19	3,067 ± 0,16	0,549 ± 0,03	3,917 ± 0,05	12,849 ± 0,85	8,994 ± 0,23	0,642 ± 0,06
12,5%	5,777 ± 0,28	4,329 ± 0,08	3,982 ± 0,07	3,454 ± 0,06	0,528 ± 0,01	4,207 ± 0,02	14,769 ± 0,32	9,650 ± 0,09	0,456 ± 0,02
25%	5,615 ± 0,37	4,365 ± 0,11	4,014 ± 0,09	3,498 ± 0,08	0,517 ± 0,02	4,310 ± 0,03	14,758 ± 0,43	9,818 ± 0,11	0,468 ± 0,03
Bráceas									
Preexp.	4,862 ± 0,74	3,705 ± 0,21	3,431 ± 0,19	2,919 ± 0,16	0,512 ± 0,03	3,879 ± 0,05	13,079 ± 0,85	8,768 ± 0,23	0,633 ± 0,06
12,5%	5,797 ± 0,28	4,136 ± 0,08	3,812 ± 0,07	3,323 ± 0,06	0,489 ± 0,01	4,227 ± 0,02	14,589 ± 0,32	9,519 ± 0,09	0,429 ± 0,02
25%	5,982 ± 0,33	4,148 ± 0,09	3,822 ± 0,08	3,354 ± 0,07	0,468 ± 0,02	4,322 ± 0,02	14,876 ± 0,38	9,664 ± 0,01	0,424 ± 0,03
Planta									
Preexp.	4,930 ± 0,74	3,812 ± 0,21	3,526 ± 0,19	3,024 ± 0,16	0,501 ± 0,03	3,979 ± 0,05	12,981 ± 0,85	9,000 ± 0,23	0,660 ± 0,06
12,5%	5,821 ± 0,28	4,221 ± 0,08	3,887 ± 0,07	3,376 ± 0,06	0,512 ± 0,01	4,193 ± 0,02	14,699 ± 0,32	9,553 ± 0,09	0,463 ± 0,02
25%	5,014 ± 0,33	4,268 ± 0,09	3,928 ± 0,08	3,398 ± 0,07	0,530 ± 0,02	4,312 ± 0,02	14,030 ± 0,38	9,716 ± 0,10	0,436 ± 0,03

G: Grasa; **PB:** Proteína bruta; **PV:** Proteína verdadera; **CAS:** Caseína; **PS:** Proteína suero; **LAC:** Lactosa; **MS:** Materia seca; **ESM:** Extracto seco magro; **CZ:** Cenizas

Macrominerales

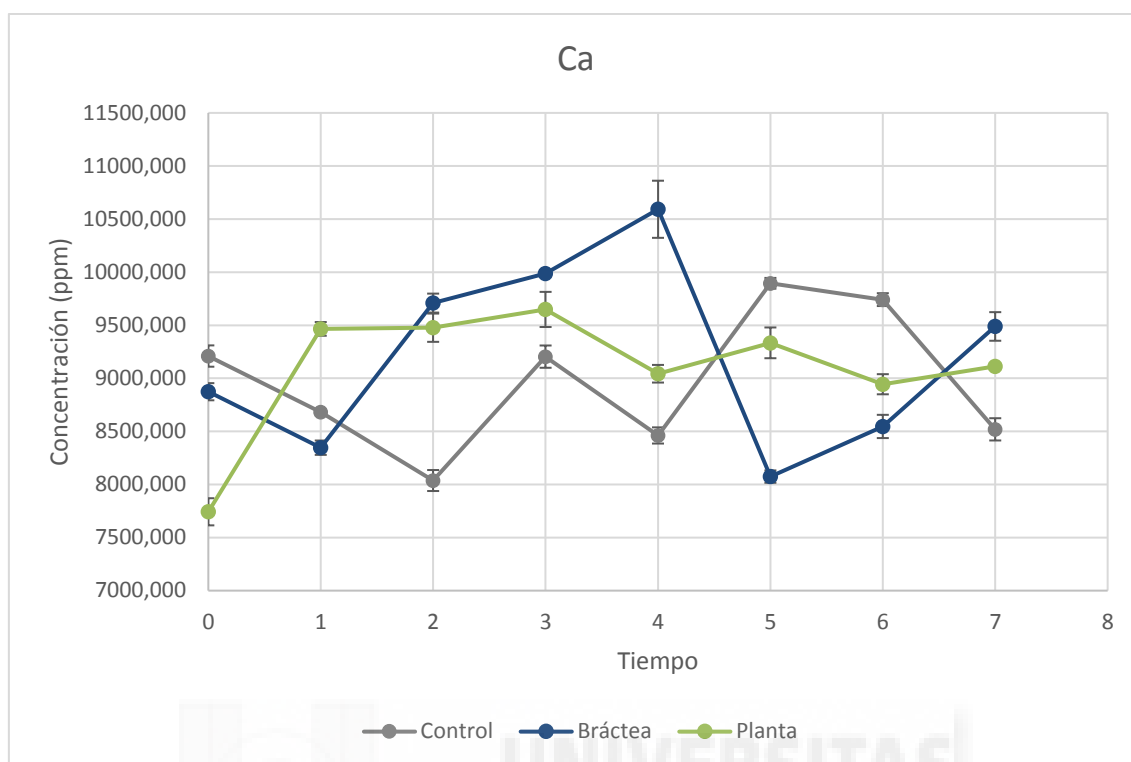


Figura 5. Evolución del contenido en Calcio (ppm en materia seca) a lo largo de la lactación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas control, con inclusión de brácteas y planta de alcachofa.

La exposición de los contenidos en minerales se presentan en dos grupos según su contenido en leche. Consideramos macrominerales a aquellos que son mayoritarios (C, P, K, Na, S, Mg) y que así se clasifican en los textos clásicos de ciencia de la leche, y microminerales al resto de minerales analizados cuyo contenido es mucho menos (ppb).

El calcio es el principal macromineral de la leche, por ello el contenido de este mineral es tan elevado. Su concentración se encuentra entre los 7500 y los 11000 ppm en materia seca (Figura 5), este es un valor que corresponde con el obtenido por otros autores, que obtuvieron un contenido en calcio de 10360 ppm (Fresno *et al.*, 2011). Es un mineral que, en líneas generales, su concentración se mantiene bastante estable a lo largo de toda la lactación. Dada su importancia nutricional en el crecimiento, es importante que el contenido de este mineral se mantenga estable y no tenga grandes bajadas de concentración que podrían provocar un desarrollo que no fuera óptimo.

En la Figura 5 se aprecia que en la leche del lote control y del alimentado con planta de alcachofa evolucionan de forma similar, sin embargo, las leches de animales alimentados con las brácteas tienen mayores oscilaciones a media lactación.

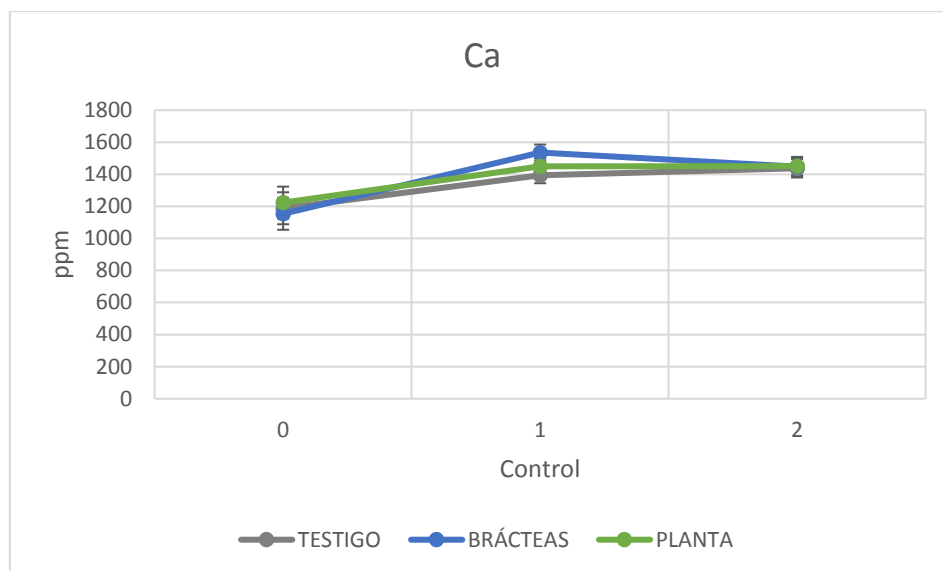


Figura 5-a. Contenido en Calcio (ppm en leche) en leche de cabra murciano-granadina en función de la alimentación (0: testigo preexperimental, 1: 12,5% de inclusión de subproductos y 2: 25% de inclusión de subproductos de brácteas y planta de alcachofa).

El calcio de la leche fresca tiene una gran relevancia tecnológica ya que, afecta en gran medida en la formación de caseína por acidificación de la leche (DGPA, 2005). El contenido se movió en torno a 1000 y 1600 ppm (Figura 5-a). Un dato que corresponde con el obtenido por otros autores que obtuvieron una media de 1350 ppm (Chacón, 2005), de 1060 ppm (Mellado y García, 2013) y de 1030 ppm (Zervas y Tsiplakou, 2011). Este es un dato relevante ya que, en el análisis de datos por bloque respecto a materia húmeda, se puede apreciar que el contenido de calcio aumenta ligeramente a media lactación y se mantiene estable durante la última etapa de ésta, aunque no hubo diferencias significativas entre los tres tipos de leche.

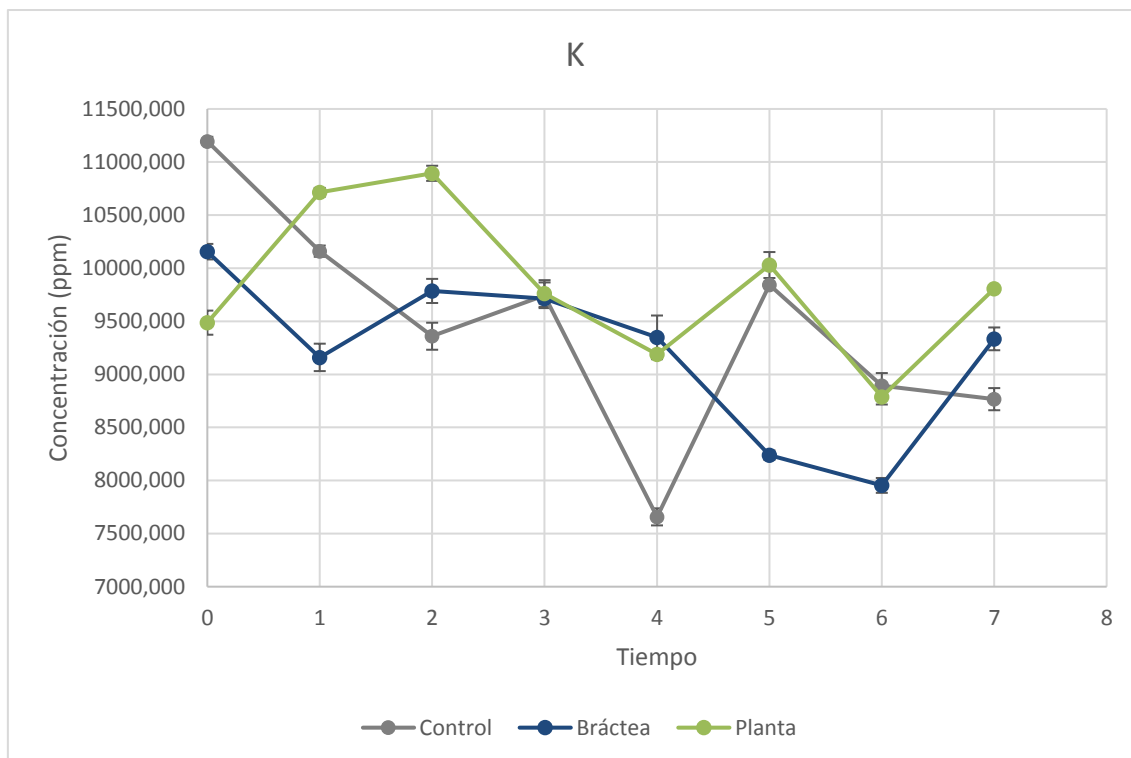


Figura 6. Evolución del contenido en Potasio (ppm en materia seca) a lo largo de la lactación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas control, con inclusión de brácteas y planta de alcachofa.

La concentración de potasio se movió en torno a 7500-11200 ppm en materia seca (Figura 6). Este es uno de los macrominerales principales de la leche tal y como se aprecia en la concentración tan elevada de este mineral, sin embargo, otros autores obtuvieron una concentración media de potasio de 14800 ppm (Chacón, 2005) en leche de cabra, un valor muy por encima del obtenido en este estudio. Se evidencia una tendencia a la baja de este mineral a lo largo de la lactación, la cual es menos acusada en el caso de los animales alimentados con subproductos de planta de alcachofa.

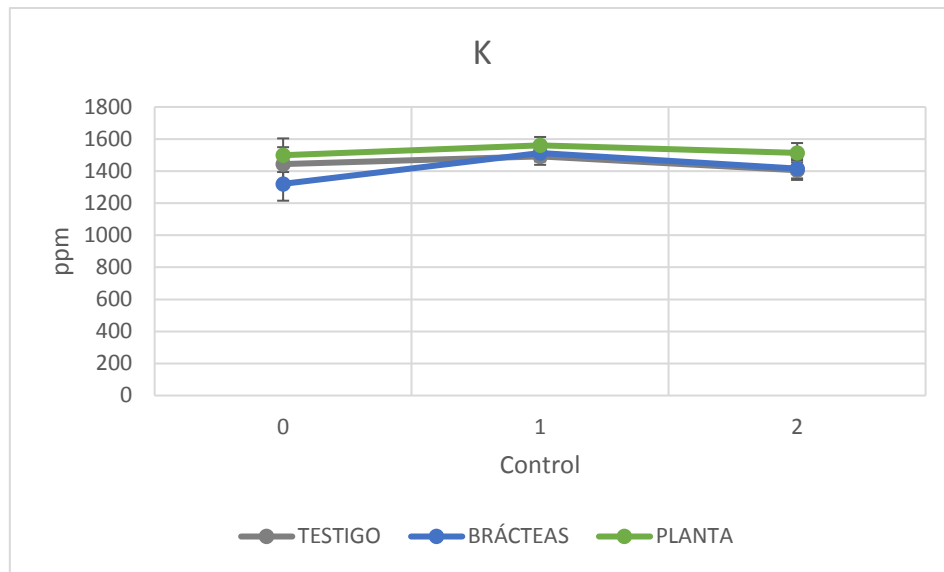


Figura 6-a. Contenido en Potasio (ppm en leche) en leche de cabra murciano-granadina en función de la alimentación (0: testigo preexperimental, 1: 12,5% de inclusión de subproductos y 2: 25% de inclusión de subproductos de brácteas y planta de alcachofa).

Cuando se analizan los datos en bloque respecto a materia húmeda, no se evidencian diferencias significativas entre los tres tipos de leche (Figura 6-a).

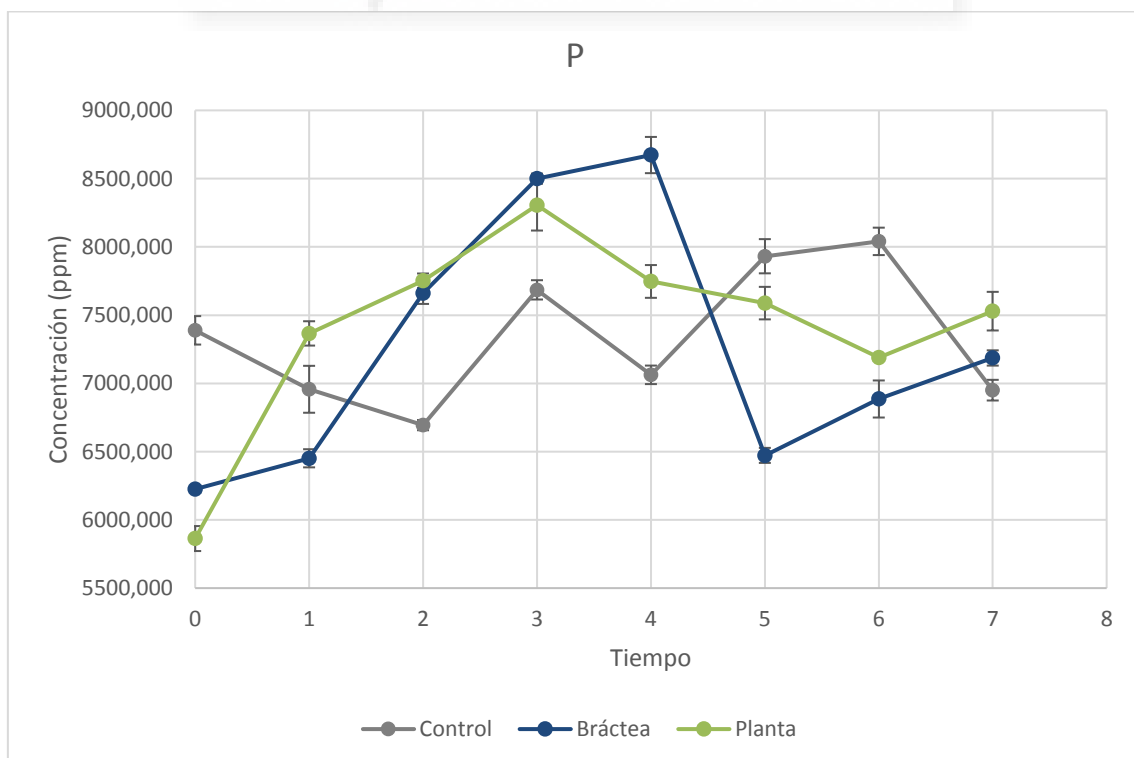


Figura 7. Evolución del contenido en Fósforo (ppm en materia seca) a lo largo de la lactación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas control, con inclusión de brácteas y planta de alcachofa.

La concentración de fósforo se encuentra entre los 6000 y los 9000 ppm, aunque la mayoría de los valores se encuentran entre 6500 y 8000 ppm, el valor medio de fósforo en leche de cabra se sitúa alrededor de los 8000 ppm (FEN 2016). Respecto a la tendencia general de evolución a lo largo de la lactación, se aprecia una tendencia en forma de U invertida, de modo que su contenido aumenta a mitad de la lactación y desciende hacia el final de la misma. EL contenido en fósforo de la leche es de vital importancia debido a su importancia tecnológica, junto con el calcio, formando el fosfato cálcico y modificando la capa superficial de las micelas (Ramírez-Navas, 2009).

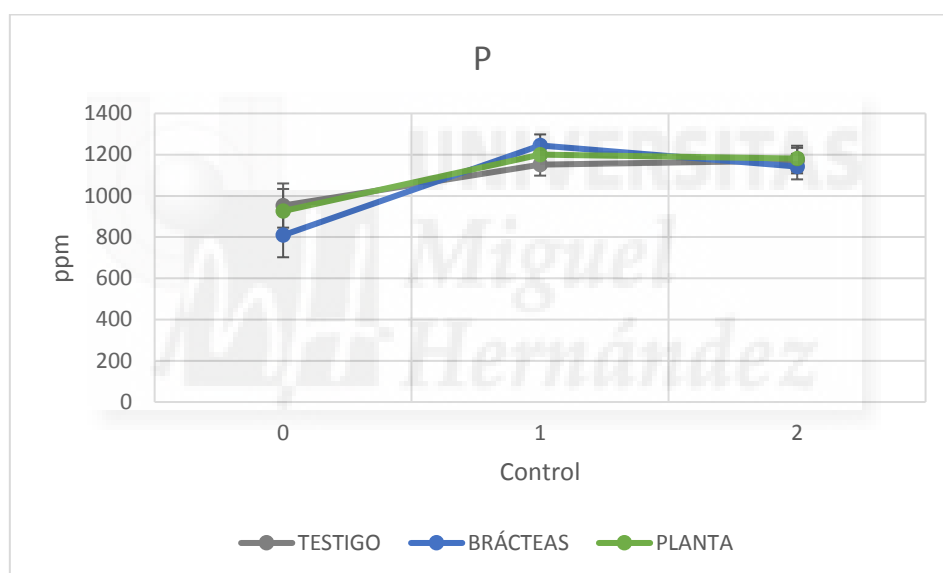


Figura 7-a. Contenido en Fósforo (ppm en leche) en leche de cabra murciano-granadina en función de la alimentación (0: testigo preexperimental, 1: 12,5% de inclusión de subproductos y 2: 25% de inclusión de subproductos de brácteas y planta de alcachofa).

Aunque en la gráfica con los valores expresados en materia seca pueda parecer que existen diferencias significativas, los valores expresados en materia húmeda y agrupados en bloque (Figura 7-a), se evidencia que no existen diferencias significativas entre el contenido en fósforo de los diferentes lotes ensayados.

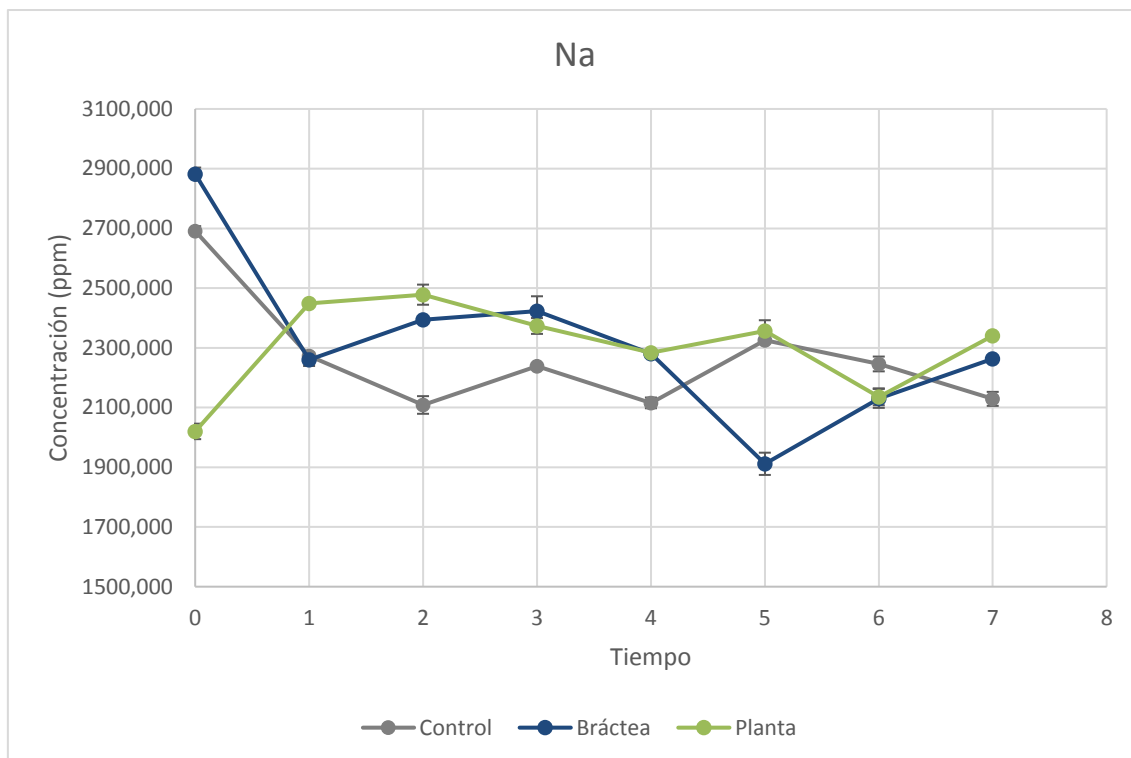


Figura 8. Evolución del contenido en Sodio (ppm en materia seca) a lo largo de la lactación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas control, con inclusión de brácteas y planta de alcachofa.

El sodio (Figura 8), es un un macromineral de la leche. Otros autores han obtenido una concentración de 3500 ppm de sodio (Chacón, 2005), un valor por encima del obtenido en este estudio. La concentración de sodio se situó entre 1900 y 2900 ppm, aunque la mayoría de los valores se encontraron entre 2100 y 2500 ppm. Estos valores se mantuvieron bastante estables durante toda la lactación.

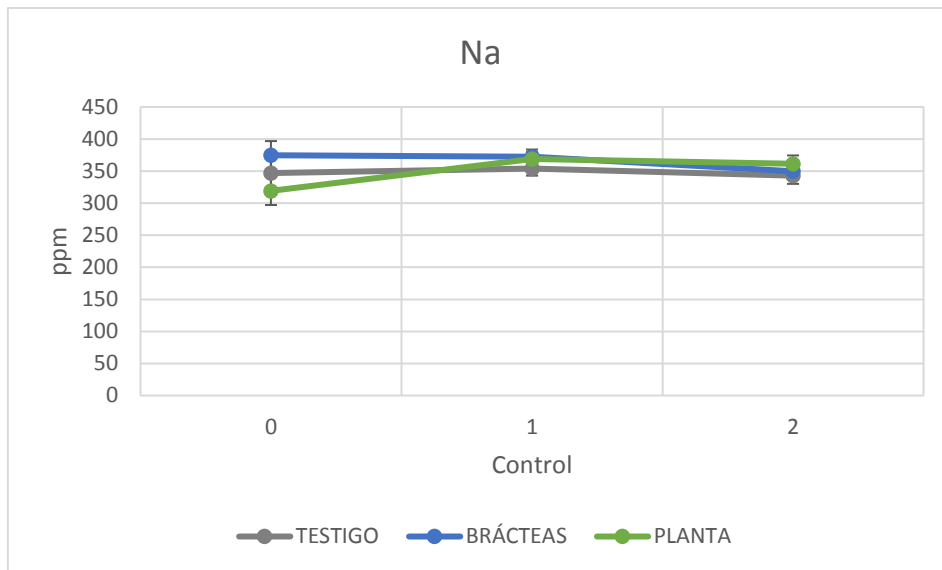


Figura 8-a. Contenido en Sodio (ppm en leche) en leche de cabra murciano-granadina en función de la alimentación (0: testigo preexperimental, 1: 12,5% de inclusión de subproductos y 2: 25% de inclusión de subproductos de brácteas y planta de alcachofa).

Si bien el contenido en sodio expresado en materia seca puede dar la impresión de que existen diferencias significativas, cuando se analizan en bloque no se evidencian dichas diferencias (Figura 8-a).

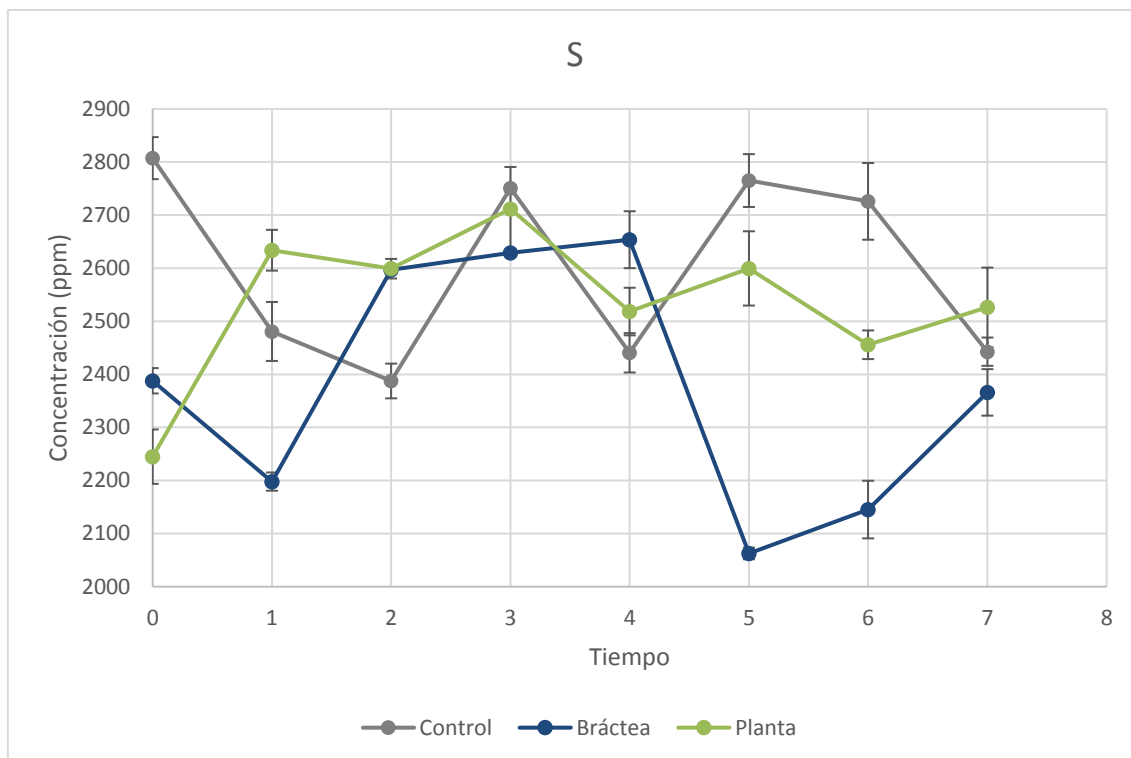


Figura 9. Evolución del contenido en Azufre (ppm en materia seca) a lo largo de la lactación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas control, con inclusión de brácteas y planta de alcachofa.

La concentración de azufre estuvo en torno a 2050 y 2800 ppm en materia seca aproximadamente (Figura 9). Como en el caso del fósforo, se aprecia una tendencia general en forma de U invertida, la cual es más pronunciada en el caso de la leche alimentada con brácteas, que aumentan desde 2200 ppm hasta unos 2600 ppm desde el muestreo 1 hasta el muestreo 2, que se mantiene estable hasta el muestreo 5, en el que se aprecia una gran bajada de la concentración de este mineral. Sin embargo, se evidencia que la inclusión de planta de alcachofa en la dieta no produce grandes cambios significativos en el contenido de azufre.

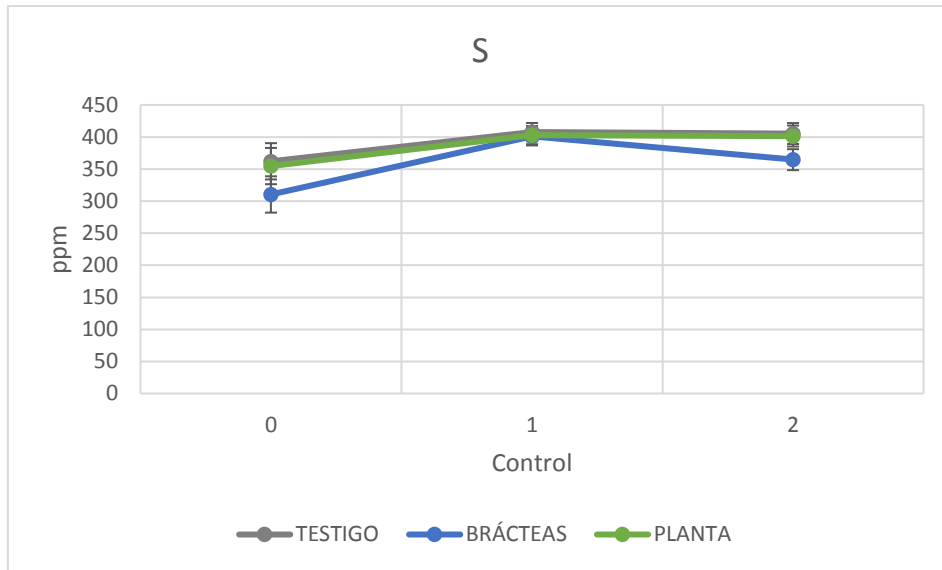


Figura 9-a. Contenido en Azufre (ppm en leche) en leche de cabra murciano-granadina en función de la alimentación (0: testigo preexperimental, 1: 12,5% de inclusión de subproductos y 2: 25% de inclusión de subproductos de brácteas y planta de alcachofa).

En cuanto a los valores expresados en bloque respecto a materia húmeda, se evidencia que las brácteas se encuentran significativamente por debajo cuando el contenido de inclusión en la dieta es del 25%.

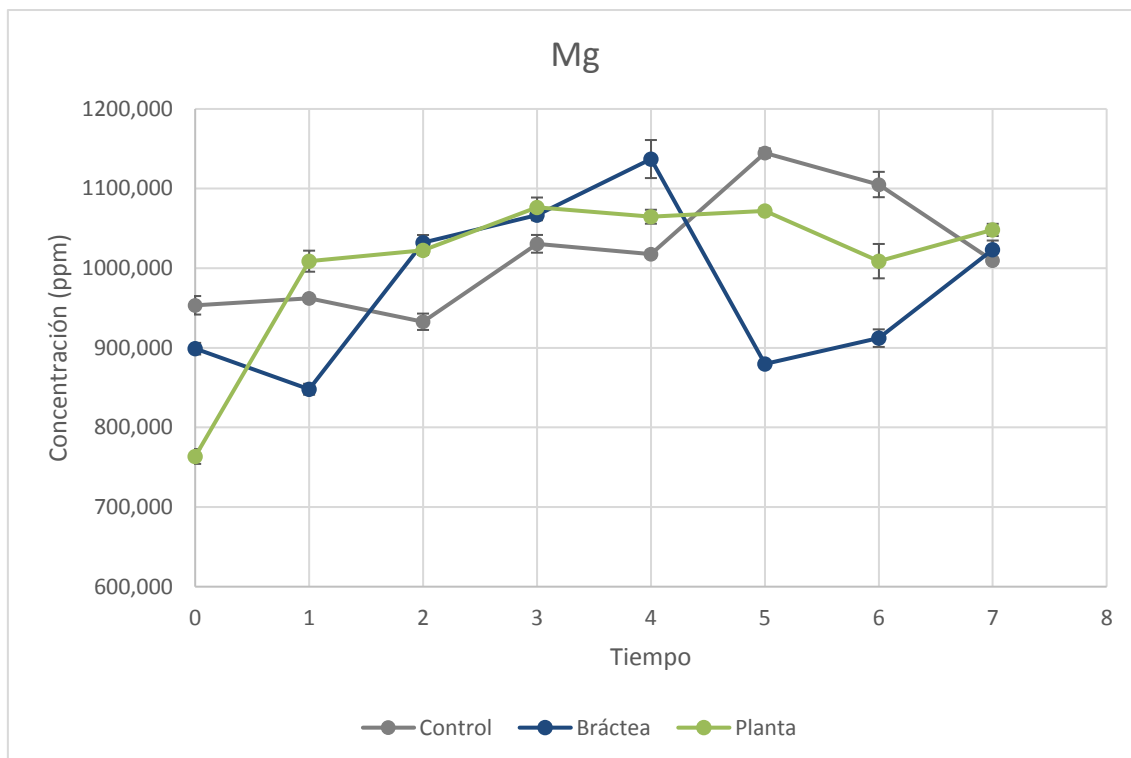


Figura 10. Evolución del contenido en Magnesio (ppm en materia seca) a lo largo de la lactación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas control, con inclusión de brácteas y planta de alcachofa

La concentración de magnesio (Figura 10) se movió en torno a los 750 y los 1150 ppm en materia seca. Estos son valores que coinciden con los valores que han obtenido otros autores, los cuales han obtenido un contenido en magnesio de 952 ppm (Sanz *et al.*, 2009). Se aprecia que los valores de magnesio tienen una ligera tendencia a aumentar a lo largo de la lactación, además, se puede apreciar que no existen diferencias significativas entre el control y los otros dos tipos de leche.

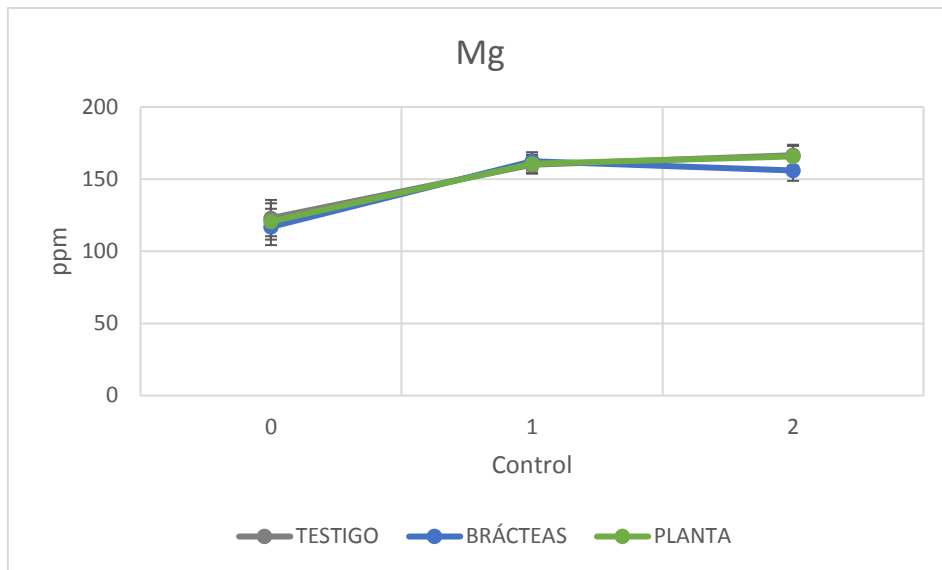


Figura 10-a. Contenido en Magnesio (ppm en leche) en leche de cabra murciano-granadina en función de la alimentación (0: testigo preexperimental, 1: 12,5% de inclusión de subproductos y 2: 25% de inclusión de subproductos de brácteas y planta de alcachofa).

Respecto a la concentración de magnesio sobre 100 ml de leche con los resultados agrupados en bloque (Figura 10-a), se confirma que, como se muestra en la tabla anterior, no existen diferencias significativas.

Microminerales

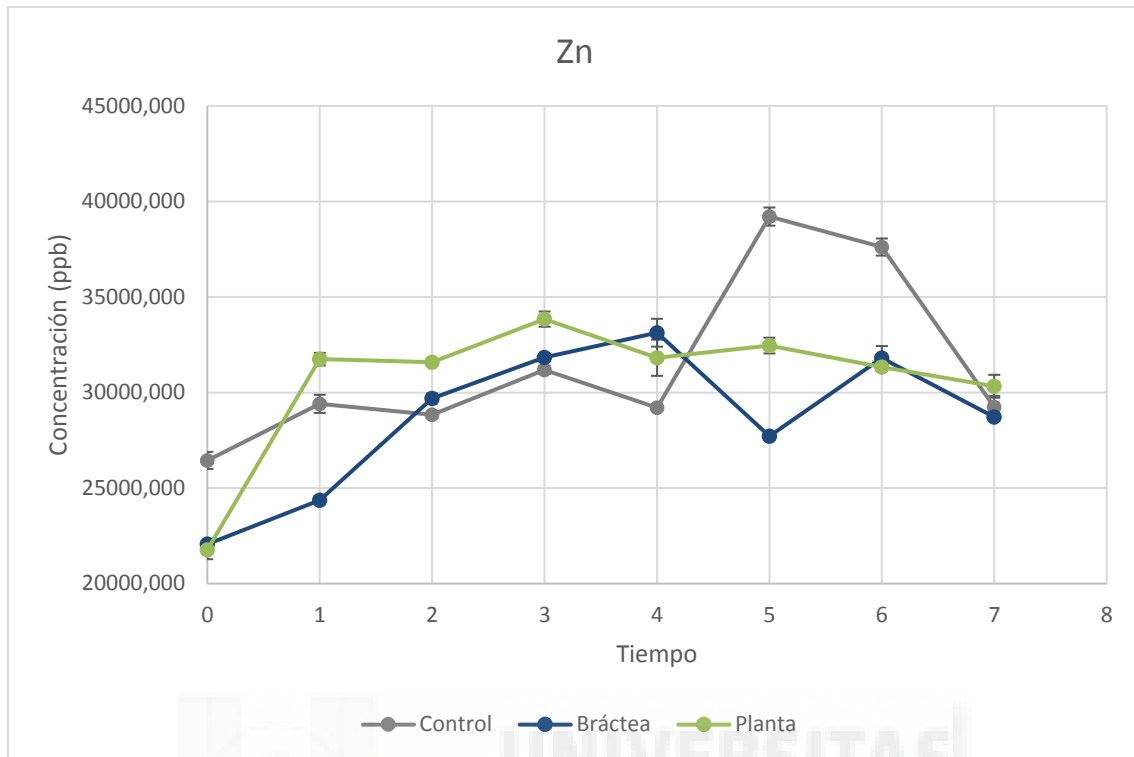


Figura 11. Evolución del contenido en Zinc (ppb en materia seca) a lo largo de la lactación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas control, con inclusión de brácteas y planta de alcachofa.

El contenido en zinc se movió en torno a 20000 y 40000 ppb, es un dato que coincide con el obtenido por otros autores, que obtuvieron una cantidad de zinc cercana a los 38900 ppb (Sanz *et al.*, 2009). Se aprecia una tendencia al alza en cuanto a la concentración de zinc, que va aumentando a medida que se acerca el final de la lactación.

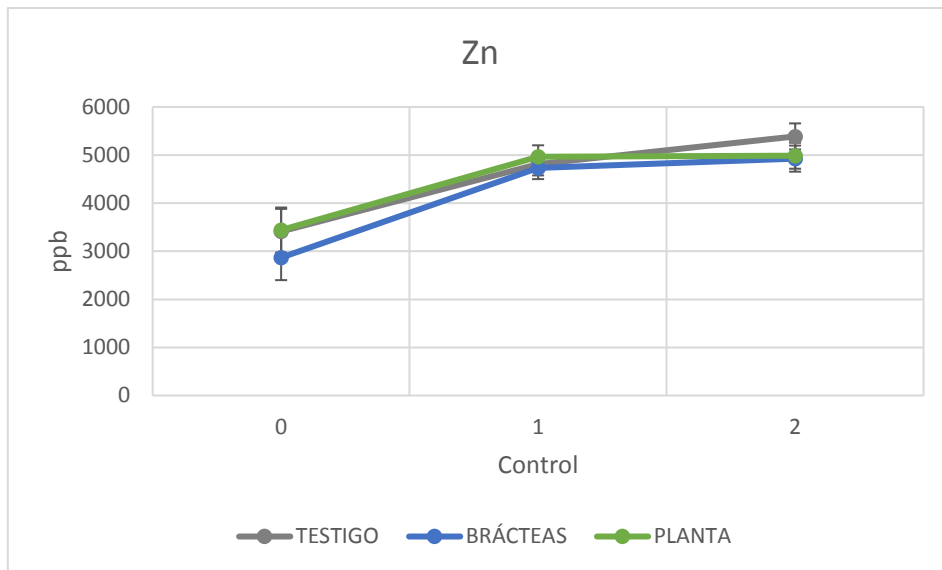


Figura 11-a. Contenido en Zinc (ppb en leche) en leche de cabra murciano-granadina en función de la alimentación (0: testigo preexperimental, 1: 12,5% de inclusión de subproductos y 2: 25% de inclusión de subproductos de brácteas y planta de alcachofa).

En el análisis en bloque se evidencia que la concentración de zinc aumenta con el tiempo a medida que pasa la lactación. En este caso no se aprecian diferencias significativas respecto al contenido de zinc en las muestras de las diferentes leches.

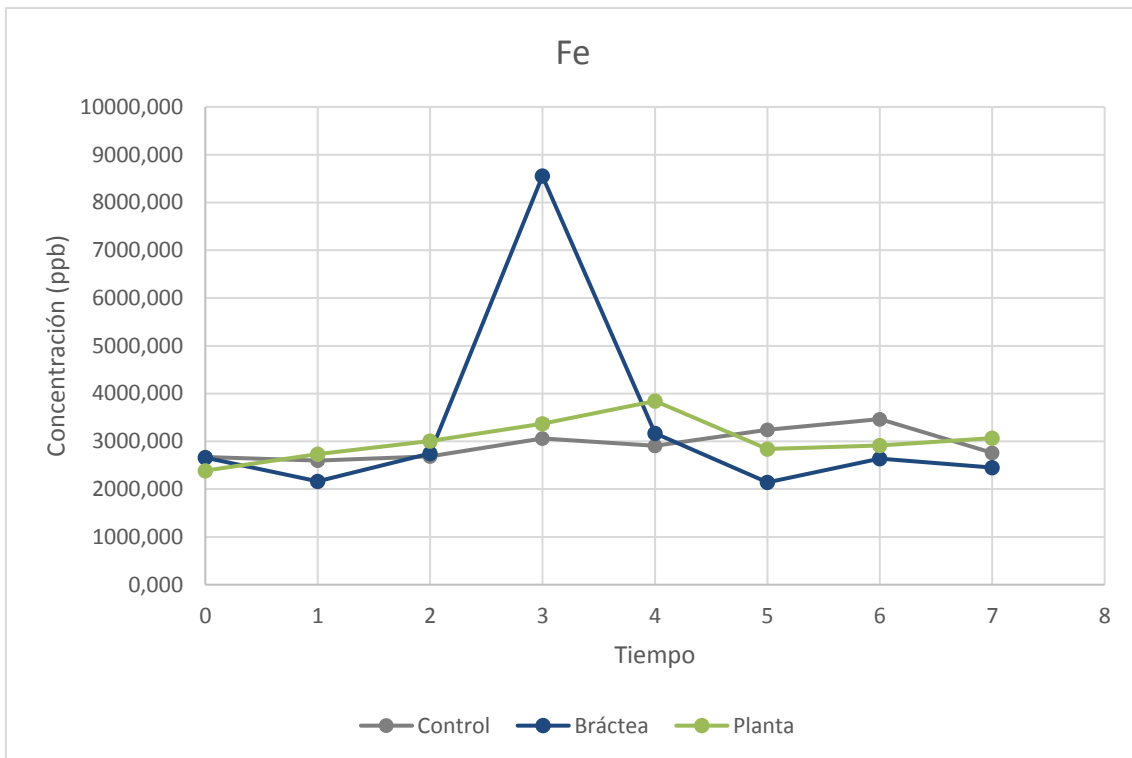


Figura 12. Evolución del contenido en Hierro (ppb en materia seca) a lo largo de la lactación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas control, con inclusión de brácteas y planta de alcachofa.

La concentración de hierro se movió en torno a 2000 y 4000 ppb, exceptuando un valor perteneciente a Bráctea, el cual se disparó hasta los 8550 ppb, aunque estos datos se encuentran por debajo de los obtenidos por otros autores, los cuales obtuvieron un contenido en hierro de 11000 ppb (Sanz *et al.*, 2009). Se evidencia que la concentración se mantuvo prácticamente estable durante toda la lactación. No se encontraron grandes diferencias entre las tendencias de los tres tipos de leches ensayadas.

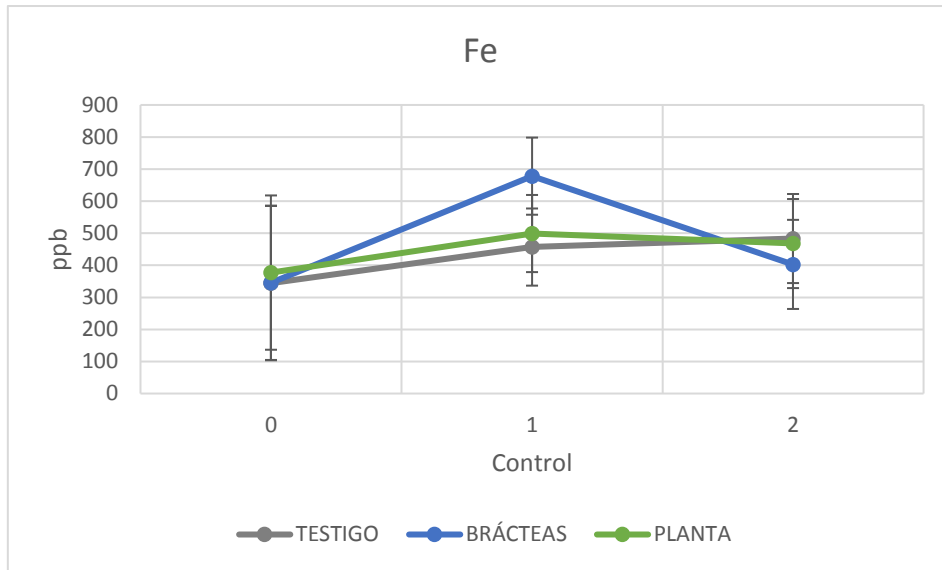


Figura 12-a. Contenido en Hierro (ppb en leche) en leche de cabra murciano-granadina en función de la alimentación (0: testigo preexperimental, 1: 12,5% de inclusión de subproductos y 2: 25% de inclusión de subproductos de brácteas y planta de alcachofa).

En cuanto al análisis en bloque de hierro, tampoco se evidenciaron cambios significativos respecto a los efectos de diferentes dietas en la leche.

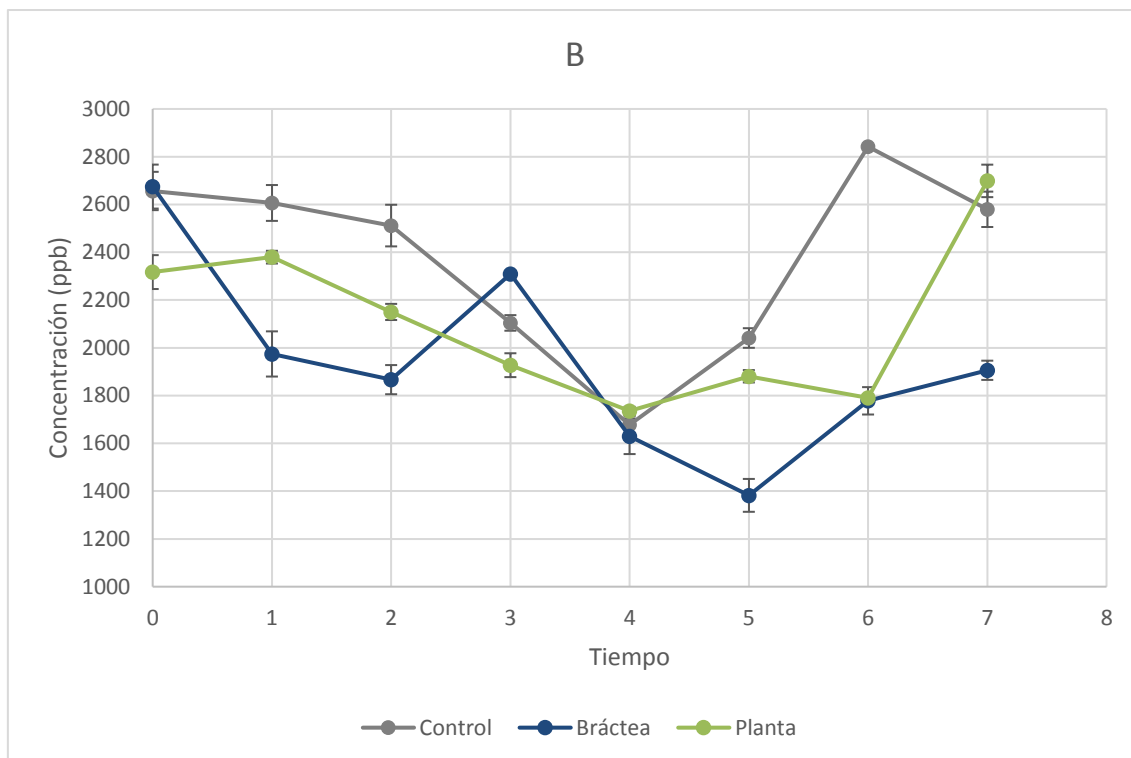


Figura 13. Evolución del contenido en Boro (ppb en materia seca) a lo largo de la lactación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas control, con inclusión de brácteas y planta de alcachofa

La concentración de boro se movió en torno a 1400-2800 ppb (Figura 13). Se puede apreciar una tendencia general a un gráfico en forma de U, de modo que los valores descienden desde el inicio hasta media lactación para aumentar de nuevo al final de la lactación.

La mayoría de los valores se concentran entre 1800 y 2600 ppb, aunque al ser una concentración muy baja, obtenida en partes por billón, las diferencias observadas pueden no ser relevantes.

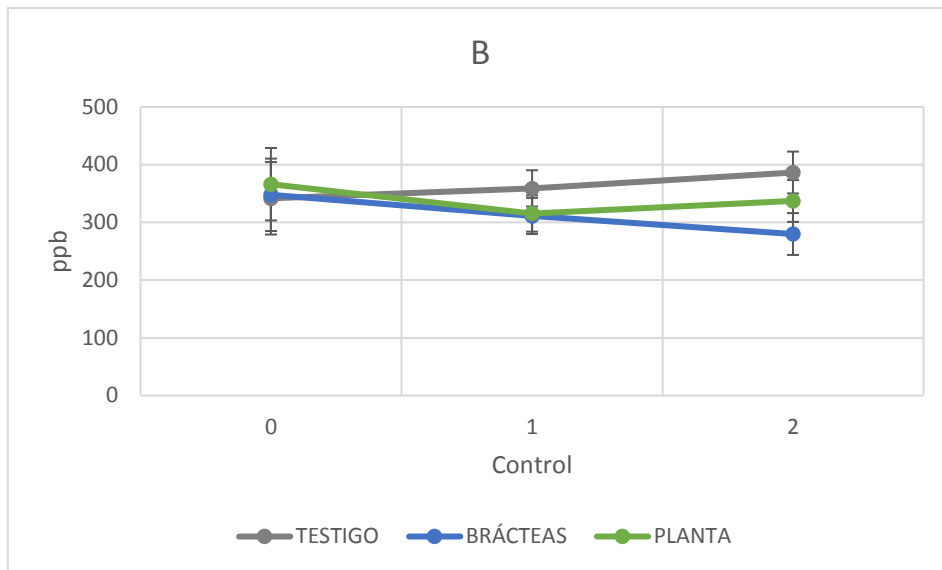


Figura 13-a. Contenido en Boro (ppb en leche) en leche de cabra murciano-granadina en función de la alimentación (0: testigo preexperimental, 1: 12,5% de inclusión de subproductos y 2: 25% de inclusión de subproductos de brácteas y planta de alcachofa).

En la Figura 13-a los resultados de contenido en Boro se han expresado en leche y se han agrupado en 3 bloques. En esta gráfica sí que es evidente que existen evidencias entre el contenido de boro del lote testigo y el lote brácteas. Se aprecian diferencias significativas en la concentración de boro de las leches de los animales alimentados con brácteas y los del preexperimental, aunque el boro no es uno de los minerales más relevantes de la leche y esto carece de relevancia nutricional.

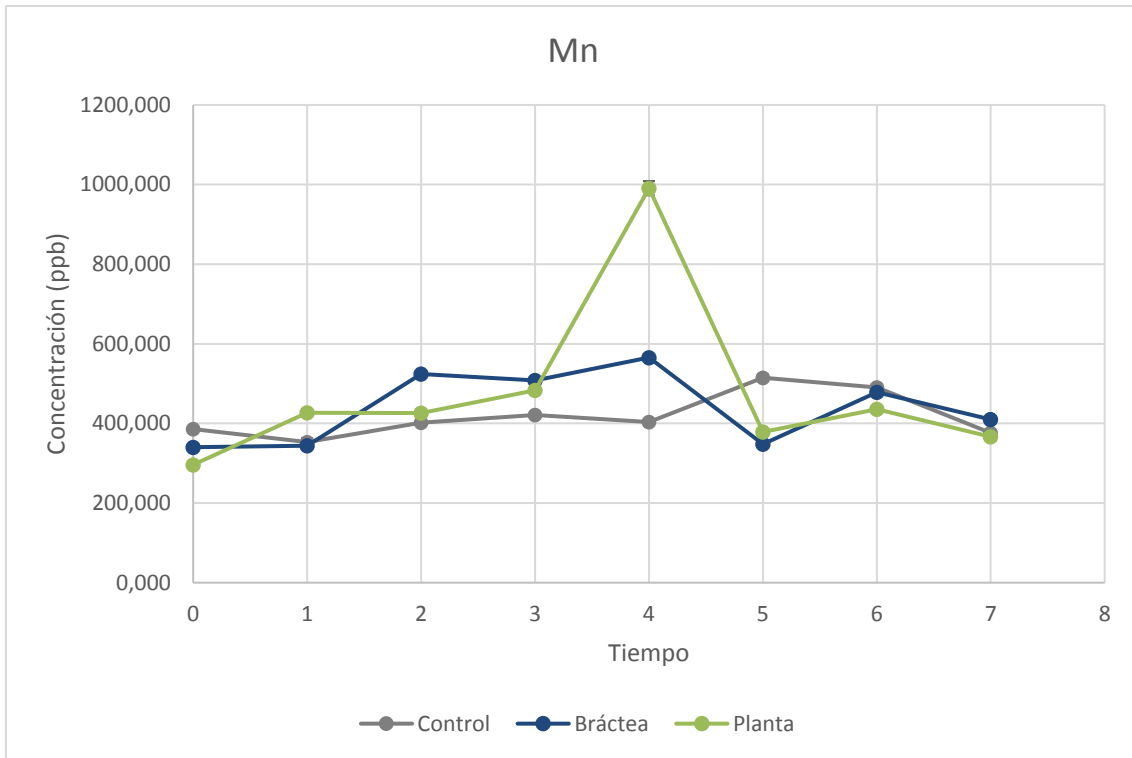


Figura 14. Evolución del contenido en Manganeso (ppb en materia seca) a lo largo de la lactación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas control, con inclusión de brácteas y planta de alcachofa.

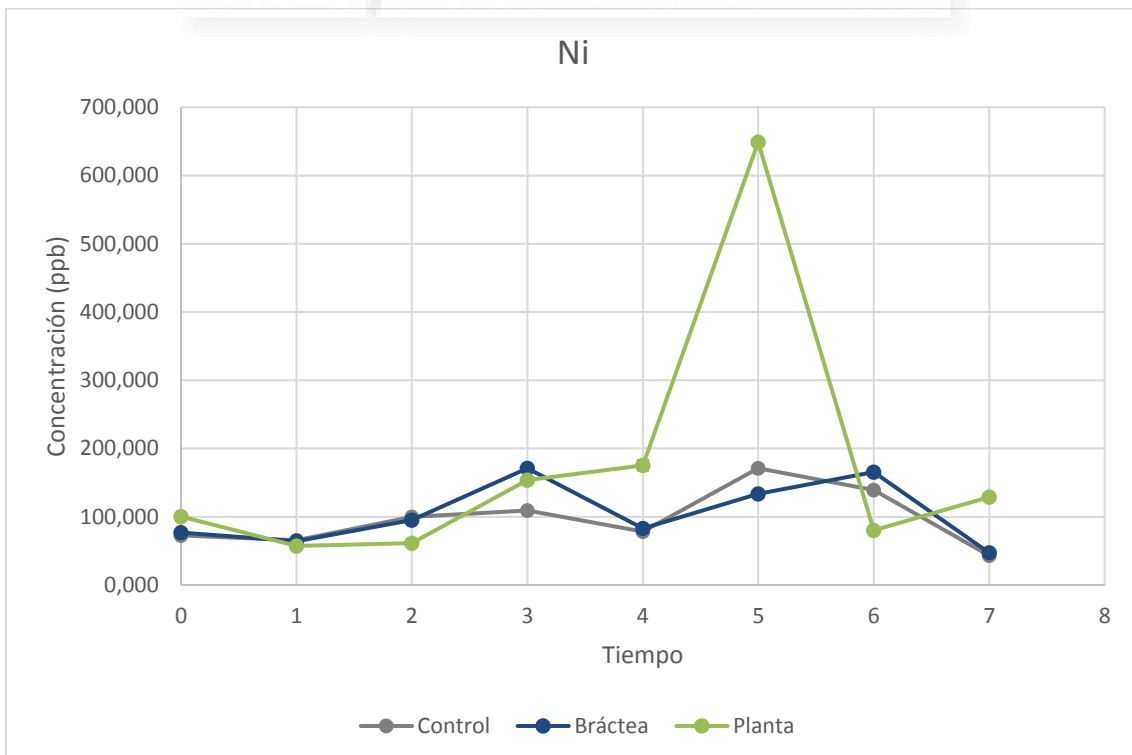


Figura 15. Evolución del contenido en Níquel (ppb en materia seca) a lo largo de la lactación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas control, con inclusión de brácteas y planta de alcachofa.

El manganeso y el níquel son microminerales que se encuentran en pequeña concentración en la leche. Los valores de manganeso se encuentran en torno a 200 y 600 ppb, exceptuando un valor, muy por debajo de los obtenidos por otros autores que se movían en valores con una media de 1300 ppb de manganeso (Chacón, 2005), mientras que los del níquel se mueven en torno a 50 y 200 ppb exceptuando un valor. Ambos son minerales que se mantienen muy estables a lo largo de la lactación y que no presentan grandes diferencias significativas.

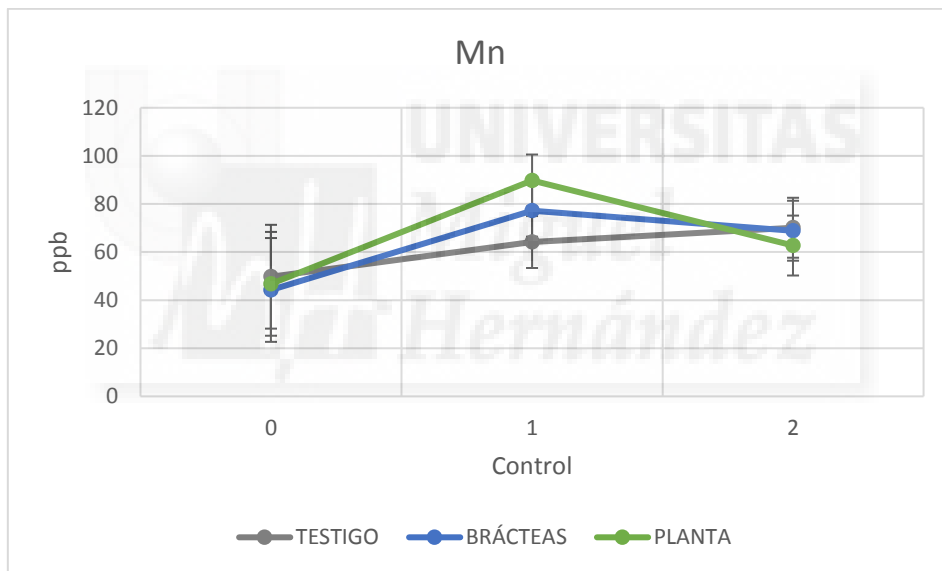


Figura 14-a. Contenido en Manganeso (ppb en leche) en leche de cabra murciano-granadina en función de la alimentación (0: testigo preexperimental, 1: 12,5% de inclusión de subproductos y 2: 25% de inclusión de subproductos de brácteas y planta de alcachofa).

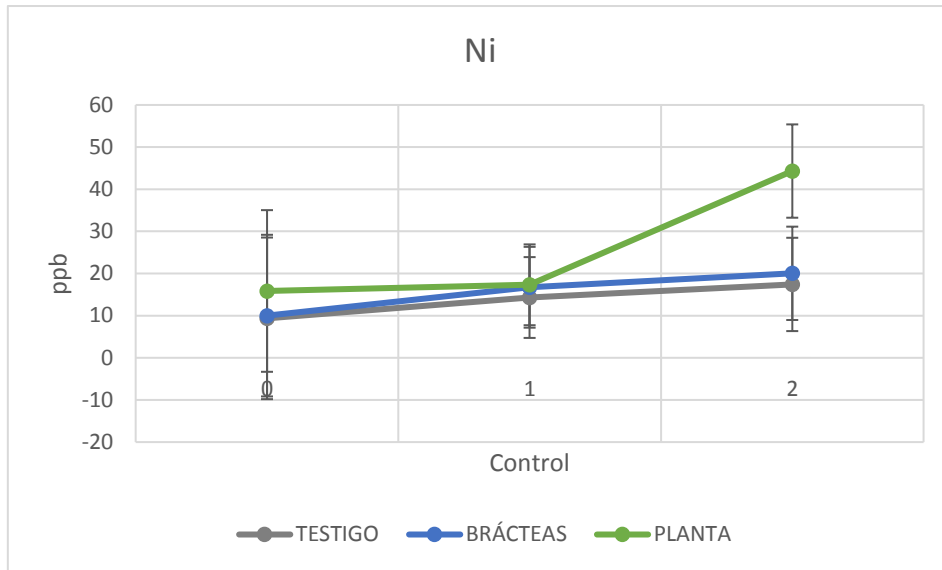


Figura 15-a. Contenido en Níquel (ppb en leche) en leche de cabra murciano-granadina en función de la alimentación (0: testigo preexperimental, 1: 12,5% de inclusión de subproductos y 2: 25% de inclusión de subproductos de brácteas y planta de alcachofa).

En cuanto al análisis en bloque de estos dos minerales, en caso del manganeso, no se evidencian diferencias significativas a diferencia del níquel que al incorporar un 25% de planta de alcachofa a la dieta sí que se muestran ligeras diferencias significativas, aunque al ser valores tan pequeños obtenidos en ppb, los datos no son concluyentes.

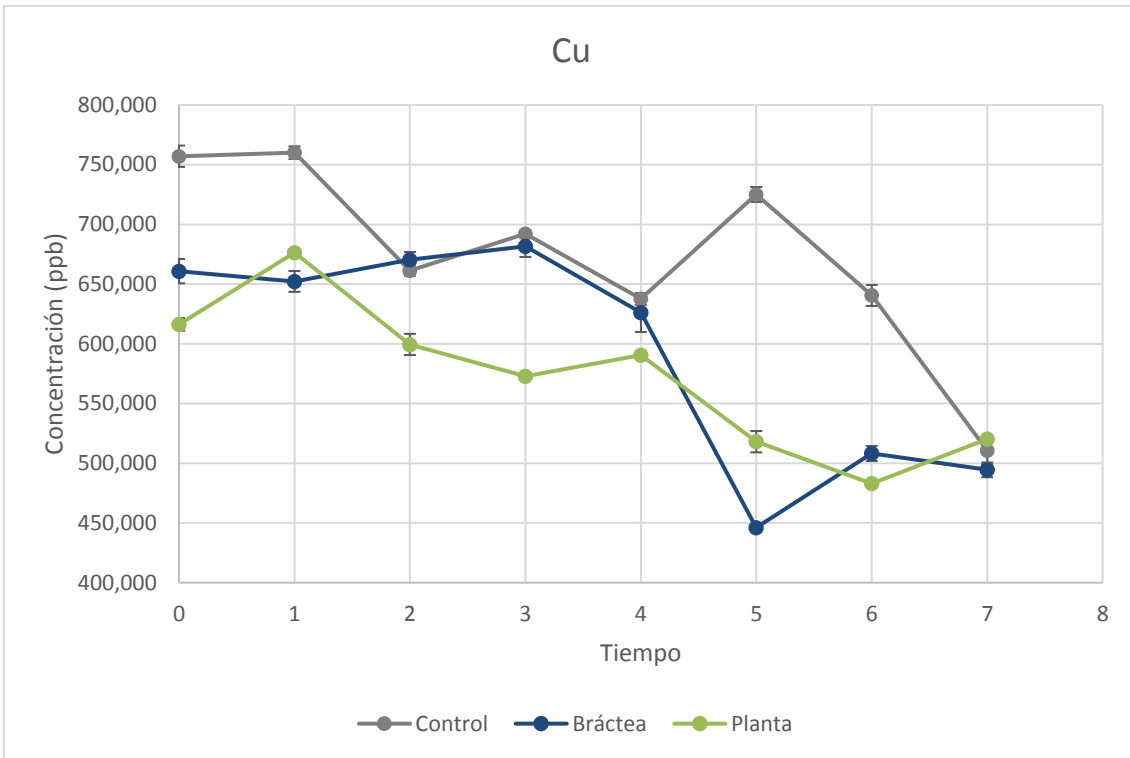


Figura 16. Evolución del contenido en Cobre (ppb en materia seca) a lo largo de la lactación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas control, con inclusión de brácteas y planta de alcachofa.

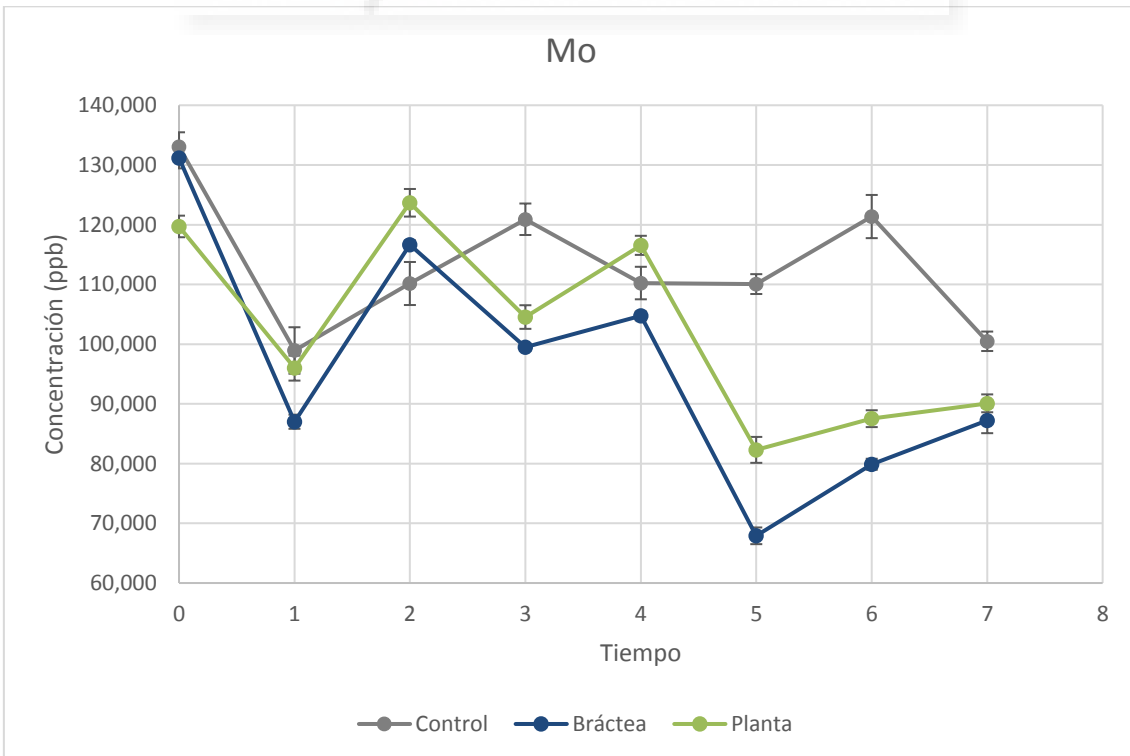


Figura 17. Evolución del contenido en Molibdeno (ppb en materia seca) a lo largo de la lactación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas control, con inclusión de brácteas y planta de alcachofa.

La concentración de molibdeno se movió en torno a 140 y 40 ppb, mientras que la de cobre lo hizo entre los 800 y 450 ppb. Teniendo en cuenta las diferencias cuantitativas en cuanto a concentración de estos minerales en leche de cabra, se aprecia que ambos tienen una tendencia a la baja, en la cual la concentración de estos minerales disminuye prácticamente a la mitad hacia el final de la lactancia en los tres tipos de leches ensayadas. En el cobre al final de la lactancia no se aprecian diferencias significativas del control con respecto a las otras dos leches, sin embargo, el control disminuye su concentración hacia el final de la lactancia, mientras que los otros dos disminuyen a partir del cuarto muestreo. En el caso del molibdeno, se evidencia una diferencia del control respecto a bráctea y a planta, las cuales disminuyeron en mayor medida su contenido en molibdeno que el control, el cual tuvo una disminución menos acusada.

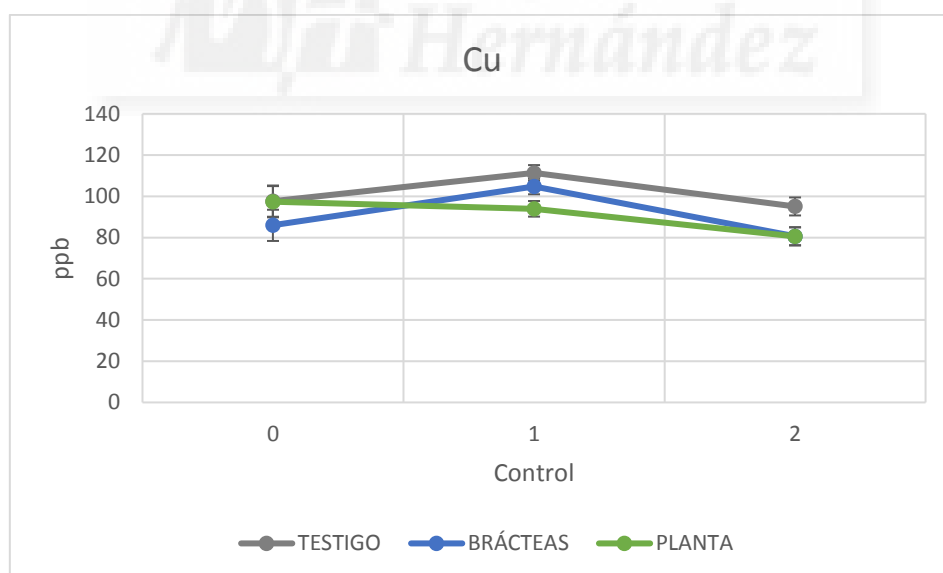


Figura 16-a. Contenido en Cobre (ppb en leche) en leche de cabra murciano-granadina en función de la alimentación (0: testigo preexperimental, 1: 12,5% de inclusión de subproductos y 2: 25% de inclusión de subproductos de brácteas y planta de alcachofa).

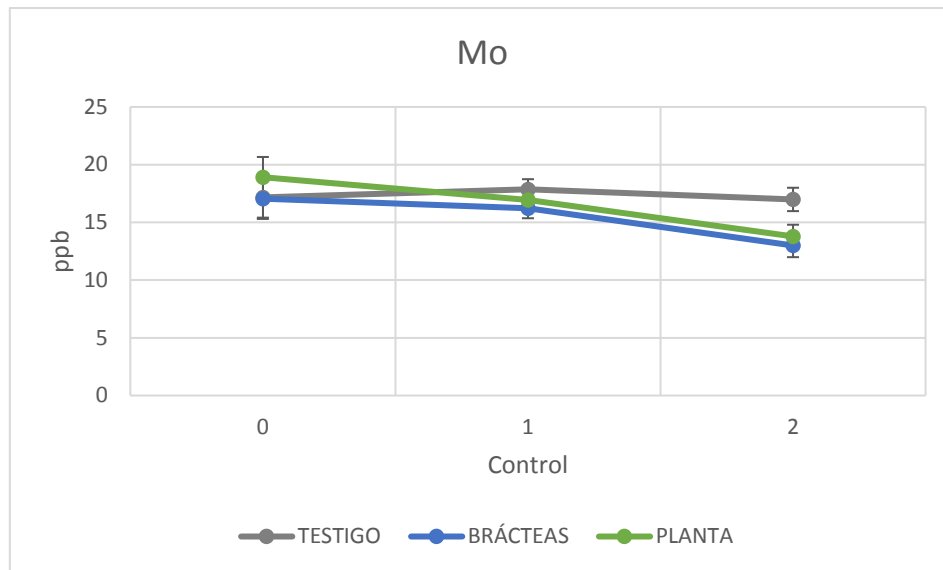


Figura 17-a. Contenido en Molibdeno (ppb en leche) en leche de cabra murciano-granadina en función de la alimentación (0: testigo preexperimental, 1: 12,5% de inclusión de subproductos y 2: 25% de inclusión de subproductos de brácteas y planta de alcachofa).

El análisis en bloque de los resultados evidencia que, para ambos minerales, la disminución de la concentración es significativamente menor en el caso del control que en el caso de bráctea y planta, sobretodo a partir de una inclusión de subproducto del 25%, lo que quiere decir que la inclusión en la dieta de un 25% de subproducto de bráctea y planta de alcachofa reduce el contenido de cobre y de molibdeno en leche de cabra.

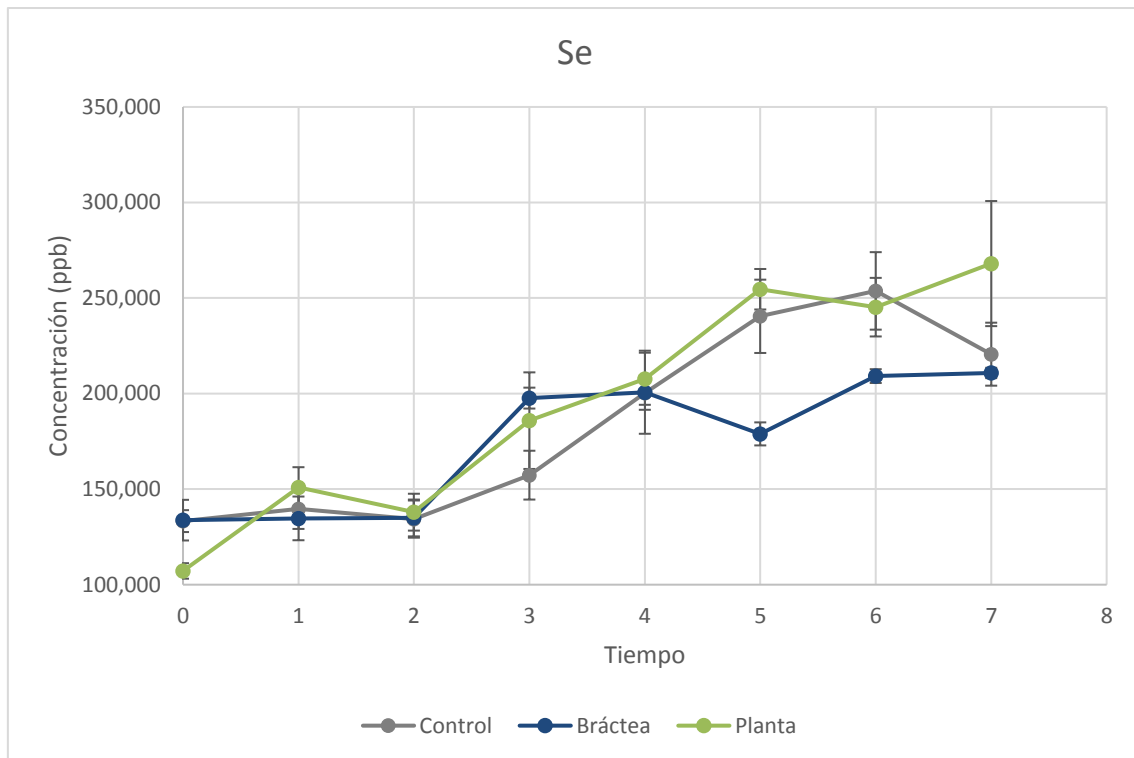


Figura 18. Evolución del contenido en Selenio (ppb en materia seca) a lo largo de la lactación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas control, con inclusión de brácteas y planta de alcachofa.

El contenido de selenio se encontró entre 100 y 300 ppb, este es un dato que se encuentra muy por encima de los obtenidos por otros autores 107 ppb (Chacón, 2005). Para el caso del selenio, no se aprecian diferencias significativas en cuanto al contenido. Se aprecia una tendencia al aumento en este mineral, que aumenta a medida que pasa la lactación. La cantidad de este mineral en la leche no es demasiado abundante.

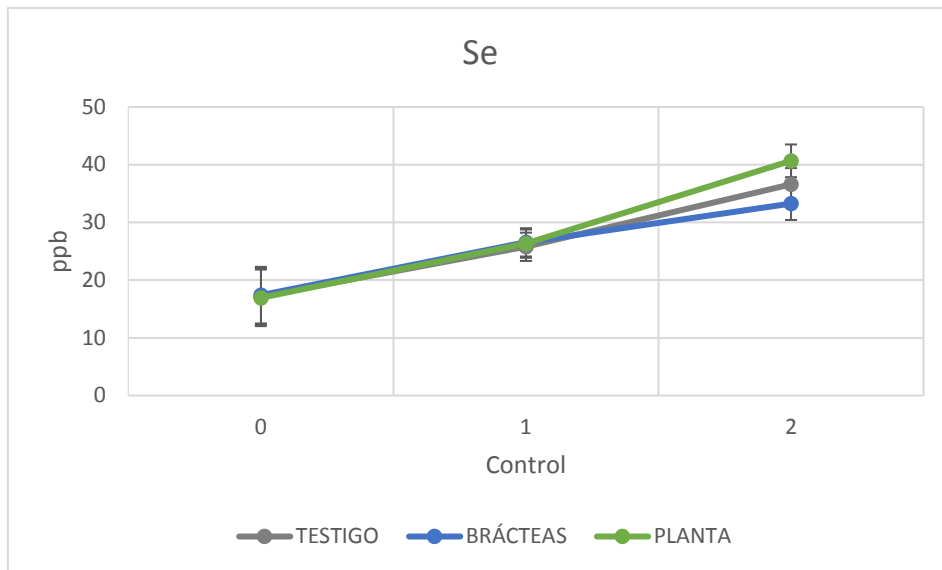


Figura 18-a. Contenido en Selenio (ppb en leche) en leche de cabra murciano-granadina en función de la alimentación (0: testigo preexperimental, 1: 12,5% de inclusión de subproductos y 2: 25% de inclusión de subproductos de brácteas y planta de alcachofa).

El análisis en bloque respecto a la materia húmeda confirma lo evidenciado en el análisis de materia seca. No existen diferencias significativas entre los tres tipos de dieta.

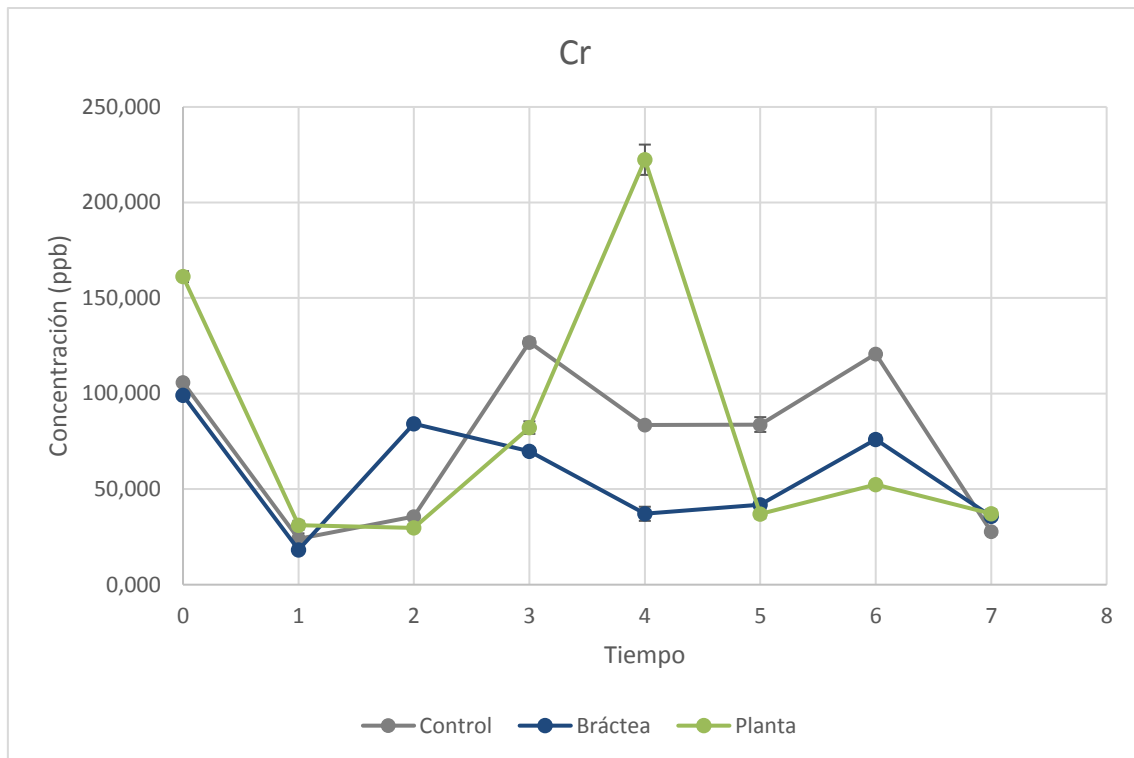


Figura 19. Evolución del contenido en Cromo (ppb en materia seca) a lo largo de la lactación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas control, con inclusión de brácteas y planta de alcachofa.

Respecto a la concentración de cromo, se aprecia, tanto en el control como en los otros dos tipos de leche que, al principio de la lactación, tiene una mayor concentración que disminuye al empezar la lactación. Los valores de cromo se movieron en torno a 0 y 250 ppb, lo que evidencia que son valores muy pequeños y que la mayoría de estos se encuentran entre 0 y 100 ppb por ello, este no es uno de los principales minerales en cuanto a contenido de la leche. Al ser cantidades muy pequeñas las de este mineral, las diferencias en cuanto al contenido del mismo no resultan demasiado relevantes. Cabe destacar que la concentración de cromo se mantiene estable durante toda la lactación.

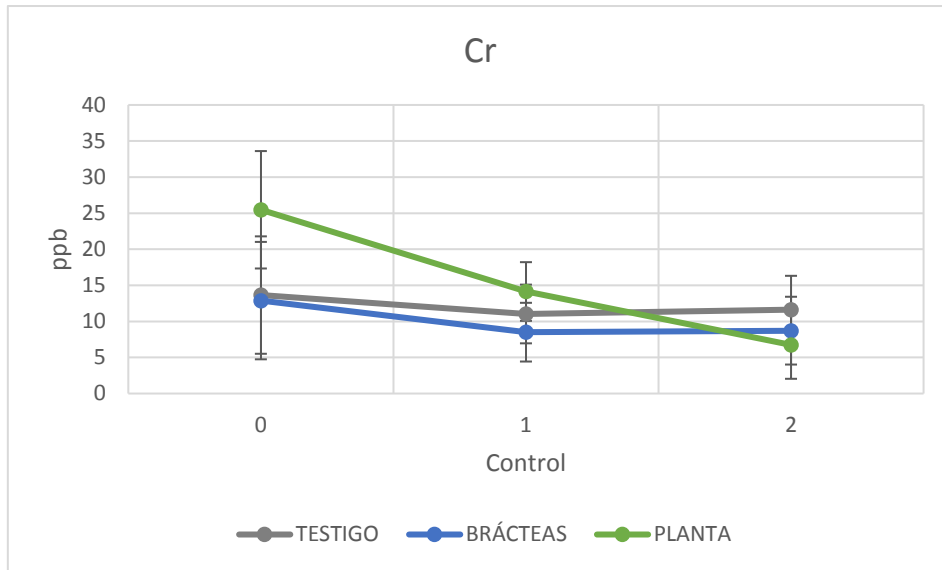


Figura 19-a. Contenido en Cromo (ppb en leche) en leche de cabra murciano-granadina en función de la alimentación (0: testigo preexperimental, 1: 12,5% de inclusión de subproductos y 2: 25% de inclusión de subproductos de brácteas y planta de alcachofa.

En cuanto a los resultados obtenidos mediante el análisis de datos en bloque respecto a materia húmeda, no se aprecian diferencias significativas.

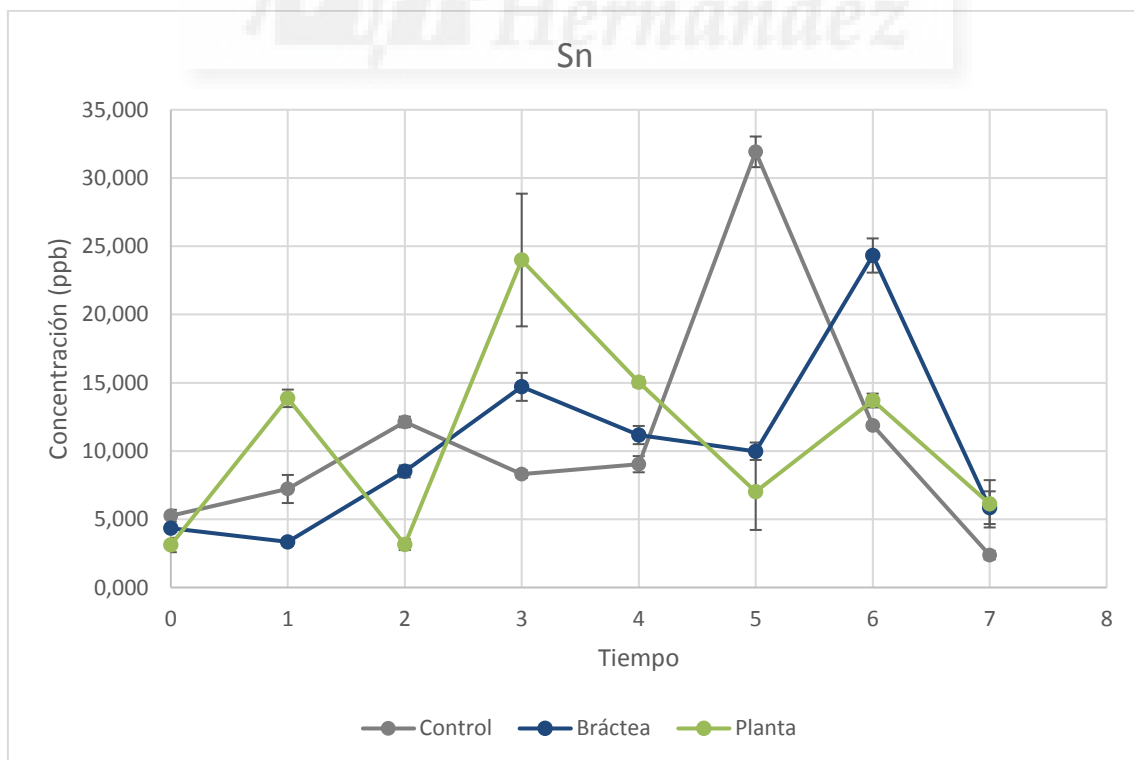


Figura 20. Evolución del contenido en Estaño (ppb en materia seca) a lo largo de la lactación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas control, con inclusión de brácteas y planta de alcachofa.

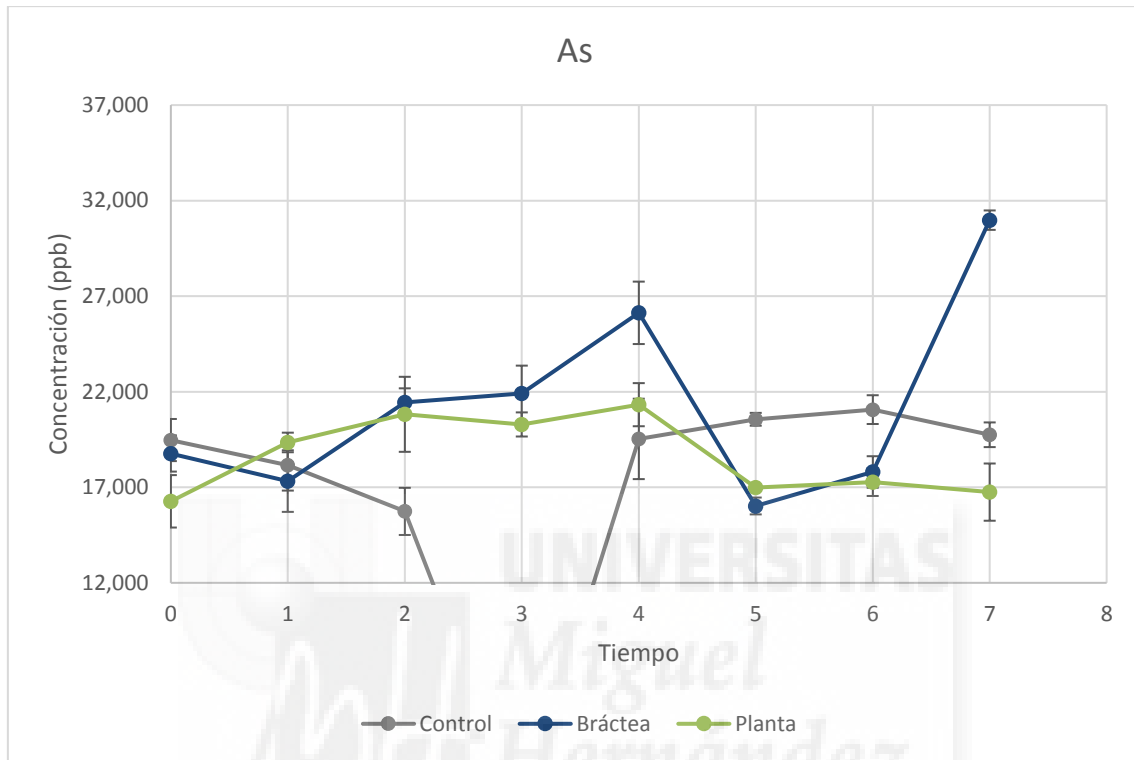


Figura 21. Evolución del contenido en Arsénico (ppb en materia seca) a lo largo de la lactación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas control, con inclusión de brácteas y planta de alcachofa.

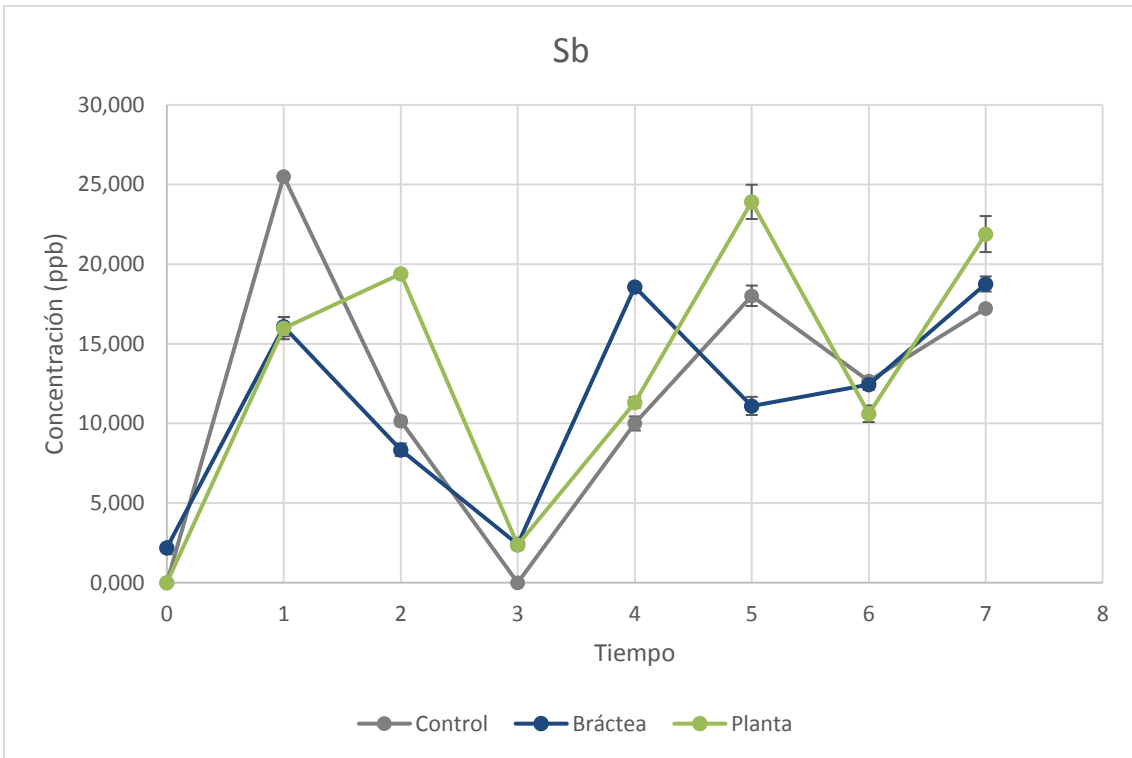


Figura 22. Evolución del contenido en Antimonio (ppb en materia seca) a lo largo de la lactación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas control, con inclusión de brácteas y planta de alcachofa.

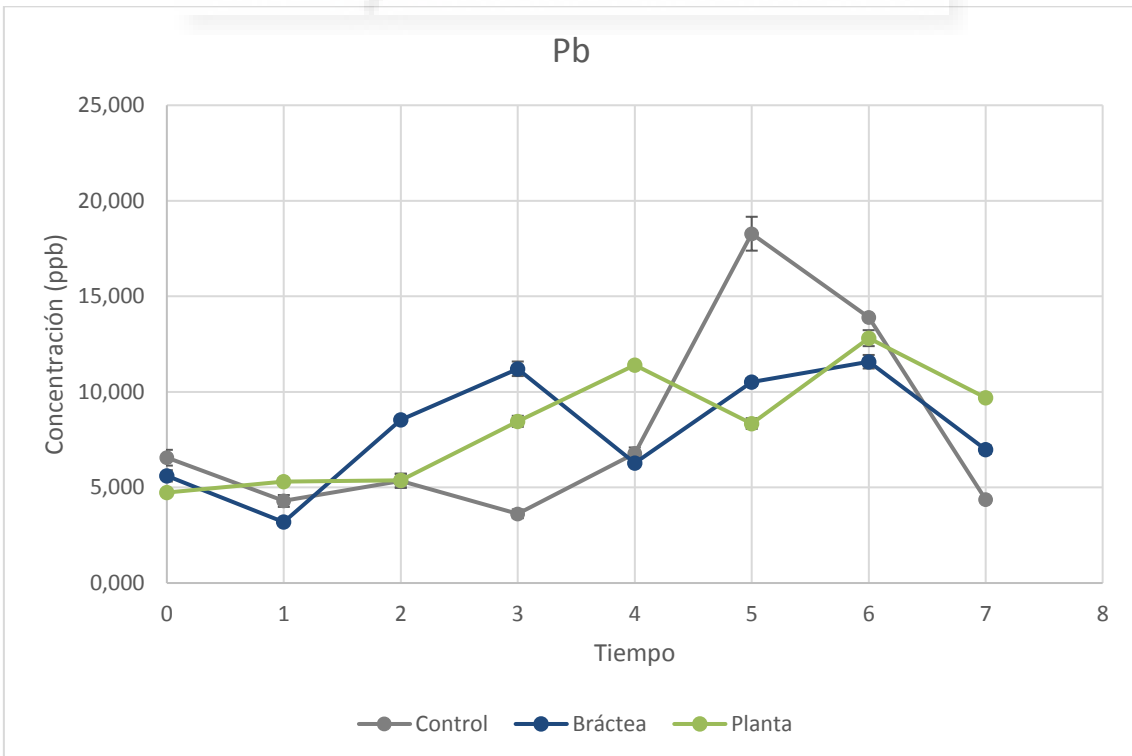


Figura 23. Evolución del contenido en Plomo (ppb en materia seca) a lo largo de la lactación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas control, con inclusión de brácteas y planta de alcachofa.

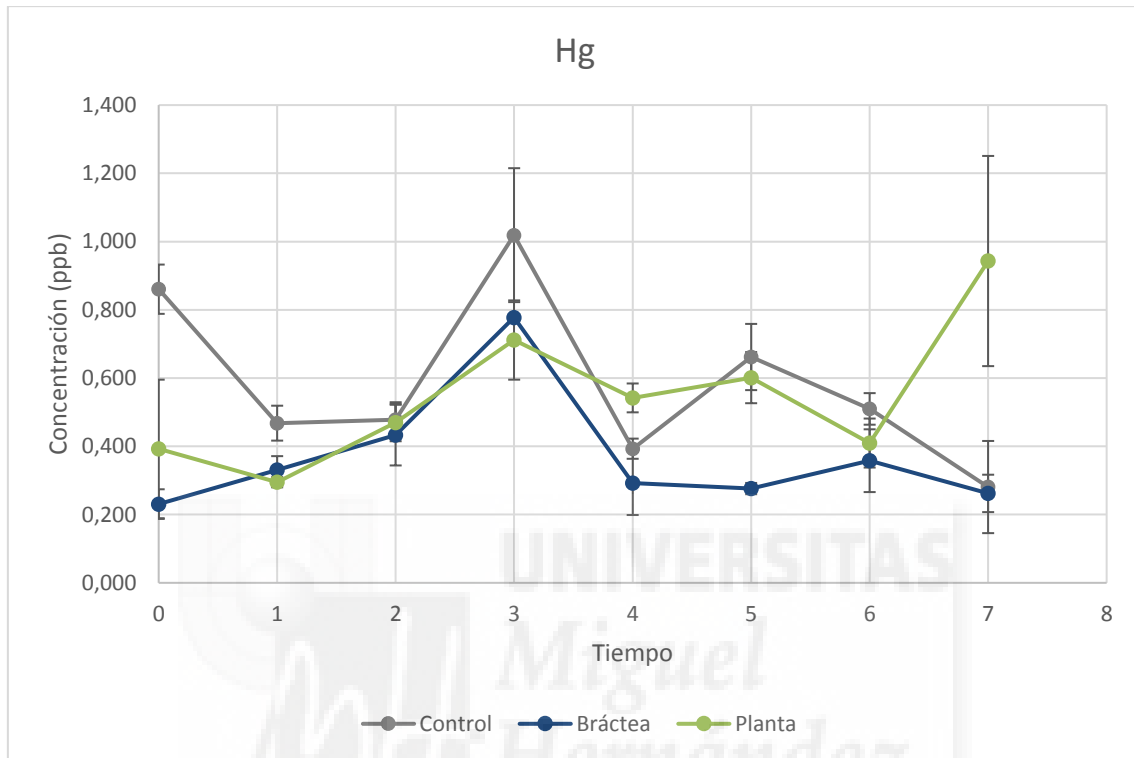


Figura 24. Evolución del contenido en Mercurio (ppb en materia seca) a lo largo de la lactación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas control, con inclusión de brácteas y planta de alcachofa.

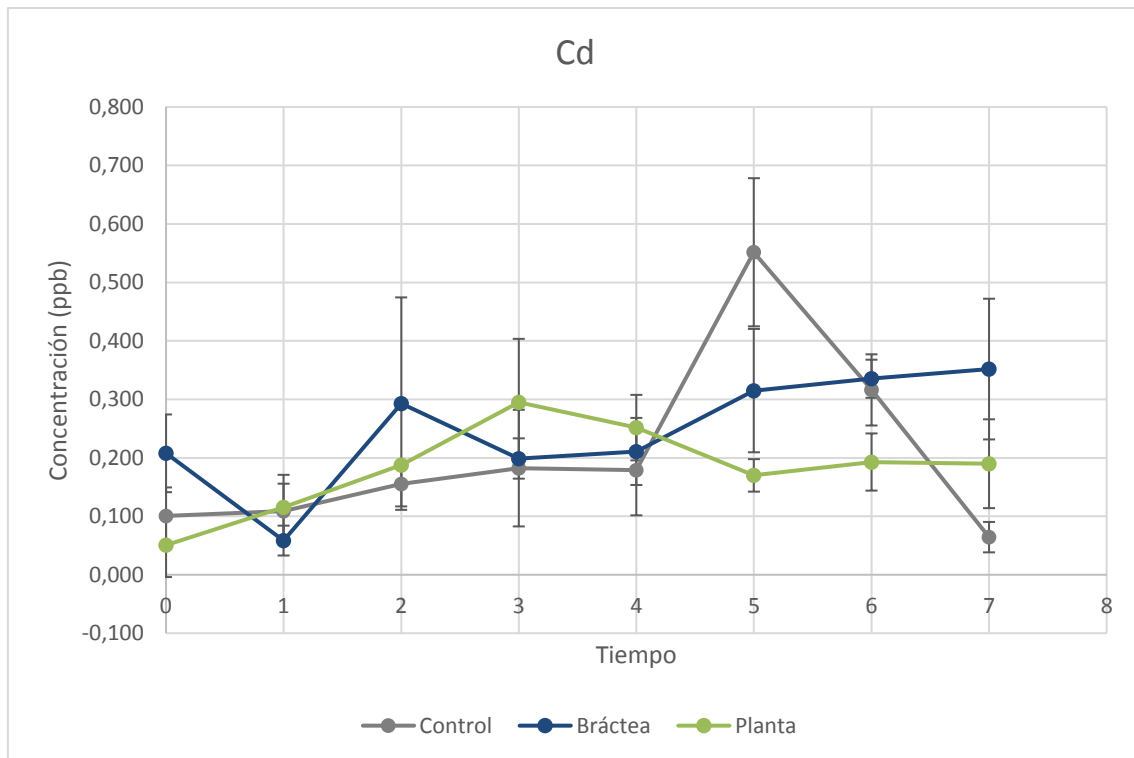


Figura 25. Evolución del contenido en Cadmio (ppb en materia seca) a lo largo de la lactación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas control, con inclusión de brácteas y planta de alcachofa.

Estaño, arsénico, antimonio, plomo, mercurio y cadmio son microminerales que se encuentran en cantidades ínfimas en la leche, no llegando a 35 ppb. Al tratarse de cantidades tan pequeñas, los resultados obtenidos sobre ellos carecen de relevancia ya que, como en el caso del mercurio y el cadmio, se encuentran en el límite de detección del método de análisis.

En este estudio se ha podido ver que en general las cabras alimentadas con subproductos de brácteas de alcachofa producían en su mayoría leches con un contenido mineral ligeramente menor que las que fueron alimentadas con planta o las que mantuvieron una alimentación control, aunque los resultados no son totalmente concluyentes y las diferencias encontradas no son significativas. Por ello, se vió interesante realizar un experimento con mayor inclusión de subproductos en la dieta de las cabras para obtener resultados más concluyentes. Es por este motivo que se planteó el experimento de 2016.

4.2 Experimento de 2016

A continuación, se presentan los resultados de composición mineral de leche de cabra del experimento de 2016 sometida a distintas dietas con inclusión de tres tipos de subproductos: subproducto de brácteas de alcachofa (A), subproducto de brócoli (B) y subproducto de planta de alcachofa (P), con distintas concentraciones de inclusión del subproducto: 25, 40 y 60% de la MS de la ración a lo largo de un mes de alimentación con subproductos, en las Figuras que ilustran este apartado (26-46 se presenta en azul el control preexperimental o tiempo 0, en naranja los 21 días de alimentación con subproductos y en gris los 30 días de alimentación con subproductos).



Tabla 13. Tabla de composición de la leche empleada en este estudio en %

%	Grasa	PB	PV	CAS	PS	LAC	MS	ESM	CZ	Urea (mg/L)
25 A										
Preexp	4,86	3,42	3,18	2,76	0,42	4,36	13,32	8,94	0,68	599,28
C2	4,77	3,30	3,07	2,67	0,40	4,27	12,97	8,76	0,63	599,28
C3	5,06	3,34	3,11	2,60	0,51	4,21	13,08	8,50	0,47	502,23
40 A										
Preexp	4,76	3,59	3,33	2,92	0,41	4,40	13,35	9,17	0,60	599,28
C2	4,55	3,39	3,15	2,75	0,40	4,34	12,83	8,84	0,55	599,28
C3	4,84	3,47	3,22	2,74	0,48	4,26	13,10	8,79	0,53	502,23
60 A										
Preexp	5,04	3,45	3,21	2,76	0,45	4,24	13,28	8,78	0,55	599,28
C2	4,95	3,33	3,10	2,67	0,43	4,19	12,99	8,56	0,52	599,28
C3	4,61	3,34	3,11	2,62	0,49	4,24	12,77	8,64	0,58	599,28
25 B										
Preexp	4,96	3,35	3,12	2,68	0,44	4,26	13,28	8,81	0,71	696,34
C2	4,89	3,31	3,08	2,66	0,42	4,22	13,10	8,69	0,68	696,34
C3	4,87	3,44	3,20	2,73	0,47	4,36	13,19	8,87	0,52	599,28
40 B										
Preexp	4,63	3,52	3,27	2,84	0,43	4,36	13,12	9,04	0,61	599,28
C2	4,69	3,41	3,17	2,75	0,42	4,27	12,92	8,80	0,55	599,28
C3	4,33	3,17	2,96	2,49	0,47	4,24	12,37	8,47	0,63	502,23
60 B										
Preexp	5,42	3,52	3,27	2,80	0,47	4,19	13,82	8,83	0,69	599,28

C2	4,91	3,34	3,11	2,65	0,46	4,13	12,96	8,56	0,58	502,23
C3	4,63	3,35	3,12	2,63	0,49	4,20	12,74	8,59	0,56	405,17
25 P										
Preexp	4,98	3,34	3,11	2,68	0,43	4,25	13,25	8,73	0,68	696,34
C2	4,78	3,29	3,06	2,63	0,43	4,15	12,89	8,53	0,67	696,34
C3	5,05	3,34	3,11	2,62	0,49	4,19	13,10	8,52	0,52	599,28
40 P										
Preexp	4,81	3,43	3,19	2,79	0,40	4,37	13,22	9,00	0,61	502,23
C2	4,64	3,42	3,18	2,76	0,42	4,32	12,97	8,92	0,59	599,28
C3	4,55	3,24	3,02	2,56	0,46	4,29	12,67	8,63	0,59	599,28
60 P										
Preexp	5,05	3,42	3,18	2,74	0,44	4,26	13,40	8,86	0,67	599,28
C2	4,62	3,32	3,09	2,64	0,45	4,15	12,72	8,60	0,63	599,28
C3	4,48	3,33	3,10	2,58	0,52	4,13	12,52	8,46	0,58	599,28
T										
Preexp	4,80	3,33	3,10	2,68	0,42	4,26	12,99	8,72	0,60	599,28
C2	4,48	3,37	3,14	2,69	0,45	4,22	12,71	8,74	0,64	696,34
C3	4,83	3,27	3,05	2,55	0,50	4,17	12,89	8,50	0,62	696,34

G: Grasa; **PB:** Proteína bruta; **PV:** Proteína verdadera; **CAS:** Caseína; **PS:** Proteína suero; **LAC:** Lactosa; **MS:** Materia seca; **ESM:** Extracto seco magro; **CZ:** Cenizas; **Urea:** Urea corregida (mg/L)

Macrominerales

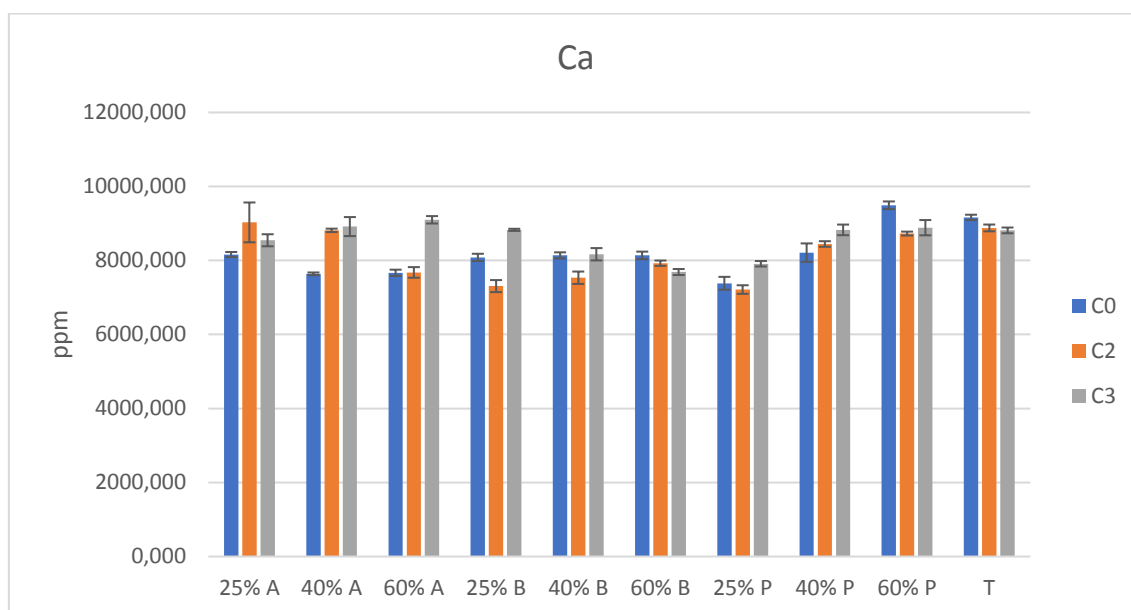


Figura 26. Contenido en Calcio (ppm en materia seca) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

El contenido en calcio se encontró entre los 7000 y los 10000 ppm (Figura 26). Se aprecia en el control que el contenido de calcio se mantiene bastante estable a lo largo de la lactación en torno a los 9000 ppm, un valor que coincide con los obtenidos por otros autores, que obtuvieron cerca de 8500 ppm (Pereira *et al.*, 2010) (Mellado y García, 2013). En el caso de 25% alcachofa, no se evidencian diferencias significativas, sin embargo, en el caso de 40% alcachofa, se evidencia una tendencia al aumento en el contenido de Ca, de forma opuesta al testigo. Para el 60% de inclusión de subproductos se observó un comportamiento casi igual al testigo (salvo Brócoli).

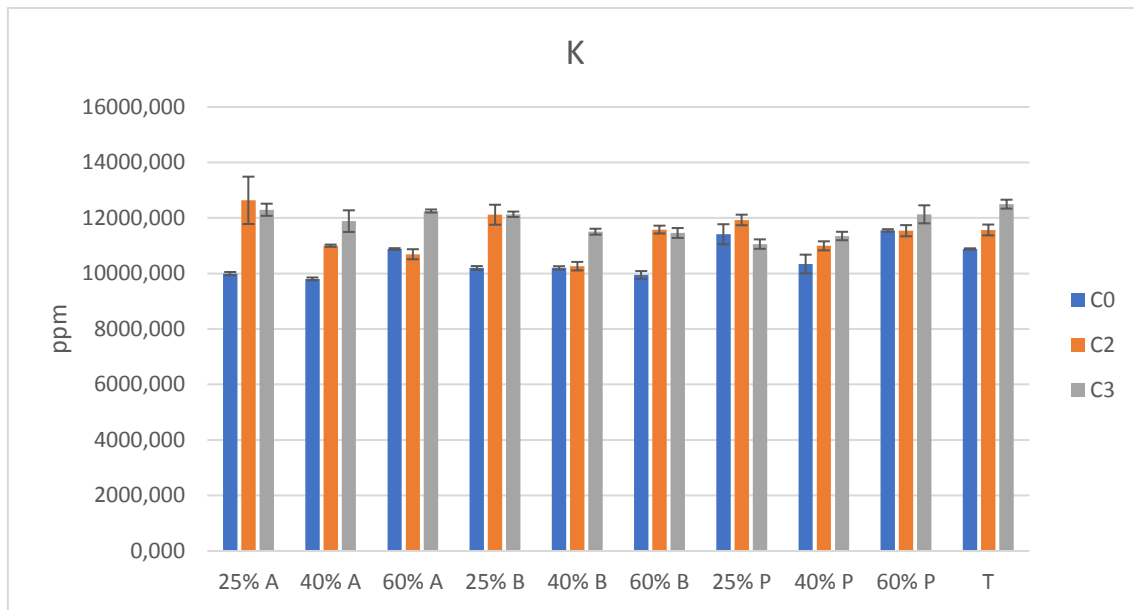


Figura 27. Contenido en Potasio (ppm en materia seca) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

El contenido en potasio se movió en torno a los 9800 y los 13500 ppm (Figura 27), durante el mes de duración del experimento el contenido en K aumentó en todos los lotes, en especial en aquellos alimentados con brácteas de alcachofa y brócoli, no así en los alimentados con planta en que se mantuvo estable. La concentración de subproducto no modificó significativamente el contenido en K. Estas diferencias de concentración entre los minerales pueden deberse a que al contenido en K en la dieta (Fresno *et al.*, 2011) o pequeñas fluctuaciones de la lactación.

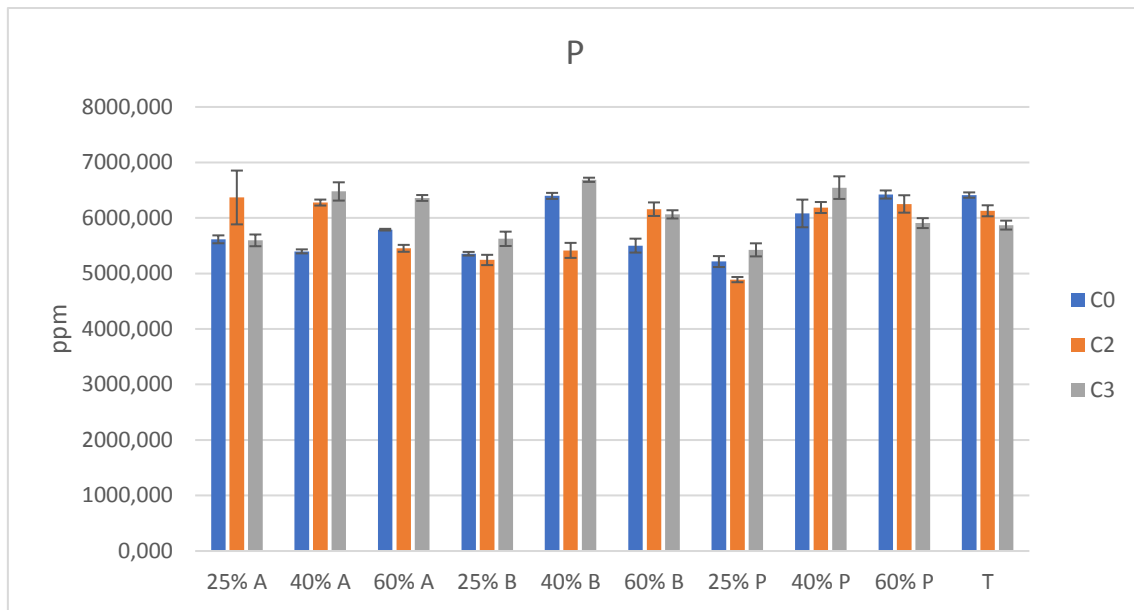


Figura 28. Contenido en Fósforo (ppm en materia seca) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

La concentración de fósforo se movió en torno a 5200 y 6687 ppm (Figura 28). Se evidencia una tendencia a la baja en el testigo y en lotes alimentados con 60% de planta. Esta tendencia difiere del resto de leches analizadas, las cuales aumentan su concentración en potasio o se mantiene estable. En el caso de la inclusión de brácteas de alcachofa, se evidencia una tendencia al aumento, situándose la tercera semana (C3) sobre los 6400 ppm para 40% y 60% de inclusión de brácteas de alcachofa y 5600 ppm en el caso del 25%, valores superiores a los obtenidos en el testigo. La inclusión de un 25% brócoli no obtuvo valores superiores al testigo, sin embargo, para el 40% y el 60% de inclusión de brócoli se evidenciaron concentraciones más altas en la última semana del experimento. Este es un dato de interés debido a la importancia de este mineral formando parte de componentes importantes de la leche como el fosfato cálcico, que afecta a la coagulación y formación de caseína (DGPA, 2005). Para una inclusión de planta de alcachofa del 25% se evidenciaron valores más bajos que los obtenidos por el testigo mientras que en la última semana de 40% de inclusión de planta de alcachofa evidenció valores más altos que los del testigo.

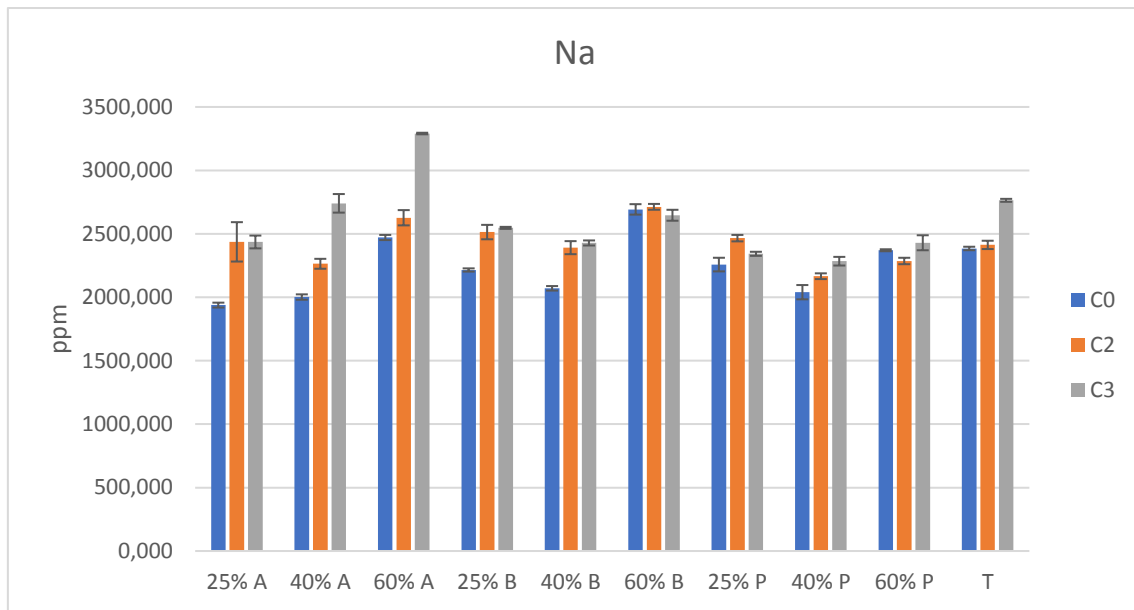


Figura 29. Contenido en Sodio (ppm en materia seca) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

El contenido en sodio se movió en torno a 1900 y 3200 ppm (Figura 29), aunque la mayoría de valores se encontraron entre los 2000 y los 2800 ppm, valores muy similares a los obtenidos en el experimento anterior (2100-2500 ppm). Se aprecia una tendencia al aumento en el caso del testigo, que aumentó desde los 2300 en el primer control hasta los 2800 ppm en el último. Las leches con un 25% de inclusión de brácteas de alcachofa (A) evidenciaron valores más bajos que el testigo moviéndose en torno a 1900 ppm en el C0 y llegando a 2500 ppm en el C3. Para un 40% y 60% de inclusión de alcachofa, existe una tendencia al aumento desde el C0 hasta el C3, que es más pronunciada cuanto más inclusión de subproducto hay. En el caso de las brácteas se evidencia que tanto 25% como 40% de inclusión son iguales y 60% de inclusión tiene un contenido en sodio muy estable, manteniéndose durante todo el tiempo del experimento. En el caso de la inclusión de planta de alcachofa, el contenido en Na fue muy estable durante el experimento para todos los lotes.

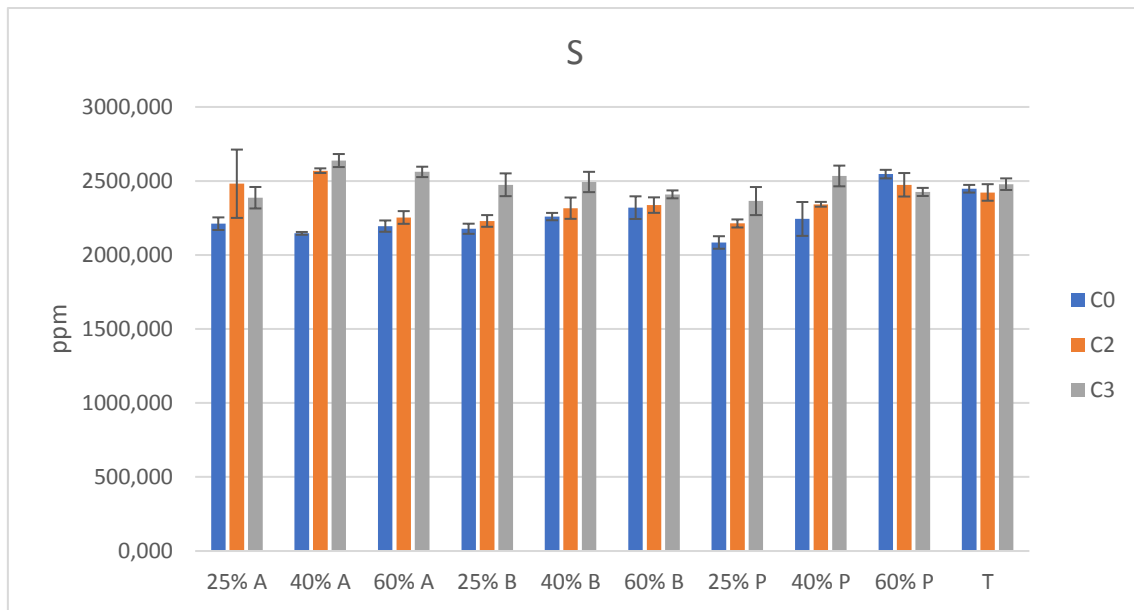


Figura 30. Contenido en Azufre (ppm en materia seca) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

La concentración de azufre se movió en torno a 2000 y 2700 ppm (Figura 30). La concentración del testigo se encontró en torno a 2400 y 2550 ppm. Las leches con una inclusión de alcachofa de un 40% y un 60% presentaron tendencias similares exceptuando la segunda semana que el 40% mostró valores significativamente más altos que esa misma semana del testigo. Las muestras de leche con inclusión de subproducto de brócoli del 25% y del 40% presentaron tendencias al aumento mientras que 60% fue igual al testigo. En el caso del subproducto de planta de alcachofa (P) se evidencian unos valores muy bajos para 25% y 40% que llegan a ser valores de concentración iguales a los del testigo, mientras que el 60% evidenció valores similares a los del testigo.

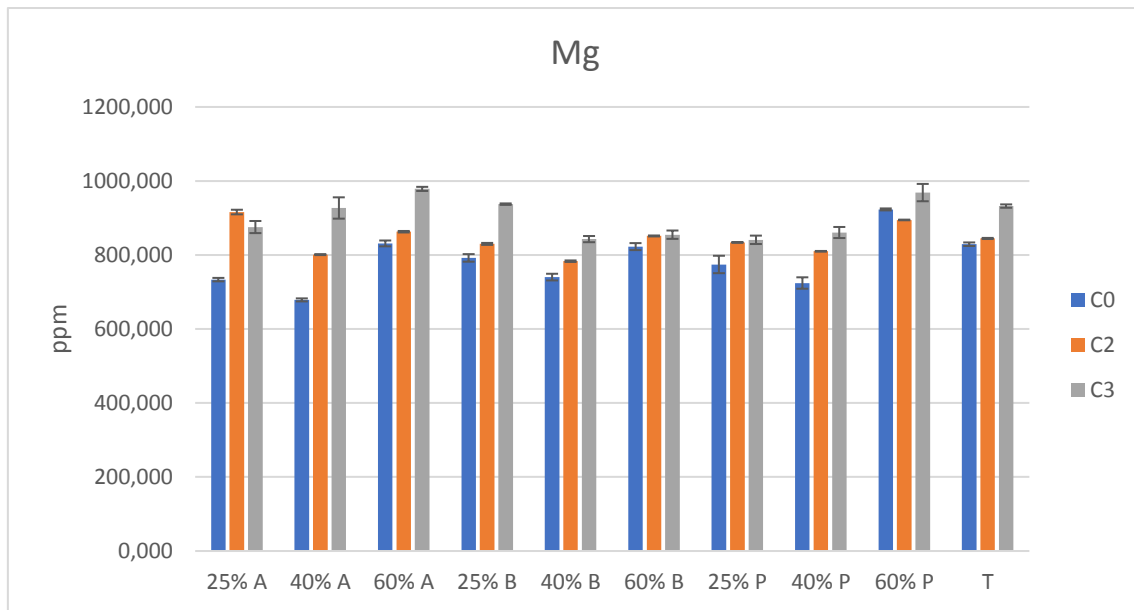


Figura 31. Contenido en Magnesio (ppm en materia seca) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

El contenido en magnesio se movió en torno a 650 y 1000 ppm (Figura 31). Estos son valores que coinciden con los valores que han obtenido otros autores, los cuales han obtenido un contenido en magnesio de 952 ppm (Sanz *et al.*, 2009). Se evidencia una tendencia a aumentar a medida que transcurre el experimento desde los 820 hasta los 935 ppm. Se evidencia una tendencia a aumentar el contenido en magnesio a medida que aumenta la inclusión de subproducto de brácteas de alcachofa y de planta de alcachofa, sin embargo, también se evidencia que a medida que se aumenta la inclusión de brócoli la concentración disminuye hasta una inclusión del 40%. Este es un dato muy relevante ya que el magnesio es un mineral con una importante función tecnológica en la floculación de la leche (Ramírez-Navas, 2009).

Como comentario general, la inclusión de alcachofa ha provocado un aumento en el contenido en todos los macrominerales, no así la inclusión de brócoli y planta de alcachofa cuyo efecto ha sido más parecido al del testigo, con un comportamiento más irregular para la inclusión de brócoli, y una alta estabilidad en el contenido mineral en los lotes con inclusión de planta de alcachofa.

La concentración de subproducto añadido no tiene un efecto lineal, en ocasiones 25 y 40% tienen un comportamiento similar mientras que el 60% tiene un comportamiento más estable.

El comportamiento dentro de cada lote está condicionado por la idiosincrasia del propio lote, puede verse en las Figuras 26-31 que las barras azules, preexperimentales de cada lote son diferentes entre sí y condicionan la evolución posterior del lote.

Microminerales

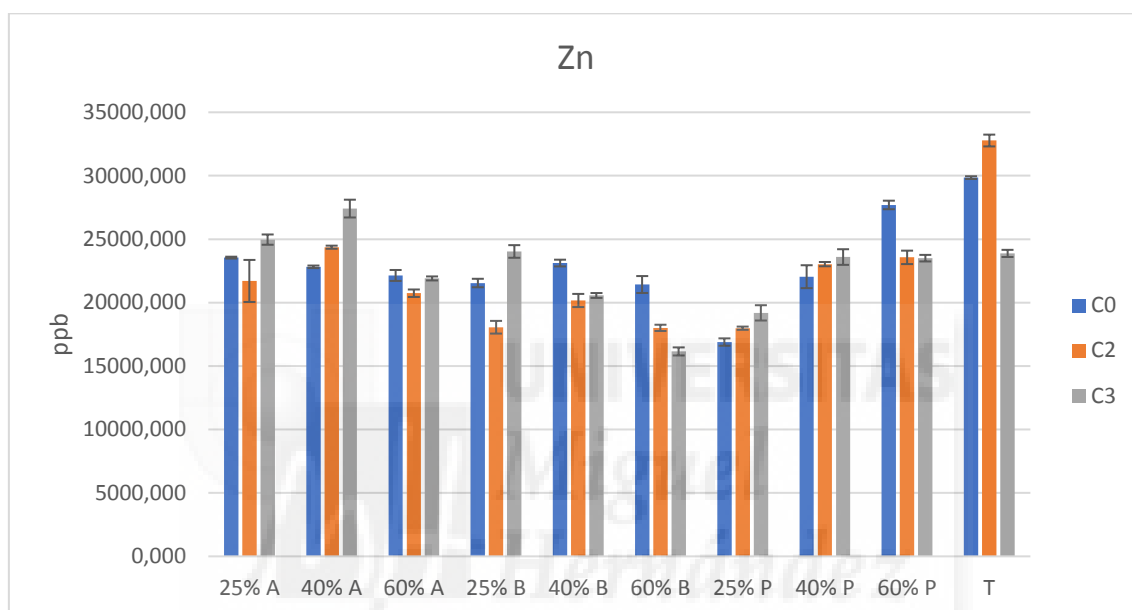


Figura 32. Contenido en Zinc (ppb en materia seca) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

El contenido en zinc se movió en torno a 16000 y 32000 ppb (Figura 32). Esta concentración se encuentra un poco por debajo de la obtenida en cabras Murciano-granadinas por otros autores, 38900 ppb (Sanz *et al.*, 2009). El testigo evidencia un aumento entre la primera y la segunda semana y una disminución acusada de 9000 ppb entre la segunda y la tercera semana. Esta variabilidad en el testigo se evidencia en el resto de muestras con inclusión de subproductos que, en el caso de las brácteas de alcachofa, cuando la inclusión es del 60%, menor es el contenido en Zinc, sin embargo, 40% evidenció valores más altos de contenido en zinc en la última semana

del experimento. En el caso del brócoli, cuanto mayor es la inclusión de subproducto, menor es el contenido de zinc de la muestra. En el caso de la planta, al aumentar la inclusión de subproducto, aumenta la concentración hasta llegar al mismo valor que el testigo.

El zinc, al igual que el cobre, son minerales que están asociados con la fracción proteica de la leche y a la caseína, que en este estudio se encontraron entre 3,27 y 3,59% y muy similares a los valores obtenidos por otros autores (3,43 y 3,51% proteína) (Fresno *et al.*, 2011).

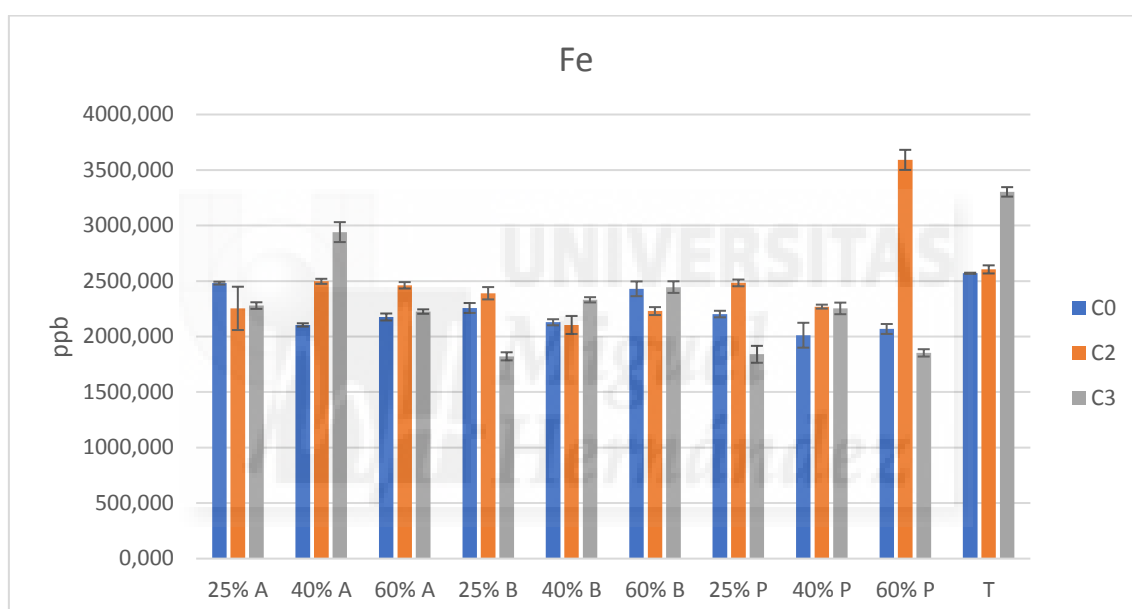


Figura 33. Contenido en Hierro (ppb en materia seca) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

La concentración de hierro se movió en torno a 1800 y 3500 ppb (Figura 33). Estos valores son valores normales muy parecidos a los obtenidos en el experimento anterior (2015) que obtuvo valores entre 2000 y 4000 ppb. La inclusión de subproducto de brácteas de alcachofa, de brócoli y de planta de alcachofa evidencia valores más bajos que los obtenidos en el testigo. Este valor de hierro no es de mucha

relevancia ya que la leche de cabra no se caracteriza por un alto contenido en hierro en comparación con otras especies (Park *et al.*, 2007).

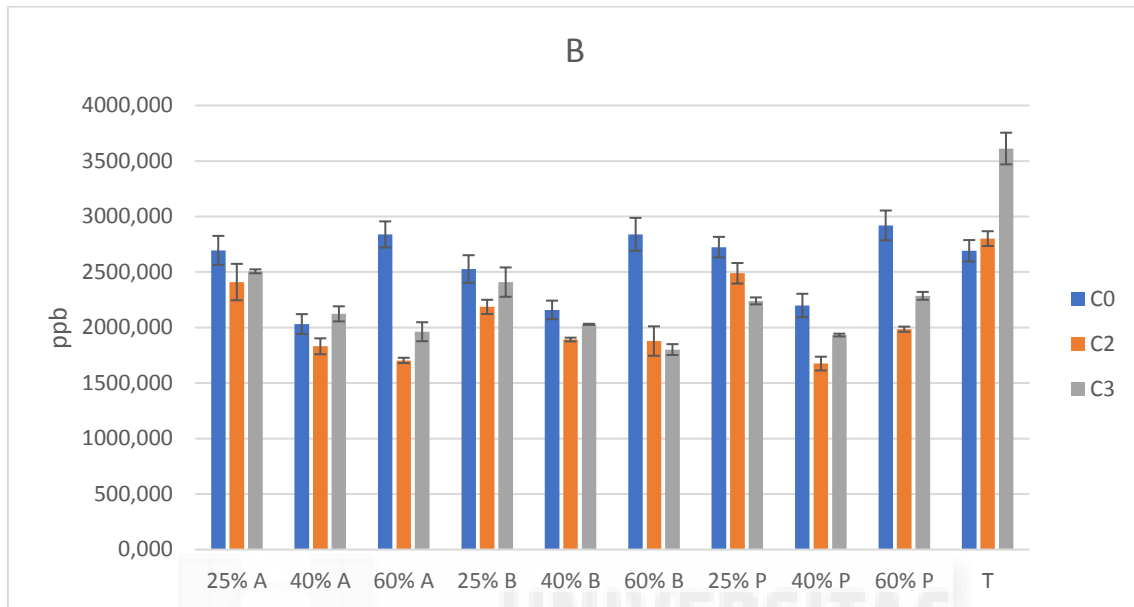


Figura 34. Contenido en Boro (ppb en materia seca) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

El contenido en boro se movió en torno a 1700 y 3600 ppb . La Figura 34 evidencia que la inclusión de subproductos (brácteas de alcachofa, brócoli y planta de alcachofa) disminuye el contenido en boro de la leche a lo largo de las semanas que duró el estudio. Se aprecia que, al aumentar la inclusión de subproducto de alcachofa y brócoli, disminuye en mayor medida la concentración. Faltan referencias que estudien la relación del boro con la alimentación.

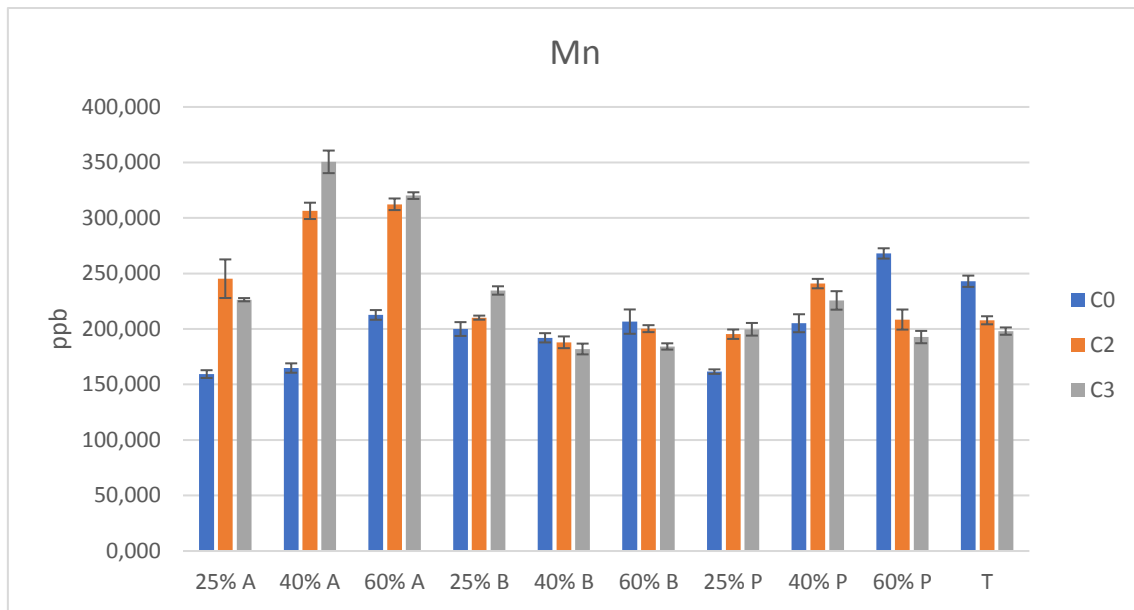


Figura 35. Contenido en Manganeso (ppb en materia seca) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

La concentración de manganeso se movió en torno a 160 y 350 ppb (Figura 35). Este contenido en magnesio se encuentra por debajo del obtenido en el experimento anterior y continúa estando por debajo del obtenido por otros autores que obtuvieron entre 1300 ppb (Chacón, 2005) y 2500 ppb (Park *et al.*, 2007) Se evidencia una tendencia a la baja de manganeso a medida que transcurren las tres semanas de experimento para el testigo. La inclusión de subproducto de alcachofa evidenció una tendencia al alza, al contrario que el testigo, aumentando el contenido en manganeso por encima de los 300 ppb en el caso de la inclusión del 40% y del 60%. En el caso del brócoli, se aprecia que la inclusión del 25% aumentó en 35 ppb el contenido en manganeso en leche de cabra, sin embargo, al ser cantidades medidas tan pequeñas, medidas en ppb, no son concluyentes. En el caso de la planta de alcachofa, se aprecia que el contenido en manganeso es muy similar al del testigo.

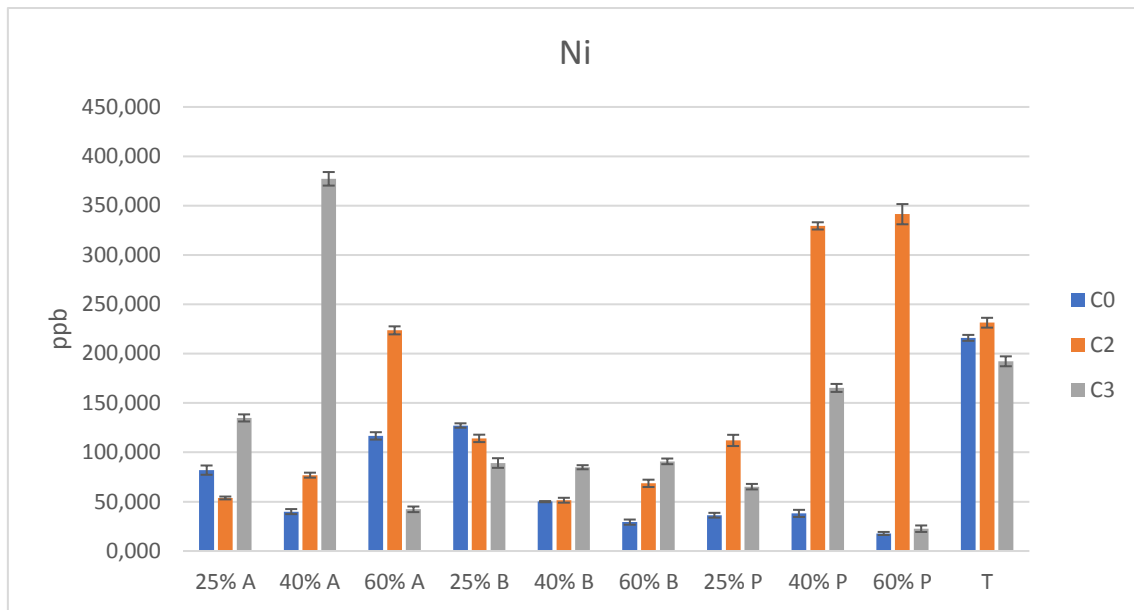


Figura 36. Contenido en Níquel (ppb en materia seca) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

El contenido en níquel en el testigo se movió en torno a 215 y 190 ppb (Figura 36). Sin embargo, en cuanto a los datos obtenidos en las leches de cabras alimentadas con inclusión de brácteas de alcachofa y de planta de alcachofa, los valores fueron muy dispares y tratándose de valores tan pequeños medidos en ppb, no resultan concluyentes, sin embargo, en el caso del brócoli, se evidencia que el contenido en níquel es menor que el obtenido en el testigo en todas las concentraciones de inclusión de este subproducto.

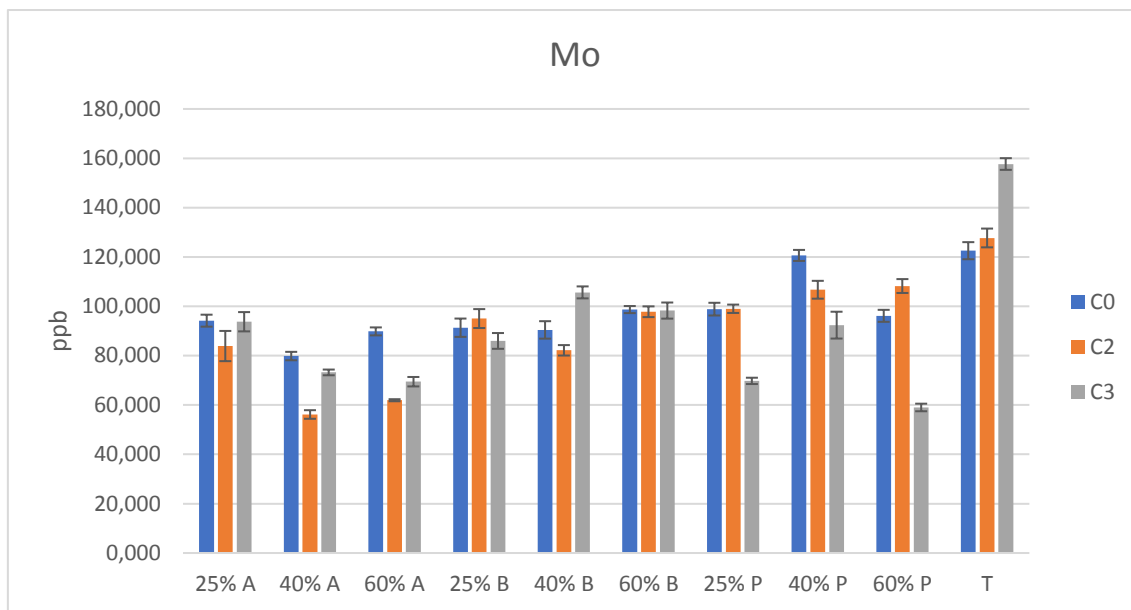


Figura 37. Contenido en Molibdeno (ppb en materia seca) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

El contenido en molibdeno se movió en torno a 55 y 160 ppb (Figura 37), y presentó una tendencia al aumento de la concentración a medida que transcurrían las semanas de estudio, sin embargo, esta tendencia no se mantuvo en las leches analizadas con inclusión de subproductos. La inclusión de brácteas de alcachofa mantuvo su concentración inicial en el caso del 25% de inclusión, mientras que, al aumentar el porcentaje de inclusión, disminuyó ligeramente la concentración de molibdeno. La inclusión de brócoli mantuvo la concentración de molibdeno en la leche durante todo el experimento en el caso del 25% y el 60% de inclusión y en el caso del 40% de inclusión, el contenido aumentó ligeramente. La inclusión de planta de alcachofa si evidencia diferencias significativas, reduciendo el contenido de molibdeno en leche de cabra. Estos resultados a pesar de mostrar algunas diferencias, estas no son concluyentes al tratarse de bajas concentraciones. No encontramos referencias sobre el efecto de la dieta en el contenido de Molibdeno en leche.

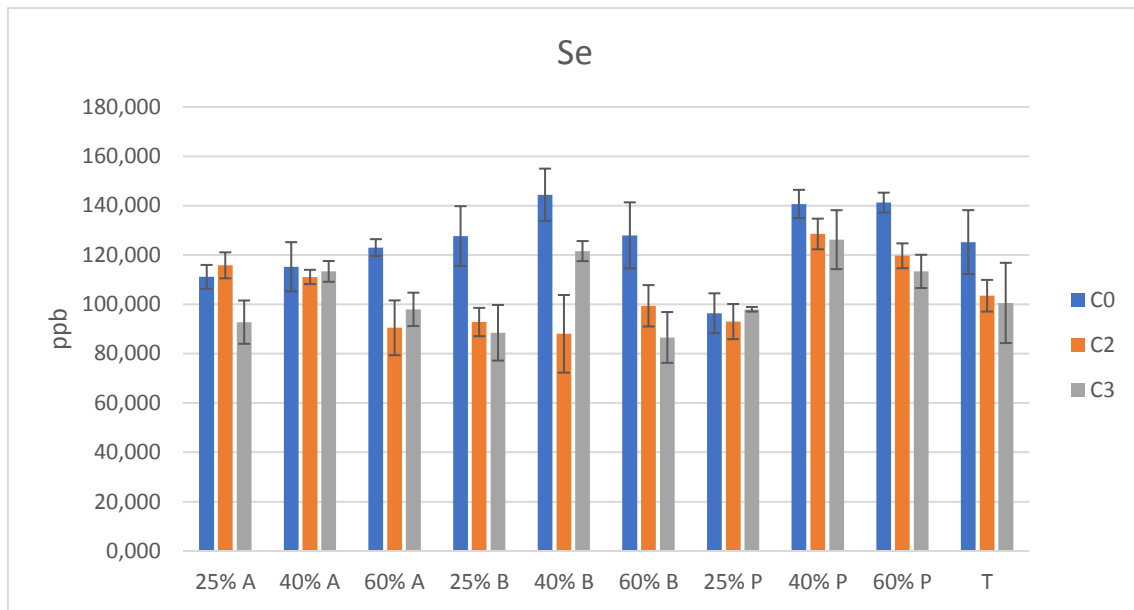


Figura 38. Contenido en Selenio (ppb en materia seca) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

La concentración en selenio se movió en torno 80 y 160 ppb (Figura 38). Se evidencia que la concentración de selenio mostró una tendencia a la baja con el paso del tiempo, aunque estas diferencias no fueron significativas. La inclusión de éstos subproductos y concentraciones no afectó a la concentración en selenio en leche de cabra, siendo este un mineral bastante estable tal y como evidencian otros autores (Fresno *et al.*, 2011).

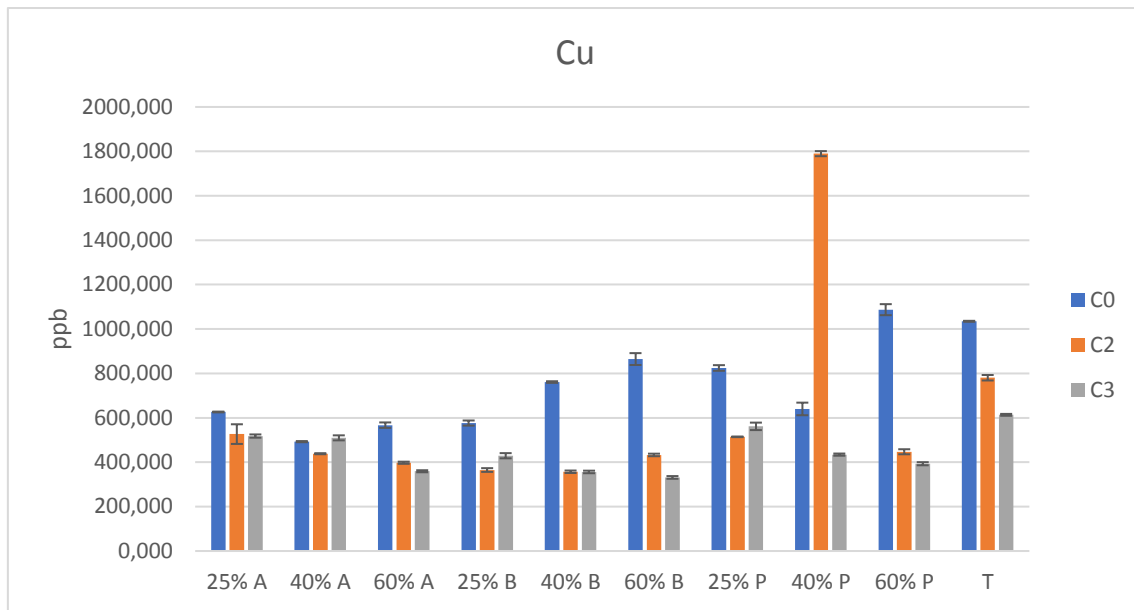


Figura 39. Contenido en Cobre (ppb en materia seca) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

El contenido en cobre del testigo se movió en torno a 610 y 1000 ppb (Figura 39). A lo largo de las semanas de experimento se evidencia una tendencia a disminuir el contenido en cobre de la leche, tanto en el testigo como en las demás leches estudiadas. Hay un valor del 40% de inclusión de planta de alcachofa en la segunda semana que se dispara llegando a dar valores de 1800 ppb. La concentración de cobre de todas las muestras con inclusión de subproductos obtuvo valores menores a los obtenidos en el testigo.

La concentración de cobre en leche de cabra tiene importancia tecnológica ya que el 80 % del cobre se une a las micelas de caseína y el restante se une a los glóbulos de grasa emulsionados y a las proteínas solubles (Ramírez-Navas, 2009).

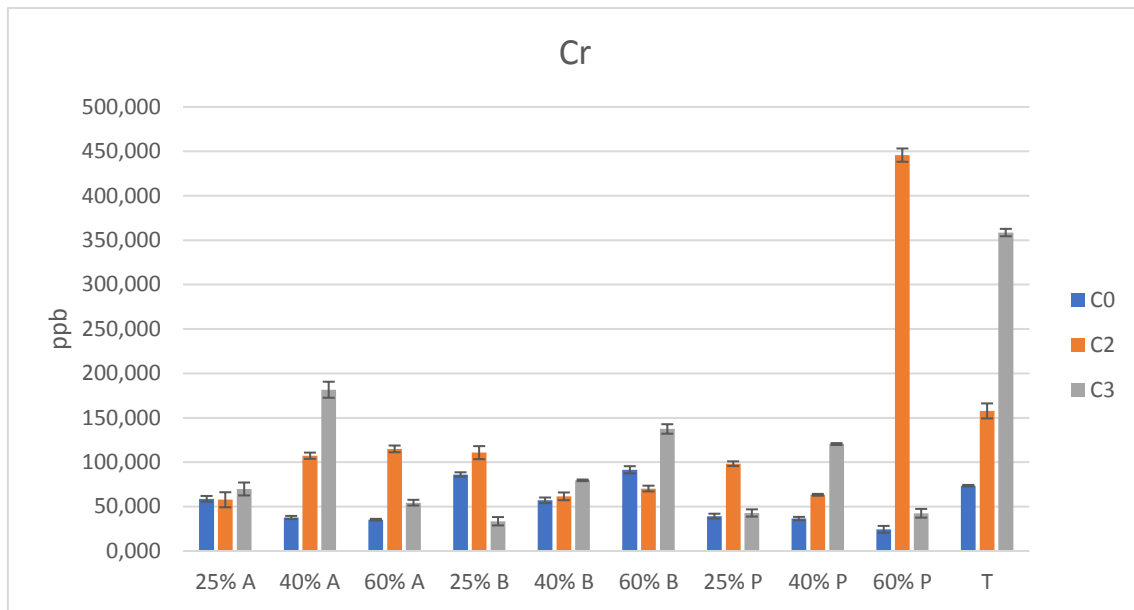


Figura 40. Contenido en Cromo (ppb en materia seca) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

El contenido en cromo del testigo se movió en torno a 70 y 360 ppb (Figura 40), estos valores coinciden con los obtenidos en el experimento de 2015. Se evidencia una tendencia a aumentar el contenido de este mineral a medida que transcurren las semanas del experimento. Esta tendencia no se hace evidente en las muestras con inclusión de subproductos. Se evidencia una disminución de la concentración de cromo en leche de cabra con inclusión de brácteas de alcachofa, brócoli y planta de alcachofa, aunque los valores de concentración en los que se encuentra no superan los 150 ppb exceptuando el último valor de 40% de inclusión de brácteas de alcachofa.

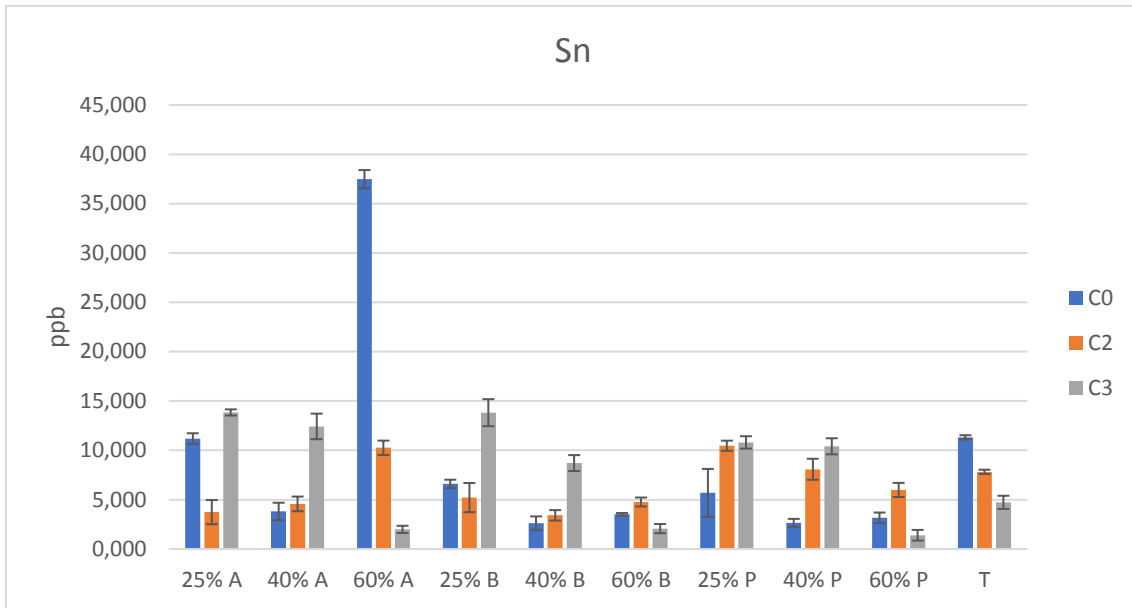


Figura 41. Contenido en Estaño (ppb en materia seca) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

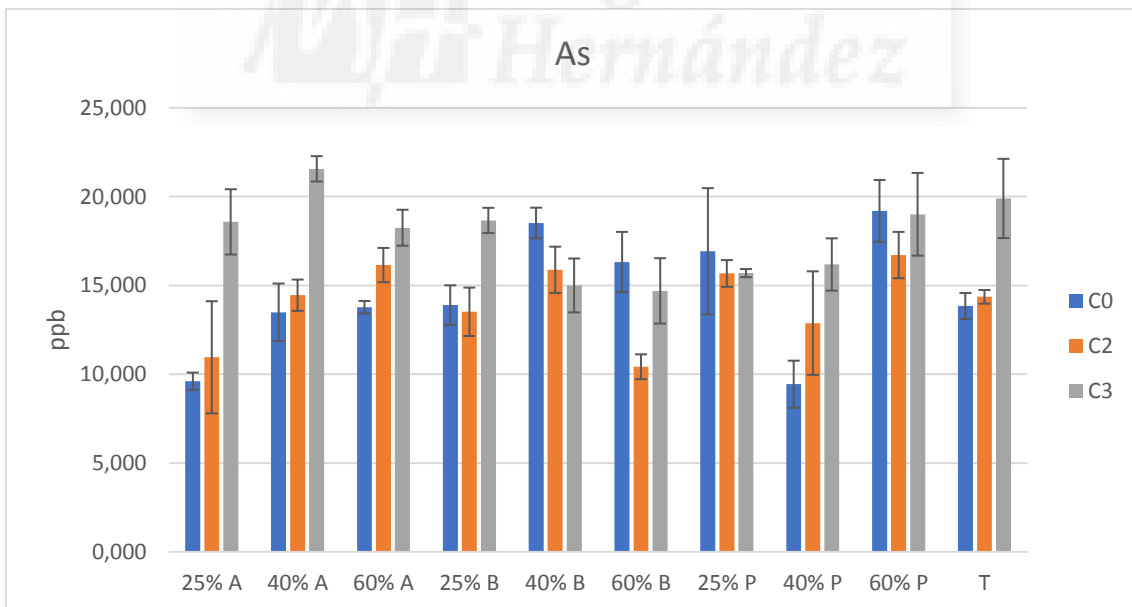


Figura 42. Contenido en Arsénico (ppb en materia seca) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

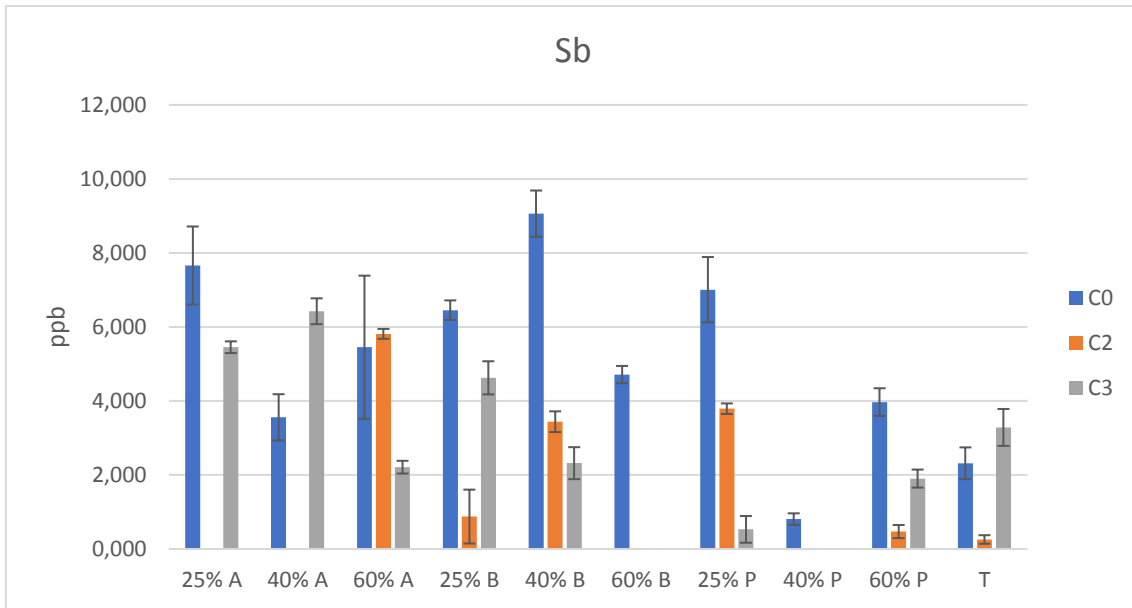


Figura 43. Contenido en Antimonio (ppb en materia seca) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

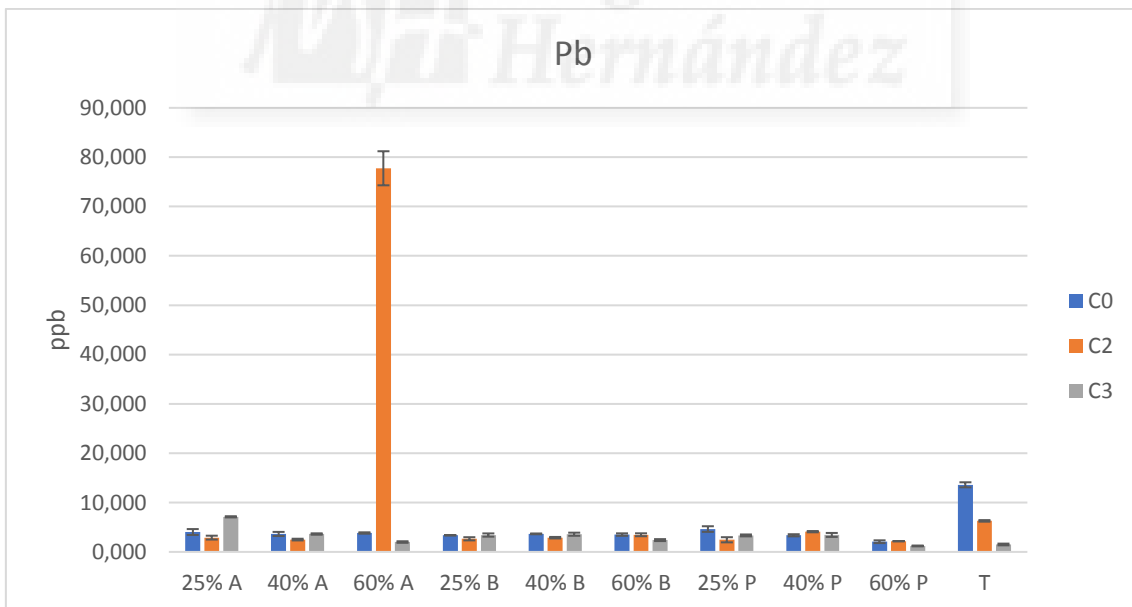


Figura 44. Contenido en Plomo (ppb en materia seca) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

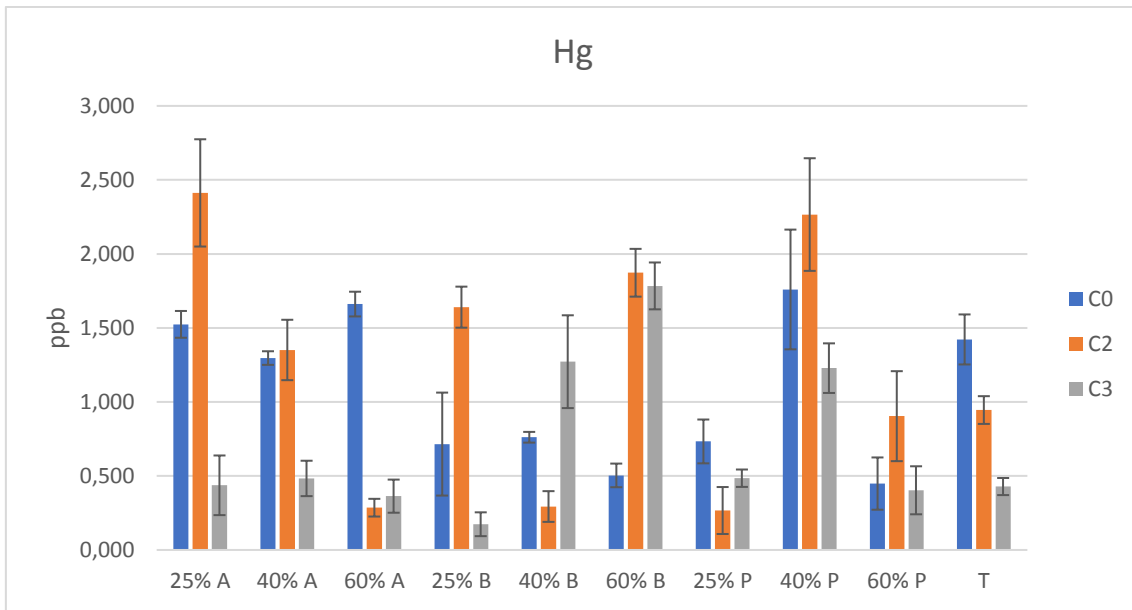


Figura 45. Contenido en Mercurio (ppb en materia seca) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

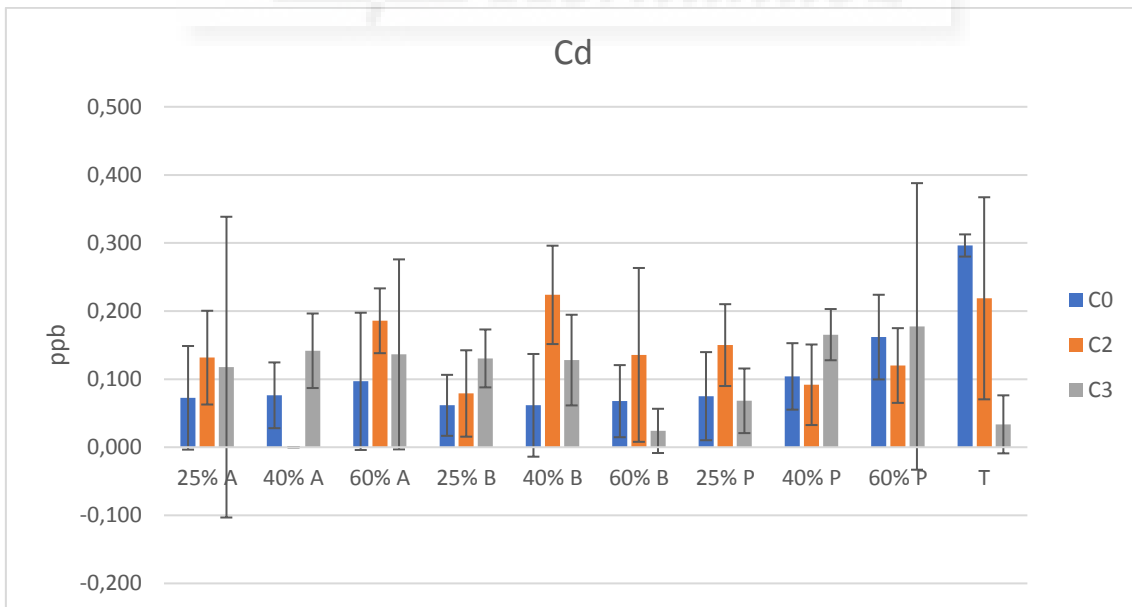


Figura 46. Contenido en Cadmio (ppb en materia seca) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%,

40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

Estaño, arsénico, antimonio, plomo, mercurio y cadmio son microminerales que se encuentran en cantidades ínfimas en la leche, no llegando a 40 ppb (Figuras 41-46). Al tratarse de cantidades tan pequeñas, los resultados obtenidos sobre ellos carecen de relevancia ya que, como en el caso del mercurio y el cadmio, se encuentran en el límite de detección del método de análisis. Por otro lado hay una carencia de estudios en la literatura científica sobre la presencia de estos minerales en leche de cabra y el efecto de la dieta en su concentración en leche.



4.3 Componentes volátiles

A continuación, se presentan los perfiles de compuestos volátiles de leche de cabra sometida a distintas dietas con inclusión de tres tipos de subproductos: subproducto de brácteas de alcachofa (A), subproducto de brócoli (B) y subproducto de planta de alcachofa (P), con distintas concentraciones de inclusión del subproducto: 25, 40 y 60% de la MS de la ración. Se han agrupado por tratamiento, sin considerar controles.

El perfil de volátiles encontrado que se muestra en la Tabla 14, es un perfil típico en leche de cabra. A la vista de los resultados que se presentarán a continuación puede afirmarse que no se han detectado compuestos que sean exclusivos de ninguna de las dietas ensayadas.

Tabla 14. Tiempo de retención de los compuestos volátiles encontrados

Compuesto	Tiempo de retención (min)
2-Propanona	3,413
DMS	3,498
2-Butanona	5,274
Etil acetato	5,311
Ácido acético	6,100
3-Metilbutanal	6,484
2-Metilbutanal	6,649
2-Pentanona	7,277
Ácido pentanoico	10,212
2-Heptanona	11,872
3-Metil propanoato	12,000
Ácido butanoico	12,250
IS= 2-Metil-3-heptanona	12,729
Ácido hexanoico	14,125
l-limoneno	14,244
2-Nonanona	15,849
Nonanal	15,980
Etil octanoato	17,298
Ácido caprílico	17,582
4-Octanona	17,975

Los resultados de los compuestos volátiles se han agrupado según la familia química a la que pertenecen:

Cetonas

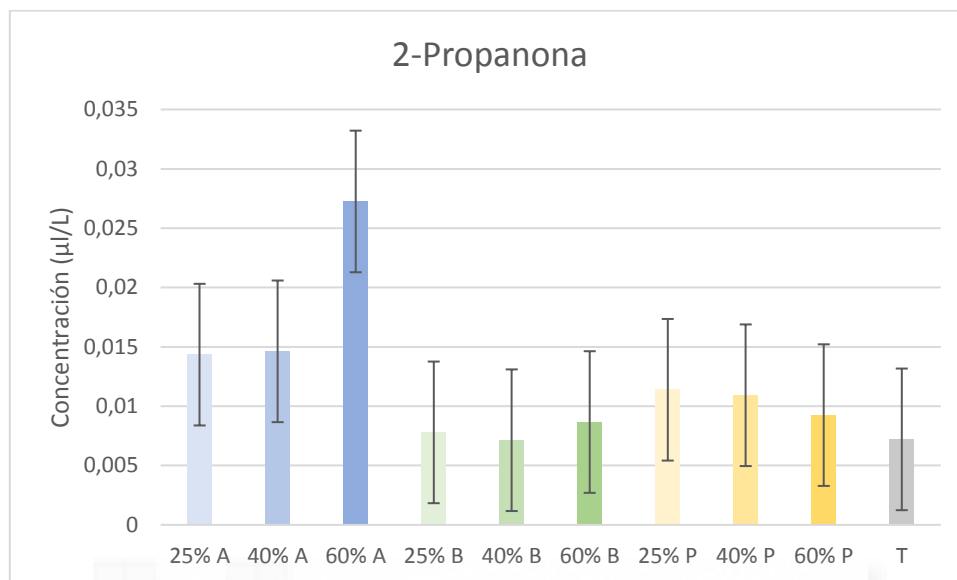


Figura 47. Concentración de 2-Propanona (microlitros por litro) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

La concentración de 2-propanona se movió en torno a 0,0020 y 0,034 µl/L (Figura 47). Se evidencia que existe una mayor concentración en la leche con inclusión de un 60% de brácteas de alcachofa.

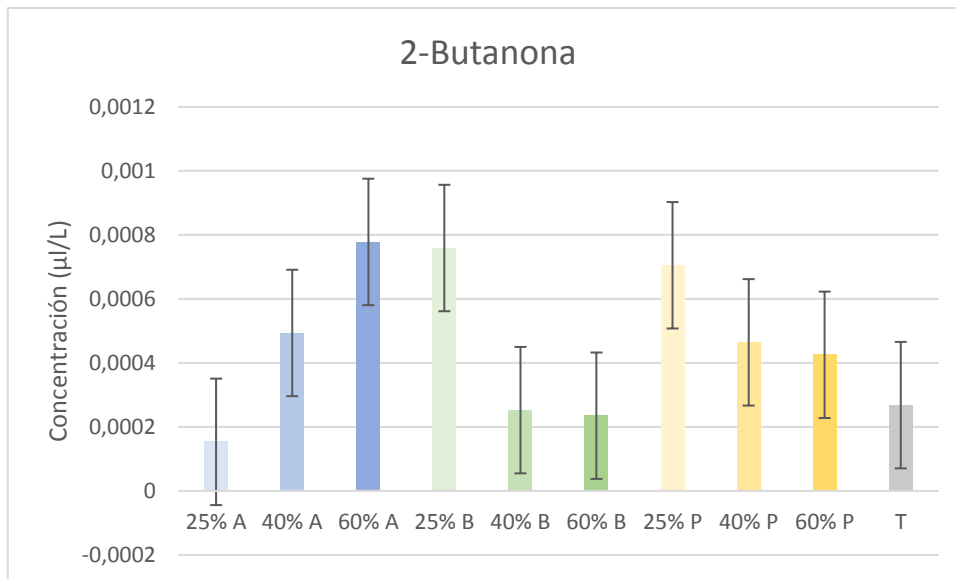


Figura 48. Concentración de 2-Butanona (microlitros por litro) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

La concentración de 2-butanona se movió en torno a 0 y a 0,001 µl/L. La Figura 48 evidencia que la inclusión de 60% de alcachofa, 25% de brócoli y 25% de planta de alcachofa presentan una mayor concentración de 2-butanona, aunque este compuesto se encontró en todas las muestras de leche. La 2-butanona es un compuesto volátil que se encuentra en leche de cabras alimentadas a base de pasto y ensilados (Croissant *et al.*, 2007).

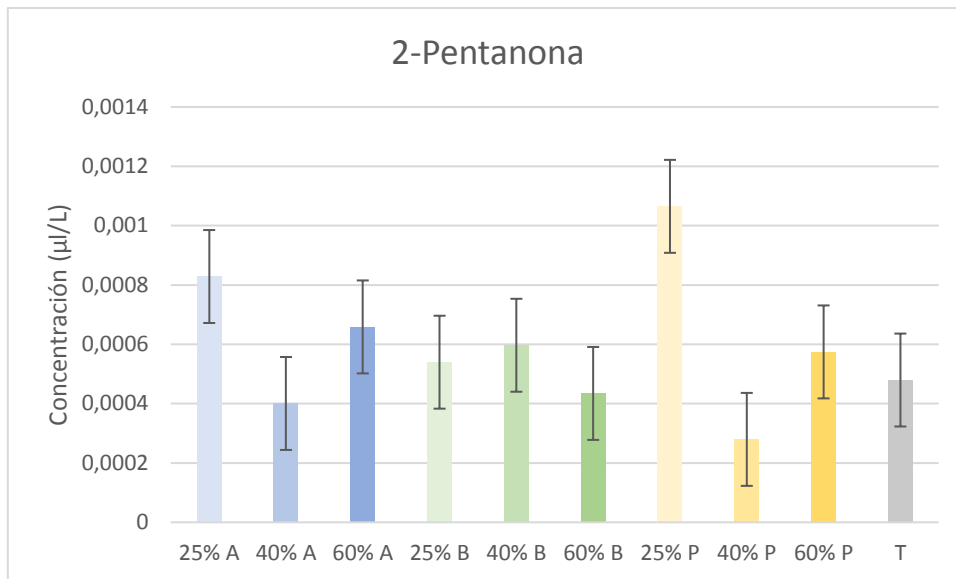


Figura 49. Concentración de 2-Pentanona (microlitros por litro) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

La concentración de 2-pentanona se movió en torno a 0,0001 y 0,0013 µl/L (Figura 49). Este es un compuesto que se encontró en todos los lotes estudiados. No se evidencian diferencias significativas con respecto al testigo, exceptuando una inclusión de 25% de planta, que mostró valores significativamente más altos que los del testigo.

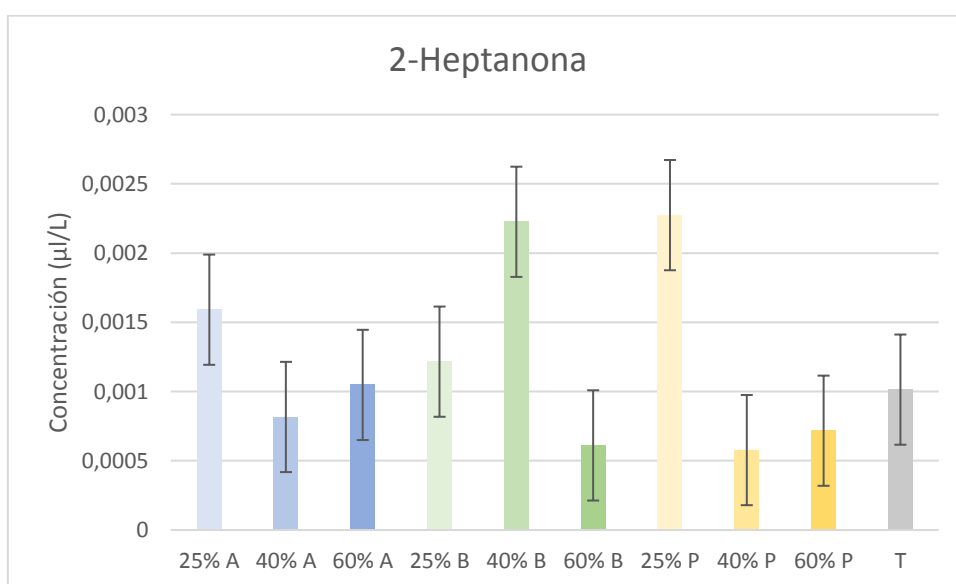


Figura 50. Concentración de 2-Heptanona (microlitros por litro) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

La concentración de 2-heptanona se movió en torno a 0,00025 y a 0,0028 $\mu\text{l/L}$ (Figura 40). Se evidencia una concentración mucho mayor que el testigo para las leches con inclusión de un 40% de brócoli y para un 25% de planta de alcachofa.

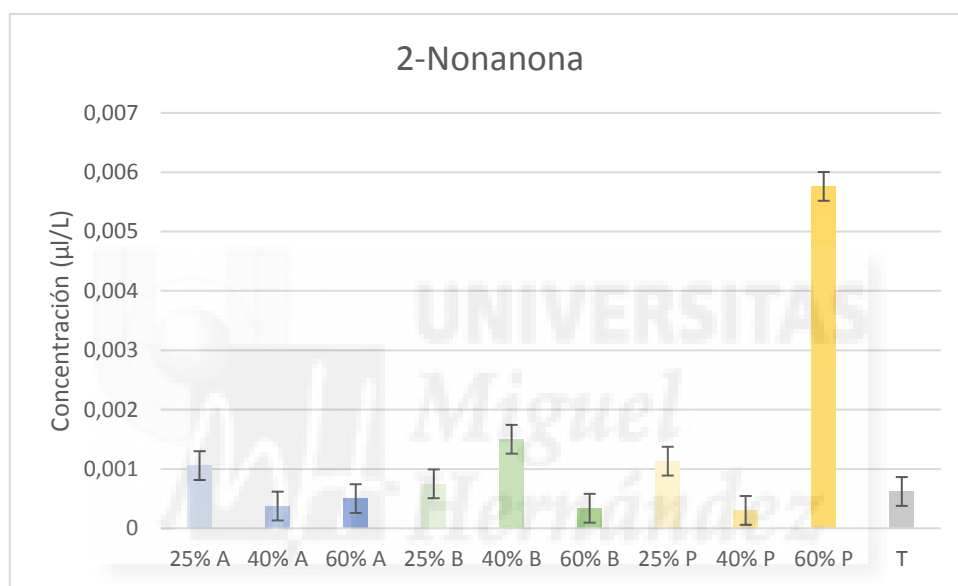


Figura 51. Concentración de 2-Nonanona (microlitros por litro) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

La concentración de 2-nonanona se movió en torno a 0,0001 y a 0,006 $\mu\text{l/L}$ (Figura 51). Se puede apreciar como la concentración se mantuvo bastante similar entre muestras, exceptuando la inclusión de 40% de brócoli y 60% de planta de alcachofa.

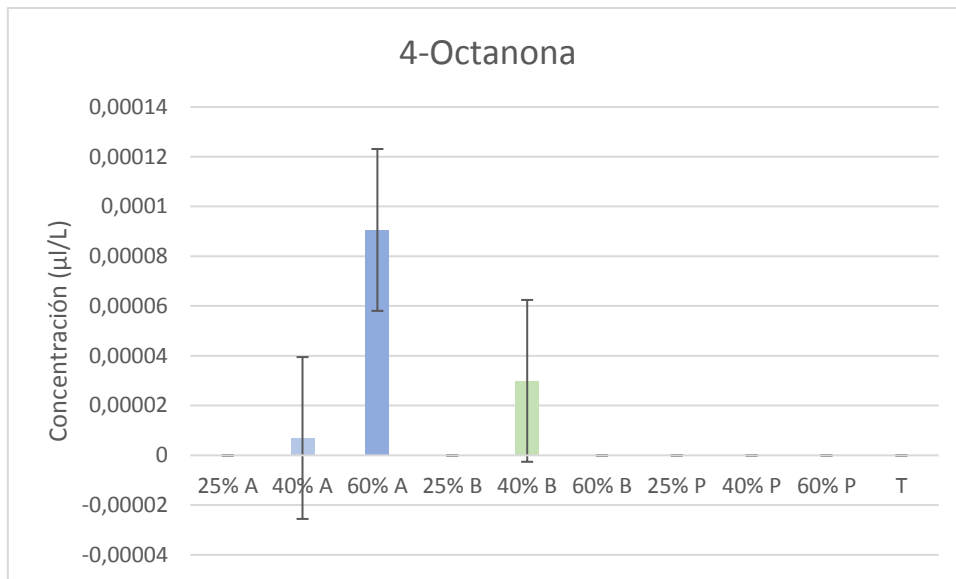


Figura 52. Concentración de 4-Octanona (microlitros por litro) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

La concentración de 4-octanona se movió en torno a 0 y a 0,00013 µl/L. Como evidencia la Figura 52, sólo se ha encontrado este compuesto volátil en tres de las diez muestras y estas tienen una gran variabilidad.

Se puede ver que los compuestos volátiles mencionados anteriormente se encontraron en todas las muestras de leche analizadas, exceptuando la 4-octanona, que solamente se encontró en tres de las diez muestras, se trata de un isómero de la 2 y 3 octanona que se encuentra en muchas plantas aromáticas. Todos ellos pertenecen a la familia de las cetonas (Vázquez-Landaverde *et al.*, 2005).

Aldehídos

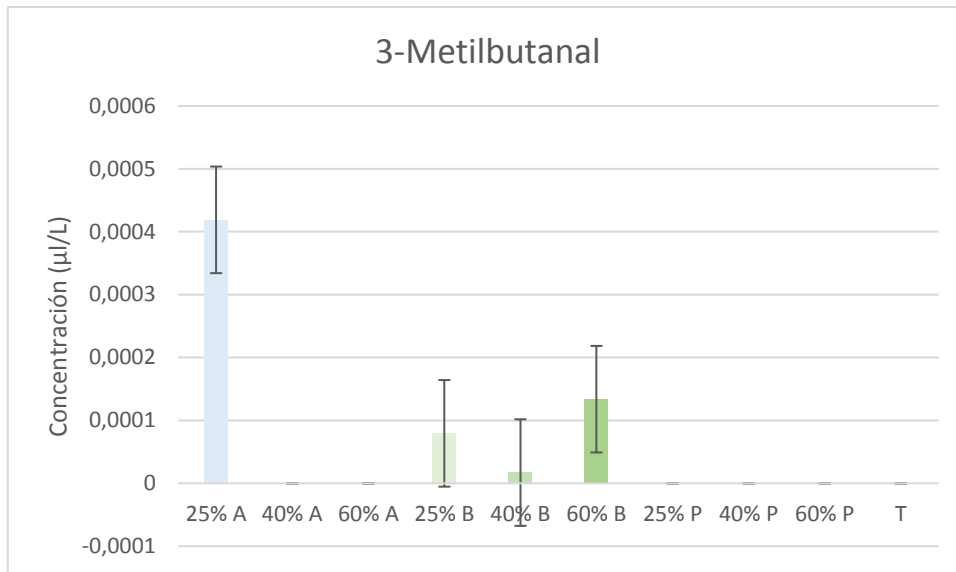


Figura 53. Concentración de 3-Metilbutanal (microlitros por litro) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

La concentración de 3-metilbutanal o iso-valer-aldehído se movió en torno a 0 y 0,0005 µl/L (Figura 53). Sólo se encontró este compuesto en cuatro de los diez lotes estudiados, lo que indica que existe gran variabilidad entre muestras de leche.

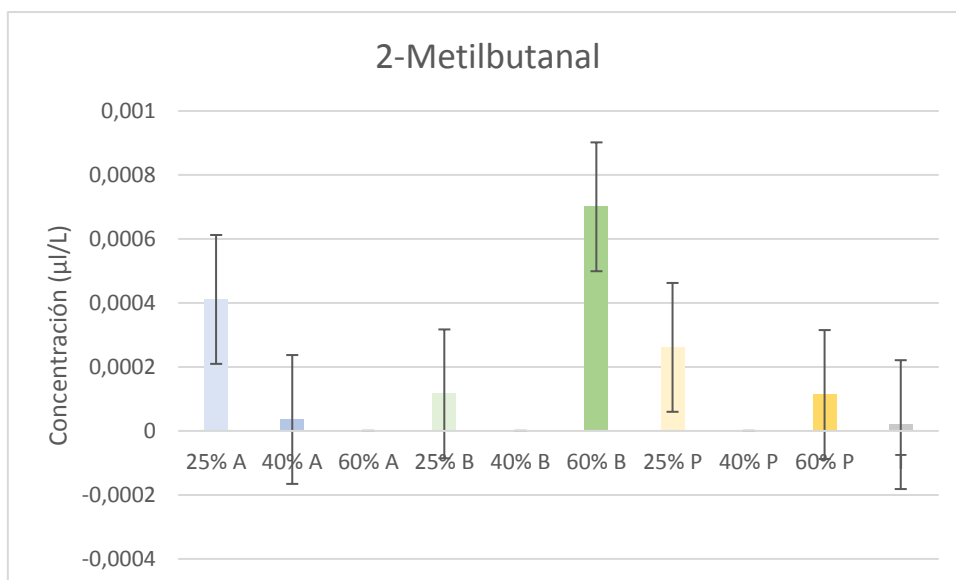


Figura 54. Concentración de 2-Metilbutanal (microlitros por litro) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

La concentración de 2-metilbutanal se movió en torno a 0 y 0,001 $\mu\text{L/L}$. Este compuesto volátil se encontró en siete de los diez lotes del estudio. Sin embargo, como evidencia la Figura 54, solamente una inclusión del 60% de brócoli superó significativamente la concentración del testigo.

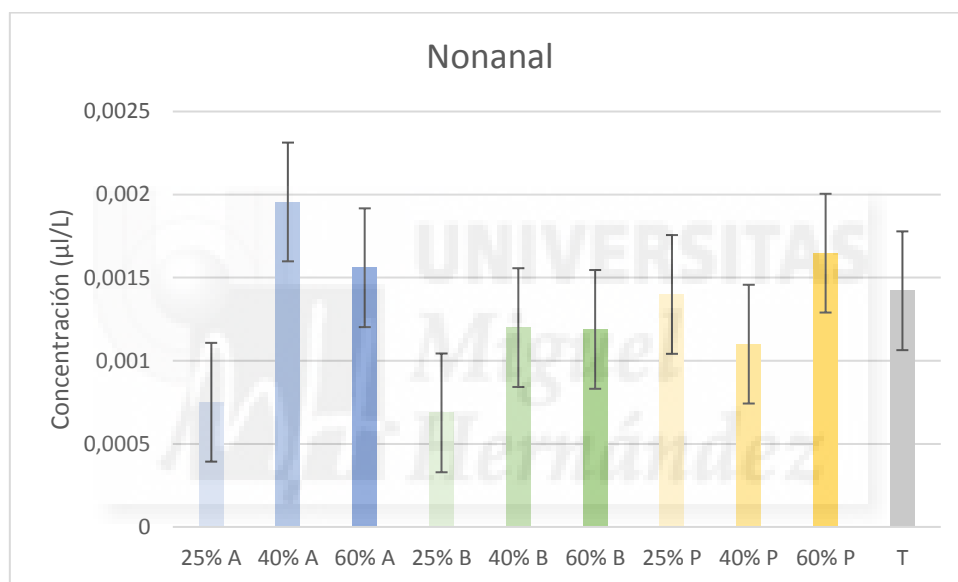


Figura 55. Concentración de Nonanal (microlitros por litro) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

La concentración de nonanal se movió en torno a 0,00035 y 0,0024 $\mu\text{L/L}$. Este compuesto se encontró en todas las muestras de leche empleadas en el estudio y no se aprecian diferencias significativas entre los lotes.

Este es un dato relevante ya que el nonanal es un compuesto volátil característico de leche cruda. Los aldehídos derivan de la degradación de lípidos (nonanal) o de aminoácidos (2-metilbutanal y 3-metilbutanal) (Vázquez-Landaverde *et al.*, 2005).

Ésteres

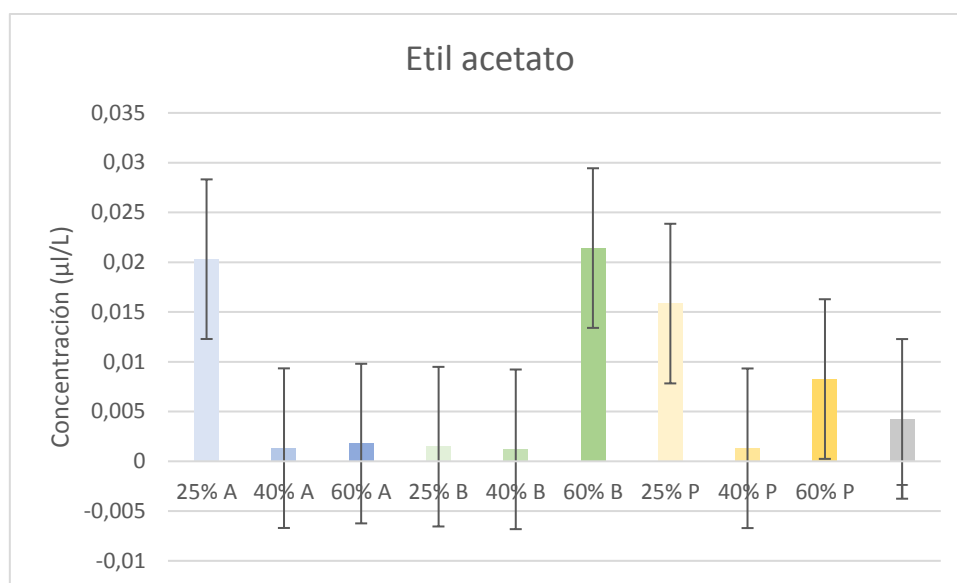


Figura 56. Concentración de Etil acetato (microlitros por litro) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

La concentración de etil acetato se movió en torno a 0 y a 0,03 µ/L y se encontró en todos los lotes estudiados. La Figura 56 evidencia que no existen diferencias entre la concentración de etil acetato de los lotes y el testigo, exceptuando la inclusión del 60% de brócoli, que es significativamente mayor.

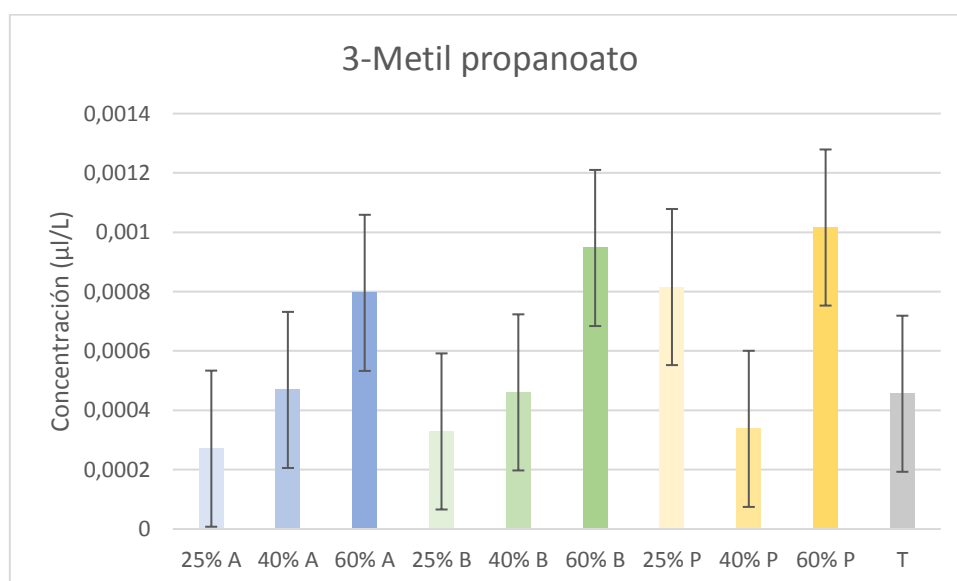


Figura 57. Concentración de 3-Metil propanoato (microlitros por litro) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

La concentración de 3-metil propanoato se movió en torno a 0 y a 0,0013 $\mu\text{L/L}$ y se encontró en todos los lotes estudiados. Se evidencia que la concentración de este compuesto volátil aumenta cuanto mayor es el porcentaje de inclusión de subproducto.

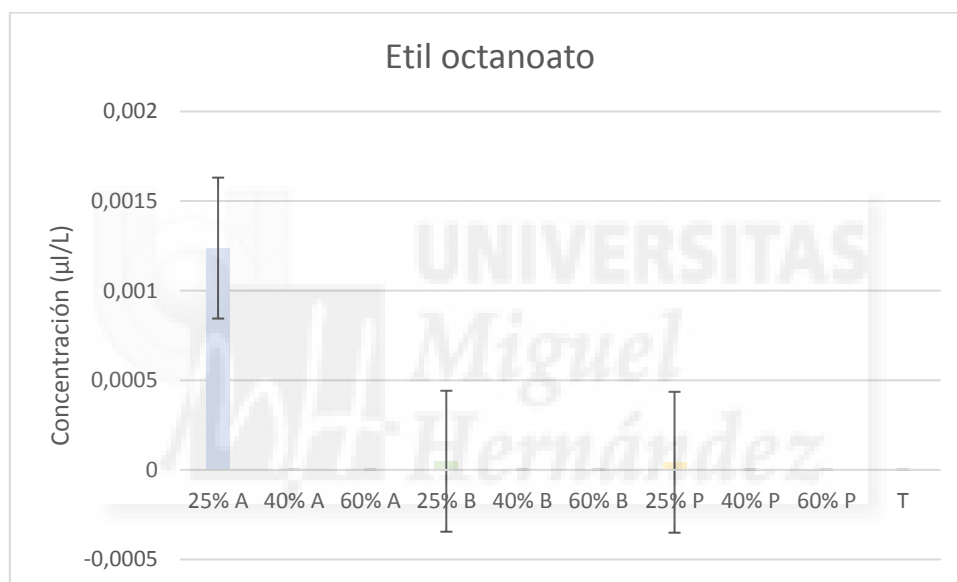


Figura 58. Concentración de Etil octanoato (microlitros por litro) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

La concentración de etil octanoato se encontró solamente en tres de los 10 lotes estudiados. Tanto 25% de brócoli como 25% de planta de alcachofa, evidenciaron concentraciones por debajo de 0,0005 $\mu\text{L/L}$, mientras que 25% de inclusión de brácteas de alcachofa mostró una concentración significativamente mayor. Este compuesto volátil es un compuesto habitualmente encontrado por otros autores en leche cruda (Tunick *et al.*, 2013).

Ácidos

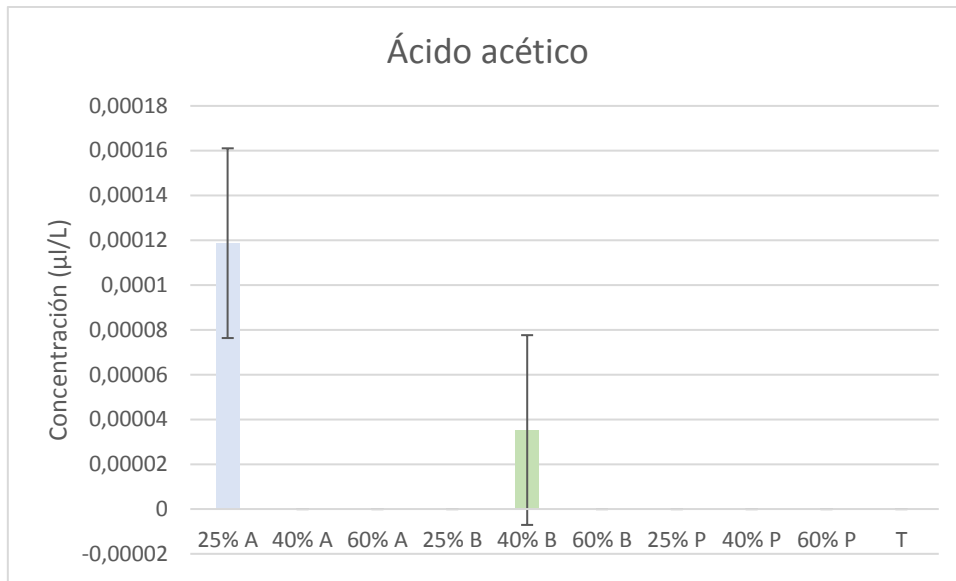


Figura 59. Concentración de Ácido acético (microlitros por litro) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

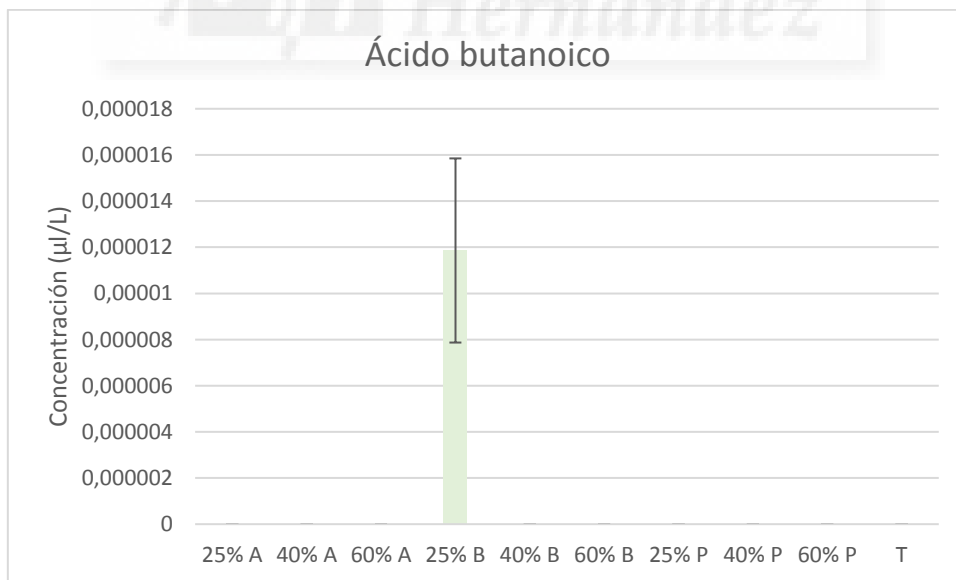


Figura 60. Concentración de Ácido butanoico (microlitros por litro) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

Tanto el ácido acético como el ácido butanoico son compuestos que se han encontrado en dos lotes en el caso del ácido acético (Figura 59) y en un lote en el caso del ácido butanoico (Figura 60). Esto son compuestos que proporcionan olores característicos a vinagre (el ácido acético) y olor característico a fermento (ácido butanoico).

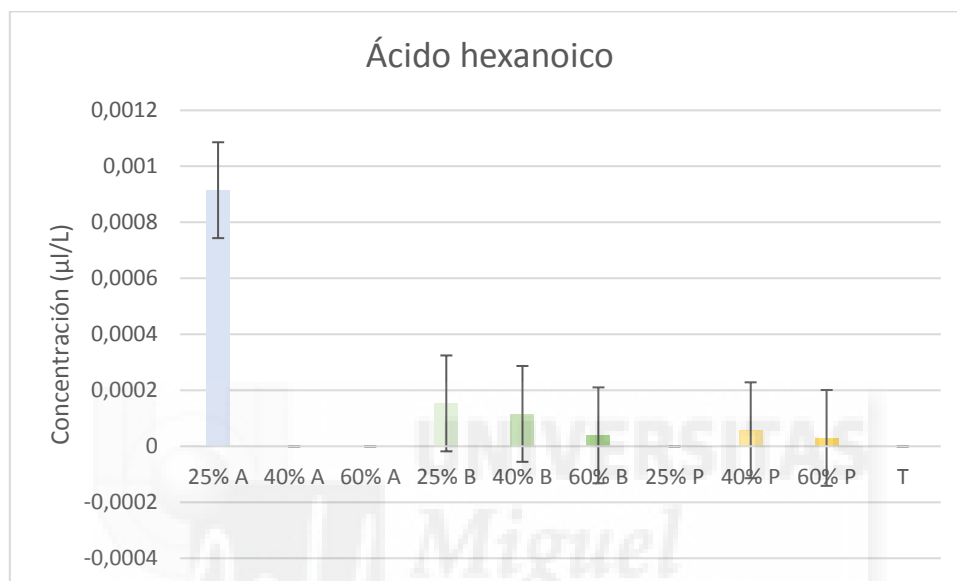


Figura 61. Concentración de Ácido hexanoico (microlitros por litro) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

El ácido hexanoico es un ácido típico que proporciona olor “a cabra” (Morgan y Gaborit, 2001). La concentración de este ácido se movió en torno a 0 y 0,0011 µl/L (Figura 61). Sin embargo, este compuesto no se detectó en todos los lotes. La mayor concentración de este ácido se encontró en el lote de un 25% de inclusión de alcachofa.

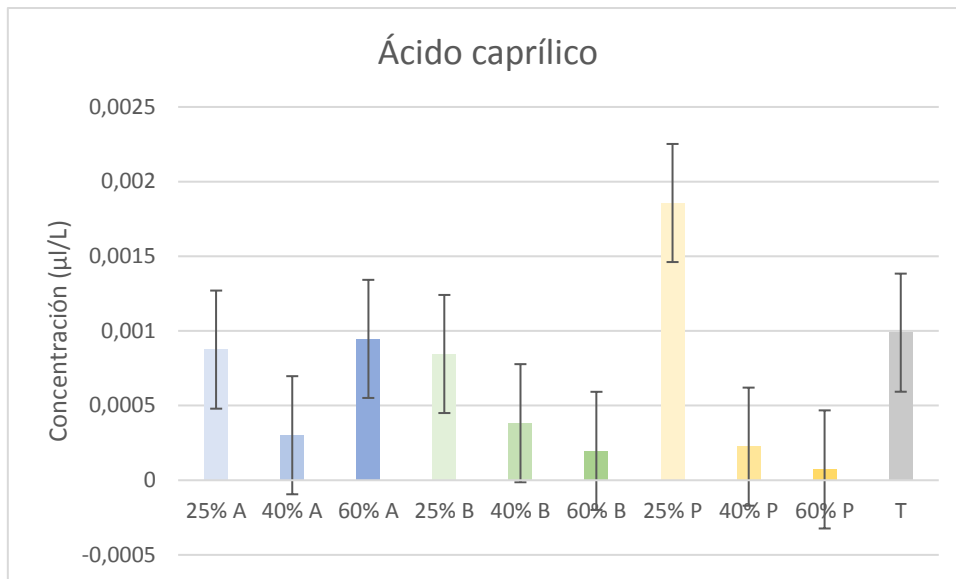


Figura 62. Concentración de Ácido caprílico (microlitros por litro) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

La concentración de ácido caprílico se movió en torno a 0 y 0,0024 µl/L (Figura 62). Este es un ácido característico que proporciona un olor “a cabra” (Morgan y Gaborit, 2001). La concentración de ácido caprílico evidencia una tendencia a disminuir a medida que se aumenta la concentración del subproducto, llegando a ser significativamente menor la leche con una concentración del 60% de subproducto que la del testigo, exceptuando el 60% de brácteas de alcachofa.

Sulfuros

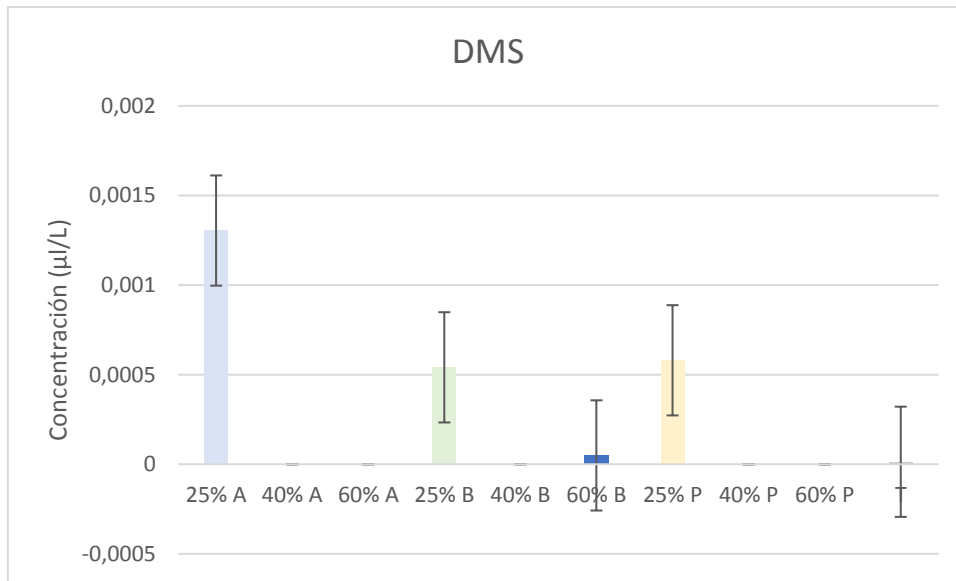


Figura 63. Concentración de Dimetil sulfuro (DMS) (microlitros por litro) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

La concentración de DMS se encontró en cinco lotes analizados, entre ellos el testigo. La concentración se movió entre 0 y 0,0016 $\mu\text{l/L}$ (Figura 63). La concentración de DMS se encontró en todas las inclusiones del 25% de subproductos (brácteas de alcachofa, brócoli y planta de alcachofa) de forma significativa y además se encontró en el lote con inclusión de 60% de planta de alcachofa.

Este es un compuesto que se encuentra de forma natural en leche cruda y además puede ser formado por la desnaturalización por calor de proteínas lácteas (Vazquez-Landaverde, 2005).

Terpenos

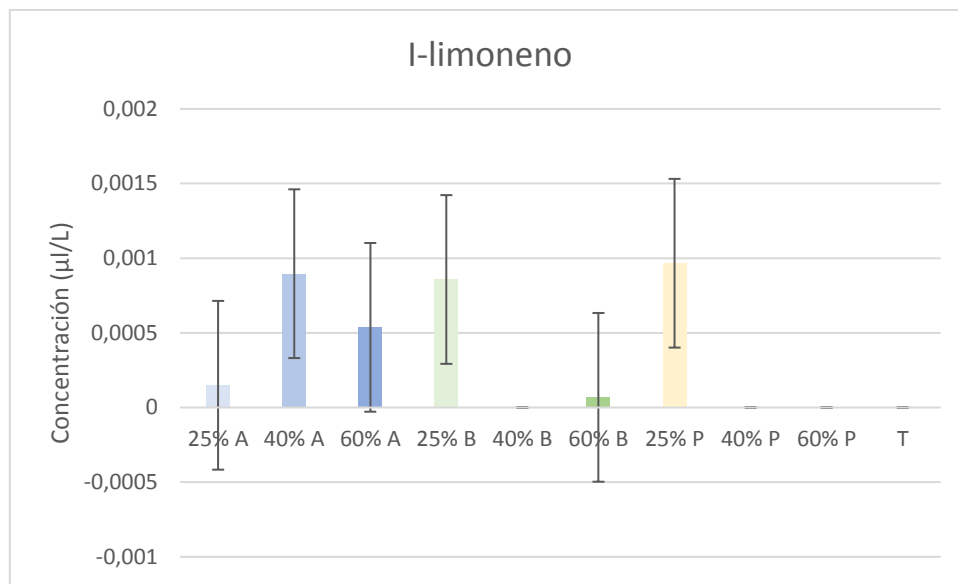


Figura 64. Concentración de l-limoneno (microlitros por litro) en función de la alimentación en leche de cabras Murciano-Granadinas alimentadas con dietas con inclusión de 25%, 40% y 60% de tres tipos de subproductos (T: Testigo, A: brácteas de alcachofa, B: subproducto de brócoli y P: planta de alcachofa).

La concentración de limoneno se movió entre 0 y 0,0015 µl/L (Figura 64). Se encontró este compuesto en seis de los diez lotes estudiados. Se evidencia una gran variabilidad entre las muestras y no se aprecian diferencias significativas entre lotes. El limoneno es un compuesto propio de cítricos y presente en algunos vegetales (Cerutti y Neumayer, 2004).

5. CONCLUSIONES

Experimento de 2015:

La modificación de la dieta con inclusión de brácteas y planta a dos niveles diferentes, 12,5% y 25% no modifica el perfil y contenido mineral de la leche. No se modifica el perfil y contenido de macrominerales, tan solo se ocasionan pequeñas diferencias en algunos minerales minoritarios: al incluir un 25% de subproducto de brácteas de alcachofa, se reduce el contenido en azufre y en boro; con una inclusión de un 12,5% de subproducto de planta se reduce el contenido en cobre; y una inclusión de un 25% de subproducto de brácteas de alcachofa y de planta de alcachofa reduce la concentración de cobre y de molibdeno en leche de cabra.

Por tanto, la incorporación de un 12,5% y de un 25% de subproducto de brácteas de alcachofa y brácteas de alcachofa, puede hacerse sin detrimento del perfil nutricional mineral de la leche y de la aptitud tecnológica ligada a esos minerales.

Experimento de 2016:

La inclusión de subproducto de alcachofa provoca un aumento en el contenido en todos los macrominerales, no así la inclusión de brócoli y planta de alcachofa cuyo comportamiento es más similar al del testigo. La inclusión de brócoli ocasiona ligeras e irregulares variaciones del contenido en macrominerales, mientras que la inclusión de planta de alcachofa ocasiona una alta estabilidad en el contenido mineral.

La concentración de subproducto añadido no tiene un efecto lineal, en ocasiones 25 y 40% tienen un comportamiento similar (aumentan o disminuyen) mientras que el 60% tiene un comportamiento similar al testigo.

El contenido inicial en minerales de cada lote es ligeramente diferente en función de los animales que forman el grupo.

La modificación de la dieta con inclusión de brácteas, brócoli y planta a los concentraciones ensayadas no provoca grandes cambios en el contenido mineral, salvo para el subproducto de alcachofa. De las concentraciones ensayadas el 40% parece ofrecer las mayores ventajas en cuanto a aumento de macrominerales en leche.

El grupo de volátiles más abundante encontrado en leche de cabra son cetonas, seguido por ésteres, aldehídos, ácidos, sulfuros y terpenos. La inclusión de subproductos de alcachofa, brócoli y planta de alcachofa no ocasiona modificaciones significativas del perfil de volátiles. No hay perfiles ni compuestos distintivos para las dietas ensayadas de modo que no es esperable un impacto de la alimentación en el perfil aromático de la leche y sus productos derivados. De cualquier modo es necesario realizar más estudios sobre efecto de la alimentación a largo plazo en el perfil de compuestos volátiles.



6. BIBLIOGRAFÍA

- Cashman, K. D., 2002. Encyclopedia of Dairy Sciences. MINERALS IN DAIRY PRODUCTS. Macroelements, Nutritional Significance. Edit. Roginski. Elsevier Science Ltd London.: 2054-2059.
- Chacón Villalobos, A., 2005. ASPECTOS NUTRICIONALES DE LA LECHE DE CABRA (*Capra hircus*) Y SUS VARIACIONES EN EL PROCESO AGROINDUSTRIAL. AGRONOMÍA MESOAMERICANA, 16: 239-252.
- Codex Alimentarius, 2008. DIRECTRICES PARA EL USO DE AROMATIZANTES. CAC/GL 66-2008.
- Crespo Romero, E., 2001. Boron, essential micronutrient element in bone functioning. SERVICIO DE TRAUMATOLOGÍA Y CIRUGÍA ORTOPÉDICA. HOSPITAL CLÍNICO UNIVERSITARIO DE VALENCIA. Vol. 36. Nº 206: 89-90
- Croissant, A. E., Washburn, S. P., Dean, L. L., Drake, M. A., 2007. Chemical Properties and Consumer Perception of Fluid Milk from Conventional and Pasture-Based Production Systems. American Dairy Science Association, 90.
- DGPA, 2005. Dirección General de Promoción Agraria. ASPECTOS NUTRICIONALES Y TECNOLÓGICOS DE LA LECHE. Ministerio de Agricultura Dirección de Crianzas.
- Eknæs, M., y Skeie, S. 2006. Effect of different level of roughage availability and contrast levels of concentrate supplementation on flavour of goat milk. Small Ruminant Research, 66: 32–43.
- FEN, 2016. Fundación Española de la Nutrición. Composición nutricional de la leche de cabra: www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/lechecabra.pdf
- Fresno Baquero, M., Álvarez Ríos, S., Rodríguez Rodríguez, E., Díaz Romero, C., Darías Martín, J., 2011. Influence of diet and rennet on the composition of goats' milk and cheese. Journal of Dairy Research, 78: 250-256.
- INLAC, 2017. Organización interprofesional láctea. EL SECTOR LÁCTEO EN ESPAÑA. Datos de producción, industria y consumo 2008-2015.

Kellogg, D. W., Kegley, E. B, 2002. Encyclopedia of Dairy Sciences. FEED SUPPLEMENTS. Organic-Chelated Minerals. Edit. Roginski. Elsevier Science Ltd London.: 975.

MAPAMA, 2017. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

Informe del consumo de alimentación en España 2015:

http://www.mapama.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/informeconsumoalimentacion2015_tcm7-422694.pdf

Mellado, M., García, J. E., 2013. Effects of Abortion and Stage of Lactation on Chemical Composition and Mineral Content of Goat Milk from Mixed-Breed Goat on Rangeland. *Elsevier*, 8: 1-5.

Meneses Mayo, M., 2002. Evaluación nutritiva y fermentativa del ensilado de dos subproductos agroindustriales brócoli ("Brassica oleracea, var itálica") y alcachofa ("Cynara scolymus") para su empleo en alimentación animal.

Morgan, F., Gaborit, P., 2001. The typical flavour of goat milk products: technological aspects. *Society of Dairy Technology*, Vol. 54 Nº 1: 38-40.

Park, Y. W., Juárez, M., Ramos, M., Haenlein G. F. V., 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68: 88-113.

Peña Blanco, F., Vega Vilca, J., Sánchez Rodríguez, M., Martos Peinado, J., García Martínez A., Domenech García, V. 2000. PRODUCCIÓN LÁCTEA Y AJUSTE DE LA CURVA DE LACTACIÓN EN CAPRINOS DE RAZA FLORIDA. Departamento de Producción Animal, Universidad de Córdoba, Córdoba, España.

Pereira, R. A. G., Oliveira, C. J. B., Medeiros, A. N., Costa, R. G., Bomfim, M. A. D., Queiroga, R. C. R. E., 2010. Physicochemical and sensory characteristics of milk from goats supplemented with castor or licuri oil. *American Dairy Science Association*, 93: 456-462.

Queiroga, R. C. R. E., Fernandes, M. F., Medeiros, A. N., Costa, R. G., Oliveira, C. J. B., Bomfim, M. A. D., Guerra, I. C. D., 2009. Physicochemical and sensory effects of cotton seed and sunflower oilsupplementation on Moxotó goat milk. *Small Ruminant Research*, 82: 58-61.

Ramírez-Navas, J. S., 2009. Composición mineral de la leche de vaca: los fosfatos. ResearchGate. Escuela de Ingeniería de Alimentos, Universidad del Valle Ciudad Universitaria, Meléndez, Cali, Colombia.

RODDEN, D. 2004. Dairy goat composition.

Sanz Ceballos, L., Ramos Morales, E., de la Torre Adarve, G., Díaz Castro, J., Pérez Martínez, L., Sanz Sampelayo, M. R., 2009. Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed by identical methodology. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22: 322–329.

SAS[®], 2012. User's Guide: Statistics. The Mixed Procedure. Version 9.2. SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA.

Satter, L. D., 2003. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. FEED SUPPLEMENTS. Macrominerals. Edit. Roginski. Elsevier Science Ltd London.: 975.

Tunick, M. H., Iandola, S. K., Van Hekken D. L., 2013. Comparison of SPME Methods for Determining Volatile Compounds in Milk, Cheese, and Whey Powder. *Foods*, 2: 534-543.

Vázquez-Landaverde, P. A., Velázquez, G., Torres, J. A., Qian, M. C., 2005. Quantitative determination of thermally derived off-flavor compounds in milk using solid-phase microextraction and gas chromatography. *American Dairy Science Association*, 88: 3764-3772.

Walstra, P., Jenness, R. 1984. *Química y física lactológica*. Edit. Acribia, S.A. Cap. 1: 8-9.

Walstra, P., Jenness, R. 1984. *Química y física lactológica*. Edit. Acribia, S.A. Cap. 18: 306-312.

Walstra, P., Jenness, R. 1984. *Química y física lactológica*. Edit. Acribia, S.A. Cap. 19: 329-333.

Zervas, G., Tsiplakou, E. 2011. The effect of feeding systems on the characteristics of products from small ruminants. *Small Ruminant Research*, 101: 140-149.