PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA

Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias

Trabajo final de graduación para optar por el título de:
Ingeniero Agrónomo

Evaluación y valoración de micro-silos de hez de malta

Autor: Guillermo Joaquín Bini Legarreta

Tutora: Dra. María Julieta Olocco Diz

Fecha: 23/6/2020

Nota: 10 (diez)

RESUMEN

La emergente moda de la producción de cerveza artesanal (micro cervecerías) en zonas urbanas está trayendo consigo la producción en pequeña escala de uno de los sub-productos de la industria: hez malta. Esta es considerada una rica fuente de proteína para la alimentación animal muy utilizada en tambos y feed-lots. El principal problema que genera el bagazo en las cervecerías es su volumen, debido a su alto contenido de agua (25 a 30% de MS). Las cervecerías industriales solucionaron este inconveniente comercializando la hez de malta húmeda. Esta misma solución no puede ser utilizada por las micro cervecerías debido a que el bagazo producido diariamente no les permite su comercialización por falta de volumen, "obligándolos" a deshacerse de este sub-producto por las vías de residuos domésticos.

En este trabajo se analizó la calidad de micro silos de hez de malta de cervecería artesanal a través de análisis de Van soest en los silos a tiempo 0-45-90 días. Lla viabilidad de realizarlos en dichos establecimientos para su posterior aprovechamiento, y de esta forma poder encontrarle una solución práctica al problema, utilizando lo que hoy es un residuo, como alimento en la producción animal.

El análisis de la varianza de cenizas muestra diferencias significativas ($P<0.05$) entre las muestras ensiladas a 90 días y las demás. Con respecto a los valores de PB, FDN, FDA y MS, el resultado del análisis de la varianza no muestra diferencias significativas ($P>0.05$) entre las muestras ensiladas (45 y 90 días) y el valor de las muestras sin ensilar.

En conclusión, la utilización de micro silos (o silos) como método de conservación para su posterior aprovechamiento de la hez de malta, es un método eficiente y recomendable para que las micro cervecerías puedan transformar un residuo en un sub-producto.

Palabras clave:

Hez de Malta – Microsilos – Conservación de alimentos - Subproductos – Deshechos industria alimenticia

TABLA DE CONTENIDOS

Resumen 3
Palabras clave: 3
Introducción 5
Cerveza 5
Subproductos 5
Levadura de cerveza: Saccharomyces cerevisiae. 5
Hez de Malta: 5
Hipótesis 9
Objetivos 9
Materiales y Métodos 10
Resultados 12
Discusión y conclusiones 14
Bibliografía 16
ANEXO 1 18
Análisis estadístico y supuestos del modela DCA. 18
Análisis Estadístico para pH 18
Supuestos del Modelo: Normalidad y Homocedasticidad 18
Análisis Estadístico para FDN 20
Supuestos del Modelo: Normalidad y Homocedasticidad 20
Análisis Estadístico para FDA 22
Supuestos del Modelo: Normalidad y Homocedasticidad 23
Análisis Estadístico para Cenizas 26
Supuestos del Modelo: Normalidad y Homocedasticidad 26
Análisis Estadístico para Materia seca 28
Supuestos del Modelo: Normalidad y Homocedasticidad 28
ANEXO 2 31

INTRODUCCIÓN

Cerveza

El Código Alimentario Argentino define a la cerveza como "(…) la bebida resultante de fermentar, mediante levadura cervecera, al mosto de cebada malteada o de extracto de malta, sometido previamente a un proceso de cocción, adicionado de lúpulo. Una parte de la cebada malteada o de extracto de malta podrá ser reemplazada por adjuntos cerveceros (Codigo Alimentario Argentino, 2001)". En el caso de la cerveza artesanal, el código aclara que "Podrá incluirse la leyenda 'Elaboración Artesanal' en el rótulo de aquella cerveza que cumpla con las siguientes exigencias:

a) Que no utilice en su producción aditivos alimentarios; y

b) Que se encuentre adicionada únicamente con ingredientes naturales; y

c) Que la elaboración sea de manera manual o semiautomática; y

d) Que en el caso que se le agregue jugos o extractos de frutas, éstos sean previamente pasteurizados. (Codigo Alimentario Argentino, 2001)

La elaboración de la cerveza puede dividirse en dos etapas. La primera donde el almidón del cereal se convierte en azucares fermentables por medio de enzimas que se encuentran en la malta, y una segunda etapa donde se produce la fermentación alcohólica del azúcar por acción de la levadura, liberando alcohol y CO_2.

Subproductos

Durante el proceso de elaboración de cerveza se generan grandes cantidades de subproductos, dentro de los cuales se destacan principalmente:

Levadura de cerveza: Saccharomyces cerevisiae.

Considerada una fuente de muchos compuestos de interés alimentario y farmacéutico. Entre los componentes de mayor atractivo se encuentran los polisacáridos y las proteínas. Éstas en conjunto representan más del 70% del peso seco de la célula (Otero *et al.*, 2000).

Es utilizada como aditivo en dietas de animales. Por ejemplo, en dietas de pollos parrilleros mejora su producción, inclusive cuando reemplaza hasta 1/3 del núcleo vitamínico mineral, o cuando se la combina con otros aditivos como antibióticos o prebióticos. (Peralta *et al.*, 2008).

La levadura líquida también es utilizada en alimentación líquida de cerdos entre un 5 %, de la dieta en lechones, y un 15 %, de la dieta de madres en gestación (Llanes & Gozzini, 2015).

Hez de Malta:

Es el cereal malteado, molido y mezclado con agua para extraer los azucares fermentables. Se caracteriza por tener un alto contenido de humedad (80%) (INTI, 2008) y de proteína (mayor al 24% PB) (Garciarena *et al.*, 1996).

Según José Bini, productor de cerveza artesanal en Martínez, por cada litro de cerveza se utilizan entre 150g y 170g de malta y se generan unos 500g de hez de malta tal cual (Bini, 2017). Pignocchi y Molina (2018) sostienen que por cada litro de cerveza elaborada se generan 300g de hez de malta tal cual y según Obuchi (2017) se generan 570g por litro.

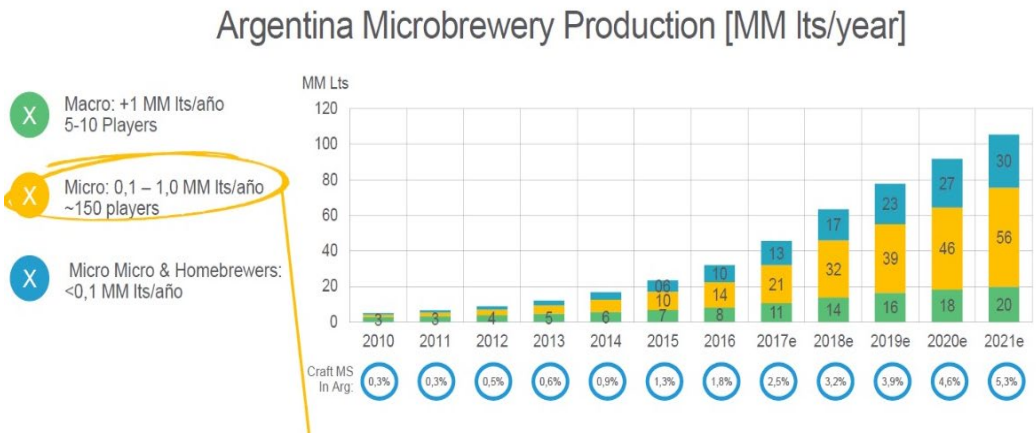
Otros autores sostienen que la producción de cerveza artesanal produce 45 Kg de hez de malta por cada 100 litros de líquido (Thomas & Rahman, 2006).

Un estudio realizado por la empresa Tap Craft (Gráfico 1), dedicada a la importación y comercialización de insumos para micro cervecerías, estimó una producción para el 2019 de 80 millones de litros (3.9 % del *market share*) y una producción estimada para al 2021 mayor a 100 millones de litros. Estos valores coinciden con una proyección realizada por el IPATEC (Libkin, Bruzone, & Stanciu, 2018).

Tomando esta estimación de producción (80 millones de litros) y un promedio de 400g de hez de malta tal cual, generada por litro de cerveza elaborada, podemos concluir que en 2019 las micro cervecerías generaron 32000 Tn. de hez de malta aproximadamente.

La emergente moda de la producción de cerveza artesanal (micro cervecerías) en zonas urbanas está trayendo consigo la producción en pequeña escala de uno de los sub-productos de la industria: hez malta. El principal problema que genera el bagazo en las cervecerías es su volumen, debido a su alto contenido de agua: 25 a 30% de MS (Garciarena et al., 1996; Gallardo 2018), el cual complica su almacenamiento para posterior utilización ya que el espacio disponible en las micro cervecerías suele ser acotado. Las cervecerías industriales solucionaron este inconveniente comercializando la hez de malta húmeda. Esta misma solución no puede ser utilizada por las micro cervecerías debido a que el bagazo producido diariamente no les permite su comercialización por falta de volumen, "obligándolos" a deshacerse de este sub-producto por las vías de residuos domésticos o contratando un servicio privado de recolección de residuos.

Gráfico 1. Producción de micro cervecerías argentinas Tap Craft (2017)



Composición

La Tabla 1 muestra la composición nutricional de la hez de malta. Forma parte de la base de datos de los programas ReqnovPlus, Ración Plus, Reqnov y Ración del Inta. Los datos provienen de análisis realizados en la EEA Balcarce y EEA Rafaela.

Tabla 1: Tabla de composición de alimentos para hez de malta

GRUPO	NOMBRE	% MS	% DIVMS	EM (Mcal/ kgMS)	% PB	% PDR	% FDN	% Calcio	% Fósforo
Sub producto	HEZ DE MALTA	32.5	66.3	2.39	29.0	40	52	0.30	0.60

Ing. Agr. Héctor H. Fernández. 2010. Nutrición Animal, INTA EEA Balcarce

Usos en alimentación animal

La hez de malta es un producto muy utilizado en tambos, debido a su aporte de proteína by-pass (COMPAL , s.f.), y en algunos modelos de engorde de ganado a corral como fuente de proteína. Su principal ventaja es el precio, al tratarse de un sub-producto de la industria cervecera, este suele ser muy bajo. Pero su comercialización y almacenaje suele ser problemático debido a su bajo porcentaje de materia seca.
Un trabajo realizado por Fernández Herrero *et al.* (2013), demuestra como también se puede utilizar la hez de malta para obtención de ensilado biológico de anchoita (*Engraulis anchoita*), utilizando hez de malta de cebada (*Hordeum vulgare L*) como fuente de hidratos de carbono.

Métodos de Conservación

La conservación de los alimentos es el conjunto de métodos que evitan su deterioro durante un período más largo o corto, conocido como tiempo de conservación.

Los sistemas de producción de leche y/o de carne en Argentina basan la alimentación de los animales en pasturas semipermanentes, complementadas con cultivos anuales y granos. La actual intensificación determina altos requerimientos nutricionales y esto hace necesario contar con forrajes de alta calidad para no comprometer la producción de los animales. Las pasturas, independientemente de las especies utilizadas, presentan una curva de crecimiento con alta concentración de la producción de forraje en el período primavera-verano y una menor oferta en otoño-invierno. Para mantener producciones estables y continuas durante el año, es necesario compensar el déficit con el uso de forrajes conservados y/o granos. Los primeros pueden ser obtenidos con los excedentes de las pasturas o con cultivos sembrados para tal efecto. Las técnicas de conservación que suelen utilizarse son la henificación, el henolaje y el ensilado.

Ensilado:

El ensilado es la fermentación de los carbohidratos solubles del forraje por medio de bacterias que producen ácido láctico en condiciones anaeróbicas. El producto final es la conservación del alimento porque la acidificación del medio inhibe el desarrollo de microorganismos (Garcés Molina *et al*, 2004).
El proceso del ensilaje se puede dividir en cuatro etapas:

Fase 1 - Fase aeróbica. En esta fase disminuye rápidamente el oxígeno atmosférico presente en la masa vegetal. Esto se debe a la respiración de los materiales vegetales y a los microorganismos aeróbicos y aeróbicos facultativos como las levaduras y las enterobacterias (Elferink, 1998). Esta fase no debería durar más de 2 horas (Carluccio *et al.*, 2001)

Fase 2 - Fase de fermentación. Como consecuencia de la disminución del oxígeno, comienza al producirse un ambiente anaeróbico el cual es preponderante para el desarrollo de bacterias productoras de ácido láctico (LAB). Estas bacterias usan los

azucares del jugo celular transformándolo en ácidos orgánicos (Serrentino 1990). A causa de la producción de estos ácidos, el PH bajara a valores entre 3,5 y 5. Esta fase puede durar de 2 a 3 semanas (Acosta 2011)

Fase 3 - Fase estable. Mientras se mantenga el ambiente sin aire, ocurren pocos cambios. Esta fase dura hasta que se abre el silo para comenzar el suministro.

Fase 4 - Fase de deterioro aeróbico. Esta fase comienza con la apertura del silo y la exposición del ensilaje al aire. Esta etapa es inevitable ya que se debe al suministro del material ensilado a los animales. Los organismos aeróbicos vuelven a desarrollarse degradando los ácidos orgánicos. Esto induce un aumento en el valor del PH dando lugar a un aumento de la actividad de microrganismos que deteriorar el ensilaje (Elferink, 1998).

Para evitar fracasos, es importante controla y optimizar el proceso de ensilaje encada paso.

Como proponen Alaniz Villanueva *et al.* (2014) el ensilado puede ser un método eficaz para conservar la hez de malta y poder utilizarla posteriormente. De esta forma se puede evitar su descomposición y desaprovechamiento.

HIPÓTESIS

La elaboración de silos es un método eficiente para la conservación de la hez de malta, ya que conserva correctamente sus características nutricionales

OBJETIVOS

Analizar la viabilidad de realizar micro silos de hez de malta para su posterior aprovechamiento.

Evaluar y valorar su aporte nutricional por análisis de laboratorio

Compara calidad del producto inicial y final en base a datos de la bilbiografía.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de hez de malta se tomaron de la cervecería Bierhaus de Kunze S.R.L, ubicada en la localdad de Martínez, Prov. de Bs. As. En este mismo lugar se realizaron los silos.

Los análisis por química húmeda se realizaron en el LEAA (Laboratorio de Evaluación de Alimentos para Animales) de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la UCA.

El ensayo de ensilado se realizó sobre 6 lotes de producción de un estilo de cerveza determinado (Golden). Cada uno de los lotes está compuesto por 800 Kg. de hez de malta tal cual.

Se tomó 1 muestra homogénea de 60 Kg de cada lote de la cual se obtuvo:

- Una sub-muestra de 500 gr la cual se congeló para su posterior análisis (previo al ensilado)
- Una muestra de 29 Kg, la cual se ensiló en un balde de 20 litros hermético el cual se abrió a los 45 días, y del que se tomó una sub-muestra de 500 gr., que se congeló para su posterior análisis.
- Una muestra de 29 Kg, la cual se ensiló en un balde de 20 litros hermético, el cual se abrió a los 90 días, y del que se tomó una sub-muestra de 500 gr., que se congeló para su posterior análisis.

Los 12 silos se dejaron a la intemperie. A los 45 días, considerando el periodo de estabilización de un proceso de ensilado, se abrieron los primeros silos. Una vez transcurridos los 90 días, considerados como un período evaluatorio comparable a la bibliografía (Alaniz Villanueva *et al*. 2014, Mier Quiroz 2010) se abrieron los silos del segundo lote y se llevaron las 3 sub-muestras congeladas de cada lote al LEAA de la Facultad de Ingenieria y Ciencias Agrarias de la UCA. Se realizaron los análisis proximales de FDN (fibra neutro detergente), FDA (fibra ácido detergente), PB (proteína bruta), Cz (cenizas) y MS (materia seca), según técnica de Van Soest y se tomaron los pH.

El modelo estadístico se detalla a continuación:

- Factor: Ensilado (3 niveles 0, 45 y 90 días)
- Variables respuesta evaluada: pH, FDN, FDA, Cz, PB y MS
- Repeticiones: 6 repeticiones por cada variable
- Fórmula Aplicable: MODELO

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + e_{ij}$$

Donde:

- y_{ij} es el valor de la variable respuesta correspondiente en cada unidad experimental.
- μ es la media general o media de la población.
- α_i es el efecto del nivel i (Tiempo de ensilado) y que es común a todos los individuos que recibieron ese tratamiento.

- e_{ij} es el residuo o error aleatorio que existe dentro de cada nivel, entre los individuos (Silos).

Por otro lado, para probar la normalidad, analíticamente se utilizó la prueba de Shapiro-Wilks y el gráfico Q-Q Plot (ver Anexo). Para la homocedasticidad, se utilizó la prueba de Levene y el Gráfico de Dispersión (ver Anexo)

El análisis estadístico fue realizado con el programa estadístico *InfoStat*[1].

Los resultados fueron analizados mediante un análisis de la varianza *ANOVA*, en un diseño completamente aleatorizado (DCA). El análisis de la varianza permite comparar dos o más medias poblacionales asociadas a tratamientos, como también decidir si los tratamientos difieren significativamente del resto.

Se verificó que los supuestos fueron válidos, para que las conclusiones del *ANOVA* sean válidas. Las muestras fueron aleatorias y las observaciones independientes. Las variables se comportaron con normalidad y cumplieron el supuesto de homocedasticidad.

[1] FCA Universidad Nacional de Córdoba

RESULTADOS

Al momento de abrir los silos, el material se encontró en excelente estado de conservación. El color de la hez de malta fermentada era similar al de la hez de malta sin fermenta (gradientes del color pardo), su textura era la de una masa húmeda y consistente y el olor levemente acético.

En la tabla 2 se muestra los resultados obtenidos.

Tabla 2: Resumen de los datos obtenidos en el laboratorio.

Resultados Análisis de Laboratorio			
Variable	Días	Media	D.E.
MS	0	25,23	1,30
	45	24,58	0,70
	90	25,84	0,86
PB	0	17,76	0,67
	45	18,23	0,66
	90	18,83	1,79
FDA	0	15,22	1,20
	45	16,25	1,36
	90	16,8	1,01
FDN	0	44,38	2,60
	45	45,63	2,90
	90	44,41	2,40
Cz	0	3,05[a]	0,19
	45	3,27[a]	0,17
	90	3,64[b]	0,22
pH	0	5,34[a]	0,20
	45	3,5[b]	0,60
	90	3,48[b]	0,80

A partir de los resultados obtenidos en el ensayo, se puede concluir que se cumplen los supuestos ($P>0.05$), por lo que cada tratamiento posee una distribución normal y homocedasticidad. El análisis de la varianza del pH nos muestra que hay una diferencia significativa ($P<0.05$) entre el valor de las muestras ensiladas (45 y 90 días) y el valor de las muestras sin ensilar. También, el valor medio del pH es cercano a 3.5 y está dentro del rango de valores objetivo.

El análisis de la varianza de cenizas muestra diferencias significativas ($P<0.05$) entre las muestras ensiladas 90 días y las demás.

Con respecto a los valores de PB, FDN, FDA y MS, el resultado del análisis de la varianza no muestra diferencias significativas ($P>0.05$) entre las muestras ensiladas (45 y 90 días) y el valor de las muestras sin ensilar. De esta forma, podemos concluir que el ensilado no

tiene efecto sobre los valores de estas variables y tampoco tiene un efecto negativo sobre la calidad nutricional de la hez de malta.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La hez de malta artesanal tiene una gran similitud sensorial a la hez de malta industrial, el color está dentro de gradientes del color pardo, su textura es de una masa húmeda y consistente (Ver Anexo 2), la cual no se desarma con facilidad y es un material limpio y sin agregados. Su olor es típico a malta (suave a café torrado) y levemente dulzón (Gallardo 2018). En cuanto a la calidad nutricional, aparecen ciertas diferencias entre los valores de proteína bruta y materia seca. Según Gallardo (2018), el valor mínimo de PB para la hez de malta es de 24%. No obstante, la PB promedio de la hez de malta analizada ronda el 18%, siendo este un valor coincidente con los datos presentados por Alaniz Villanueva *et al*. (2014) y Lynch *et al*. (2016), este último sostiene que al tratarse de un producto de mucha variabilidad el valor puede estar entre 14% y 30%. En cuanto a la MS, Gallardo (2018) propone un mínimo del 25% y este es el valor promedio de la hez de malta analizada de cerveza artesanal, estando por encima del valor promedio citado por otros autores (Alaniz Villanueva *et al.* 2014, Fernández 2010). Las diferencias en cuanto a la composición de la cerveza artesanal analizada pueden ser consecuencia de un proceso de producción diferente y menos eficiente en las cervecerías artesanales. Los valores de FDN y Cz, se encuentran dentro de los parámetros propuestos por algunos autores (Gallardo 2018, Fernández 2010, Lynch *et al.* 2019), con valores máximos del 50% y 4% respectivamente.

Coincidentemente con lo que plantea Mier Quiroz (2010), la calidad del ensilado puede ser evaluada visualmente pues, aunque esta información no es precisa, factores como el olor, color o apariencia general puede suministrar una buena indicación del valor nutritivo esperado. En el caso de los silos de hez de malta, tuvieron un color similar al inicial (pardo) sin manchas de moho, mantuvieron su textura y generaron un olor agradable, aromático y levemente acético. (Gallardo, 2018).

En cuanto a las características nutricionales, los resultados fueron coincidentes con los resultados obtenidos por Alanis Villanueva *et al.* (2014). Estos proponen que no hay diferencias significativas entre el valor inicial y el final del ensilado de hez de malta para las variables PB y MS. El tiempo de ensilado, en este caso, fue de 60 días. Cubero *et al.* (2010), también demuestran que no hay diferencias significativas en la composición nutricional post ensilado en micro silos de maíz para las variables PB, MS, FDN, FDA y cenizas. Estos resultados son congruentes con los obtenidos en este trabajo, donde no se encontraron diferencias significativas entre los valores iniciales y finales de MS, PB, FDN y FDA. Estos resultados también fueron coincidentes con los obtenidos por Mier Quiroz (2010).

En el caso de las cenizas, se encontraron diferencias significativas entre el valor inicial y final (ensilado 90 días). Esto difiere a los resultados obtenidos por Cubero *et al.* (2010) y Mier Quiroz (2010), los cuales no encontraron diferencias significativas en el valor de las cenizas entre los tratamientos. El aumento en el % de cenizas luego de 90 días de ensilado pudo ser consecuencia de la lixiviación de minerales y que al momento de tomar las muestras para analizar se tomaron del medio y de debajo de los recipientes donde se realizó el silo.

El comportamiento del pH en los microsilos de hez de malta es coincidente con el resultado obtenido por Alaniz Villanueva *et al.* (2014). Si bien su valor inicial (4,2) difiere con el valor inicial promedio de este trabajo (5,3) los valores intermedios y finales son

muy similares (3,3 vs 3,50 y 3,2 vs 3,48). Al comparar estos valores finales con los obtenidos por Mier Quiroz (2010): 3,8, y Cubero *et al. (2010):* 3,49, se puede concluir que el material se ensiló con éxito obteniendo valores de pH cercanos al 3,5. Este valor es el propuesto por Weinberg & Muck (1996) como valor ideal a obtener en la fase 2 del proceso de ensilado.

Una de las problemáticas de la hez de malta es su alto contenido de humedad (75%), este problema se acentúa aún más en la hez de malta generada en micro cervecerías debido a su menor eficiencia en la utilización de la malta. El % de materia seca no se ve modificado por el ensilado. No obstante, la hez de malta sigue siendo un componente elegido por nutricionistas a la hora de elaborar dietas para vacas lecheras. En el trabajo realizado por Vallejo (2017), se observa como la utilización de subproductos como la hez de malta en dietas TMR (ración totalmente mezclada) y adaptadas a los requerimientos de cada categoría, se logra mejorar el resultado económico de la empresa. En este caso la utilizan entre el 13% y el 31% de la MS total.

Como se mencionó anteriormente, la falta de espacio es un problema común para muchas de las micro cervecerías que se han instalado en CABA y GBA. La posibilidad de realizar estos silos en tachos plásticos apilables (como tambores y bines con tapa), les permitirá a los productores de cerveza conservar de manera eficiente y en menor espacio el producto hasta su salida comercial

En conclusión, la utilización de micro silos (o silos) como método de conservación para su posterior aprovechamiento a campo de la hez de malta, es un método eficiente y recomendable para las micro cervecerías. De esta forma se puede transformar un residuo en un sub-producto, dándole a la misma disposición final, valor comercial y una nueva utilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta Aragón, Y. (2011) El Proceso de ensilaje. BIOMIN Newsletter 49 (5)
- www.engormix.com. Fecha: noviembre de 2014. Alaniz Villanueva O, Hernández Antuna M, Herrera Corral J, & G Ávila Moreno Servanda. Aprovechamiento del residuo de la industria cervecera (mosto) como aditivo en el ensilado de avena.
- Bini, J. Comentarios personales.(G. Bini Legarreta, Entrevistador) 19/09/17
- www.produccion-animal.com.ar . Fecha: 1997. Bruno, O. A., L.A. Romero & E. Ustarroz. *Forrajes Conservados*.
- www.produccion-animal.com.ar. Fecha: 2001. Carluccio, J.C.; M. Bragachini & E.G. Martinez. Los plásticos y la conservación de forrajes y granos en la República Argentina.
- www.alimentosargentinos.gob.ar/. Fecha: 2001. Codigo Alimentario Argentino. *Alimentos Argentinos*.
- COMPAL (Compañía de Alimentos). (s.f.). Malta Humeda. *Malta Humeda*. Plátanos, Buenos Aires, Argentina.
- Cubero, J., A. Rojas, & R. Wing Ching. (2010). Uso del inóculo microbial elaborado en finca en ensilaje de maiz. Valor nutritivo y Fermentativo. Agronomía Costarricense 34(2): 237-250.
- Fernández Herrero, A., A. Tabera, D. Agüeria, & E. Manca. (2013). Obtención, caracterización microbiológica y físicoquímica de ensilado biológico de anchoita (*Engraulis anchoita*) . *REDVET*,14 (02):1-15.
- www.produccion-animal.com.ar. Fecha: 2010. Fernández, H. *Tabla de composición de alimentos para rumiantes.*
- www.produccion-animal.com.ar. Fecha 2018. Gallardo, M. Ganadería de Precisión: Uso de subproductos de la agroindustria.
- Garcés Molina, A., L. Berrio Roa, S. Ruíz Alzate, J. Serna D´León, & A. Builes Arango, A. (2004). Ensilaje como fuente de alimentacion para el ganado. Revista Lasallista de investigacion,1 (1): 66-67.
- Garciarena, A.A., E. Almeida & E. Caminos. *Evaluación de malta húmeda en produccion de leche. Subproductos de la industria cervecera* (1996). INTA EEA Concepción del Uruguay 16-27.
- www.inti.gob.ar . Fecha: 2008. INTI. *Un subproducto industrial transformado en alimento*.
- www. ipatec.conicet.gov.ar . Fecha: 2018. Libkin, D., C. Bruzone, & I. Stanciu. Estudio de mercado de la cerveza artesanal argentina.
- www.engormix.com. Fecha: 2015. Llanes N. & N.L. Gozzini. Alimentación Líquida en Ganado Porcino.

- www.wileyonlinelibrary.com . Fecha: 2016. Lynch, K., E. Steffen, & E. Arendt. Brewers' spent grain: a review with an emphasis on food and health.
- Mier Quiroz, M. Caracterización del valor nutritivo y estabilidad aeróbica de ensilados en forma de microsilos para maíz forrajero. (Trabajo de maestría) Universidad de Córdoba (2010)
- www. scioteca.caf.com . Fecha: 2017. Obuchi, R. La doble vía inclusiva.
- Otero, M., A. Cabello, M. Vasallo, L. García & J. Lopez (2000). Tecnología para la utilización integral de levadura de cerveza en la industria alimenticia; Revista ALAN (online) 50 (4):361-365.
- Oude Elferink, Stefanie & Driehuis, Frank & Gottshal, J & Spoelstra, S.F. (1999). Los procesos de fermentación del ensilaje y su manipulación. ESTUDIO FAO PRODUCCIÓN Y PROTECCIÓN VEGETAL 161 Memorias de la Conferencia Electrónica de la FAO sobre el Ensilaje en los Trópicos 1 septiembre a 15 diciembre 1999.
- Peralta, M.F.; R.D. Miazzo, A. Nilson (2008) Levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*) en la alimentación de pollos de carne REDVET 11(10):1-11
- Pignocchi , D., & I. Molinax. *Diseño de una planta elaboradora de cerveza artesanal y aprovechamiento de sus subproductos.* (Proyecto final de ingeniería.Facultad de ciencias exactas e ingeniería) UADE (2017).
- Serrentino, R. (1990). Ensilaje. Revista Plan Agropecuario 50 (1):18-20
- Tap Craft S.A. (2017). *Proyección de producción de microcervecerías.* Buenos Aires.
- Thomas, K.R., & P.K.S.M. Rahman. (2006). Brewery wastes: Strategies for Sustainability. *Aspect of Applied Biology* 80 (1): 147-153.
- Vallejo, J. Alternativa al pastoreo estival a base de alfalfa en un sistema lechero en la provincia de Entre Rios. (Trabajo final de especialización en nutrición de bovinos). Universidad Nacional de Córdoba (2017).
- Weinberg, Z. &. R.E. Muck (1996). New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. FEMS *Microbiology Reviews* 19 (1): 53-68.

ANEXO 1

Análisis estadístico y supuestos del modela DCA.

Análisis Estadístico para pH

Medidas resumen

Días	Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx
0	Ph	6	5,34	0,02	5,32	5,37
45	Ph	6	3,50	0,06	3,43	3,58
90	Ph	6	3,48	0,08	3,36	3,60

Tabla A1 - Medidas resumen del análisis estadístico de PH

Supuestos del Modelo: Normalidad y Homocedasticidad

Normalidad

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RE Ph	18	0,00	1,03	0,98	0,9500

Tabla A2 - Resumen de la prueba *Shapiro-Wilks* (modificado).

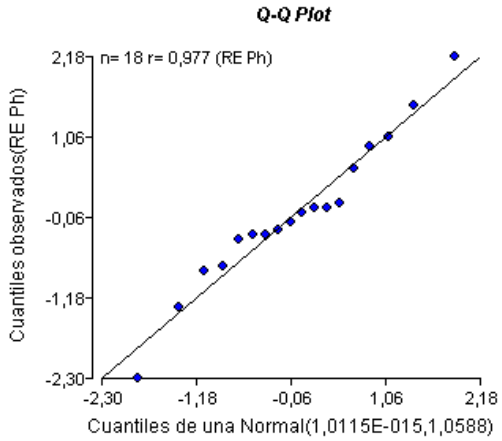


Gráfico A1 - *Q-Q Plot* muestra una distribución normal de los datos.

Homocedasticidad

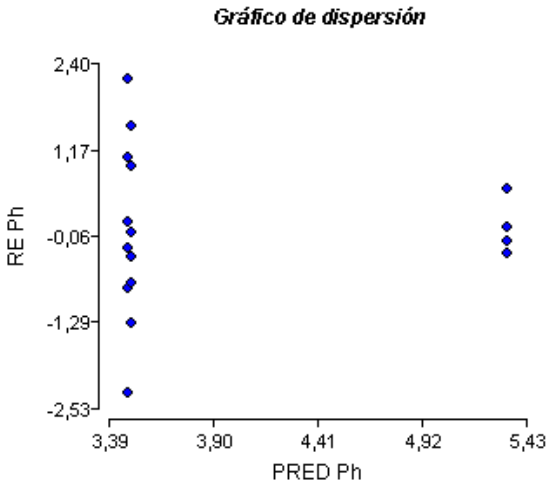


Gráfico A2 - Gráfico de dispersión: Residuos Estandarizados vs. Predichos.

Análisis de la varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
RABS Ph	18	0,27	0,18	88,41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,01	2	3,4E-03	2,84	0,0901
Días	0,01	2	3,4E-03	2,84	0,0901
Error	0,02	15	1,2E-03		
Total	0,02	17			

Tabla A3 - Prueba de *Levene*: análisis de la varianza.

Habiendo verificado el cumplimiento de los supuestos del modelo DCA , se realiza en análisis de la Varianza y la prueba de *Tukey* para evaluar si existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Análisis de la varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Ph	18	1,00	1,00	1,43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	13,62	2	6,81	1976,65	<0,0001
Días	13,62	2	6,81	1976,65	<0,0001
Error	0,05	15	3,4E-03		
Total	13,67	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,08801

Error: 0,0034 gl: 15

Días	Medias	n	E.E.		
90	3,48	6	0,02	A	
45	3,50	6	0,02	A	
0	5,34	6	0,02		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Tabla A4 - Resumen de la prueba de *Tukey*.

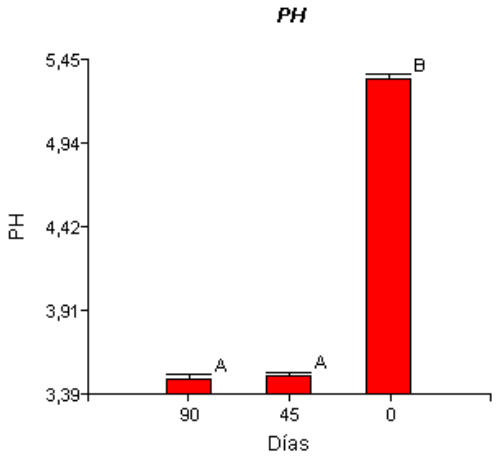


Gráfico A3 - Efecto del tiempo (días) en el PH (Letras distintas indican medias con diferencias significativas: p < 0,05).

El pH promedio de los silos abiertos a los 45 y 90 días fue de 3.5 y 3.48 respectivamente. Mientras que el pH inicial promedio fue 5.34.

Al aplicar el análisis de la varianza, se puede observar diferencias significativas (p < 0,05) en el pH, entre los silos y el inicial.

Análisis Estadístico para FDN

Medidas resumen

Días	Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx
0	FDN	6	44,38	2,63	41,13	48,96
45	FDN	6	45,63	2,87	41,98	49,50
90	FDN	6	44,41	2,40	40,16	47,40

Tabla A5 - Medidas resumen del análisis estadístico de FDN

Supuestos del Modelo: Normalidad y Homocedasticidad

Normalidad

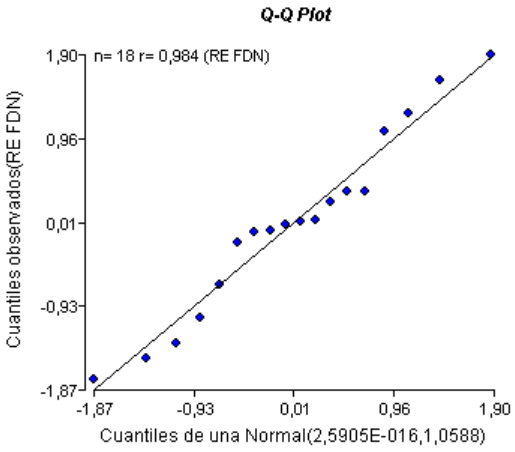


Gráfico A4 - *Q-Q Plot* muestra una distribución normal de los datos.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RE FDN	18	0,00	1,03	0,94	0,5390

Tabla A6 - Resumen de la prueba *Shapiro-Wilks* (modificado).

Homocedasticidad

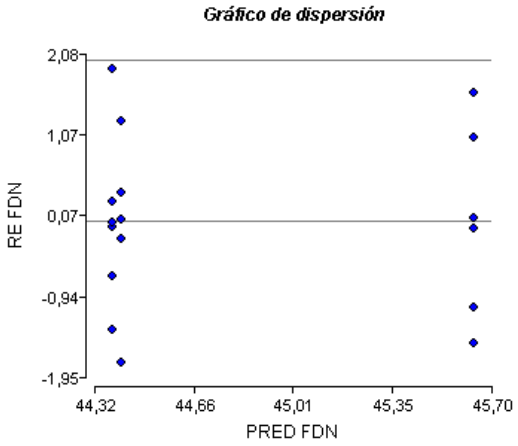


Gráfico A5 - Gráfico de dispersión: Residuos Estandarizados vs. Predichos.

Análisis de la varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
RABS FDN	18	0,02	0,00	94,20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,05	2	0,53	0,18	0,8375
Días	1,05	2	0,53	0,18	0,8375
Error	44,06	15	2,94		
Total	45,11	17			

Tabla A7 - Prueba de *Levene*: análisis de la varianza.

Habiendo verificado el cumplimiento de los supuestos del modelo DCA , se realiza en análisis de la Varianza para evaluar si existen diferencias significativas entre los tratamientos.

FDN

Variable	N	R²	R² Aj	CV
FDN	18	0,06	0,00	5,90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6,13	2	3,06	0,44	0,6527
Tratamiento	6,13	2	3,06	0,44	0,6527
Error	104,69	15	6,98		
Total	110,81	17			

Tabla A8 – Análisis de la Varianza FDN

El FDN promedio de los silos abiertos a los 45 y 90 días fue de 44.63 y 44.41 respectivamente. Mientras que el FDN inicial promedio fue 44.38

Al aplicar el análisis de la varianza, se puede observar que no hay diferencias significativas (p > 0,05) en el FDN, entre los silos y el inicial.

Análisis Estadístico para FDA

Medidas resumen

Días	Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx
0	FDA	6	15,22	1,20	13,78	17,24
45	FDA	5	16,65	1,36	15,00	18,51
90	FDA	6	16,80	1,01	14,92	17,70

Tabla A9 - Medidas resumen del análisis estadístico de FDA

Supuestos del Modelo: Normalidad y Homocedasticidad

Normalidad

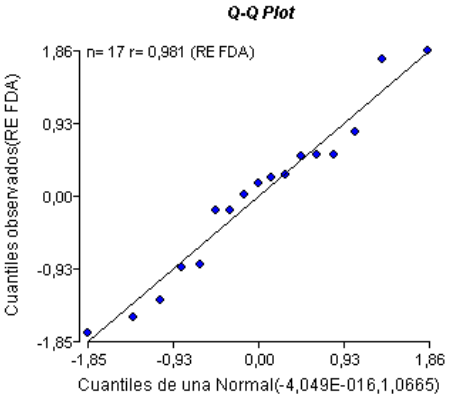


Gráfico A6 - *Q-Q Plot* muestra una distribución normal de los datos.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RE FDA	17	0,00	1,03	0,93	0,4547

Tabla A10 - Resumen de la prueba *Shapiro-Wilks* (modificado).

Homocedasticidad

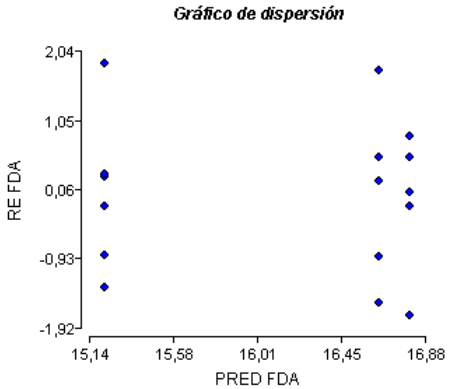


Gráfico A7 - Gráfico de dispersión: Residuos Estandarizados vs. Predichos.

Análisis de la varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
RABS FDA	17	0,05	0,00	82,62

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,33	2	0,17	0,33	0,7226
Días	0,33	2	0,17	0,33	0,7226
Error	6,99	14	0,50		
Total	7,32	16			

Tabla A11 - Prueba de *Levene*: análisis de la varianza.

Habiendo verificado el cumplimiento de los supuestos del modelo DCA, se realiza en análisis de la Varianza para evaluar si existen diferencias significativas entre los tratamientos.

FDA

Variable	N	R²	R² Aj	CV
FDA	17	0,31	0,21	7,33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8,94	2	4,47	3,17	0,0733
Días	8,94	2	4,47	3,17	0,0733
Error	19,75	14	1,41		
Total	28,69	16			

Tabla A12 – Análisis de la Varianza FDA

El FDA promedio de los silos abiertos a los 45 y 90 días fue de 16.65 y 16.80 respectivamente. Mientras que el FDA inicial promedio fue 15.22

Al aplicar el análisis de la varianza, se puede observar que no hay diferencias significativas (p > 0,05) en el FDA, entre los silos y el inicial.

Análisis Estadístico para Proteína Bruta

Medidas resumen

Días	Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx
0	Proteína Bruta	6	17,76	0,67	16,75	18,71
45	Proteína Bruta	6	18,23	0,66	17,12	18,89
90	Proteína Bruta	5	18,83	1,79	16,48	21,45

Tabla A13 - Medidas resumen del análisis estadístico de PB

Supuestos del Modelo: Normalidad y Homocedasticidad

Normalidad

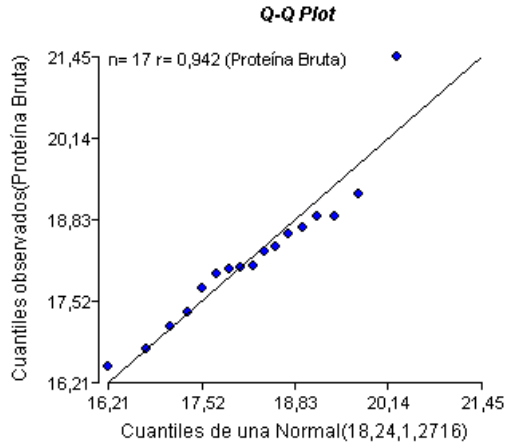


Gráfico A8 - *Q-Q Plot* muestra una distribución normal de los datos.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RE Proteína Bruta	17	0,00	1,04	0,96	0,8391

Tabla A14 - Resumen de la prueba *Shapiro-Wilks* (modificado).

Homocedasticidad

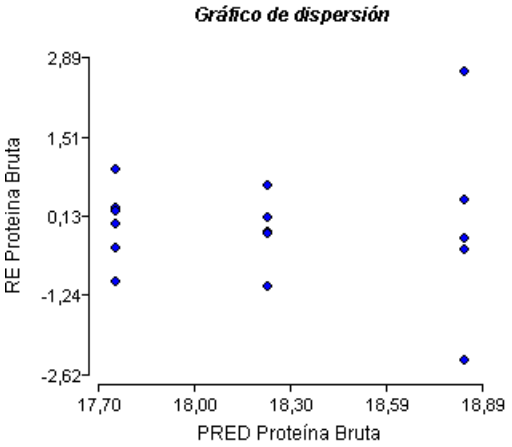


Gráfico A9 - Gráfico de dispersión: Residuos Estandarizados vs. Predichos.

Análisis de la varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
RABS Proteína Bruta	17	0,21	0,10	102,36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,91	2	0,96	1,89	0,1876
Días	1,91	2	0,96	1,89	0,1876
Error	7,08	14	0,51		
Total	8,99	16			

Tabla A15 - Prueba de *Levene*: análisis de la varianza.

Habiendo verificado el cumplimiento de los supuestos del modelo DCA, se realiza en análisis de la Varianza para evaluar si existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Proteína Bruta

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Proteína Bruta	17	0,15	0,03	6,08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,15	2	1,57	1,28	0,3087
Días	3,15	2	1,57	1,28	0,3087
Error	17,20	14	1,23		
Total	20,35	16			

Tabla A16 – Análisis de la Varianza PB

La PB promedio de los silos abiertos a los 45 y 90 días fue de 18.23 y 18.83 respectivamente. Mientras que el inicial promedio fue 17.76

Al aplicar el análisis de la varianza, se puede observar que no hay diferencias significativas (p > 0,05) en la PB entre los silos y el inicial.

Análisis Estadístico para Cenizas

Medidas resumen

Días	Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx
0	Cenizas	6	3,05	0,19	2,86	3,31
45	Cenizas	6	3,27	0,17	2,99	3,43
90	Cenizas	6	3,64	0,22	3,30	3,93

Tabla A17 - Medidas resumen del análisis estadístico de Cenizas

Supuestos del Modelo: Normalidad y Homocedasticidad

Normalidad

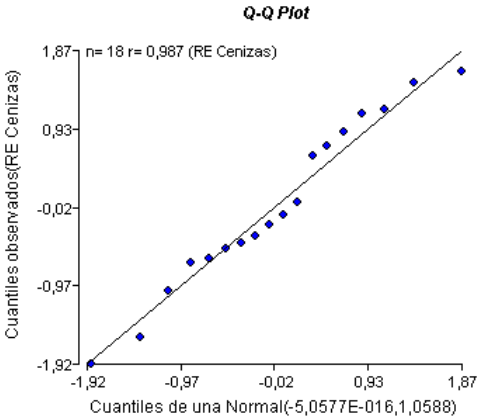


Gráfico A10 - *Q-Q Plot* muestra una distribución normal de los datos.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RE Cenizas	18	0,00	1,03	0,94	0,4999

Tabla A18 - Resumen de la prueba *Shapiro-Wilks* (modificado).

Homocedasticidad

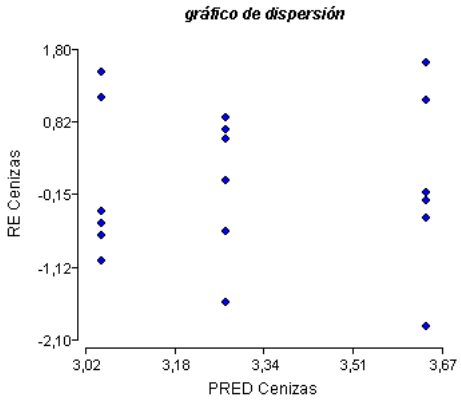


Gráfico A11 - Gráfico de dispersión: Residuos Estandarizados vs. Predichos.

Análisis de la varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
RABS Cenizas	18	0,02	0,00	68,36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,1E-03	2	1,5E-03	0,14	0,8665
Días	3,1E-03	2	1,5E-03	0,14	0,8665
Error	0,16	15	0,01		
Total	0,16	17			

Tabla A19 - Prueba de *Levene*: análisis de la varianza.

Habiendo verificado el cumplimiento de los supuestos del modelo DCA, se realiza en análisis de la Varianza para evaluar si existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Tabla A20 - Resumen de la prueba de *Tukey*

Análisis de la varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Cenizas	18	0,66	0,61	5,86

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,09	2	0,54	14,35	0,0003
Días	1,09	2	0,54	14,35	0,0003
Error	0,57	15	0,04		
Total	1,66	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,29197

Error: 0,0379 gl: 15

Días	Medias	n	E.E.	
0	3,05	6	0,08	A
45	3,27	6	0,08	A
90	3,64	6	0,08	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

El valor promedio de cenizas de los silos abiertos a los 45 y 90 días fue de 3.05 y 3.27 respectivamente. Mientras que el valor inicial promedio fue 3.64

Al aplicar el análisis de la varianza, se puede observar que hay diferencias significativas ($p < 0,05$) en el valor de cenizas entre los silos y el inicial.

Análisis Estadístico para Materia seca

Medidas resumen

Días	Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx
0	Materia Seca	6	25,23	1,33	23,75	27,42
45	Materia Seca	6	24,58	0,68	23,61	25,70
90	Materia Seca	6	25,84	0,86	24,45	26,98

Tabla A21 - Medidas resumen del análisis estadístico de MS

Supuestos del Modelo: Normalidad y Homocedasticidad

Normalidad

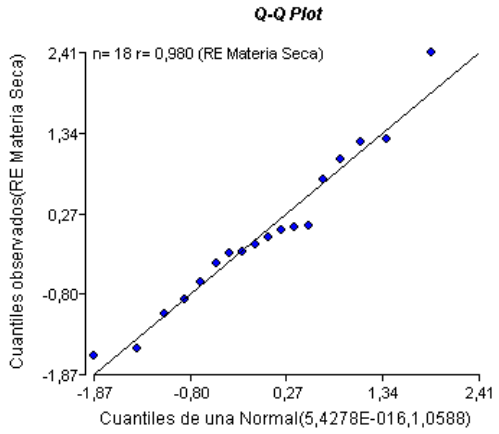


Gráfico A12 - *Q-Q Plot* muestra una distribución normal de los datos.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RE Materia Seca	18	0,00	1,03	0,95	0,7195

Tabla A22 - Resumen de la prueba *Shapiro-Wilks* (modificado).

Homocedasticidad

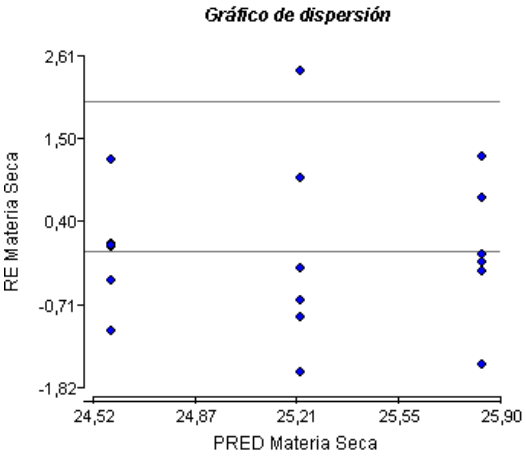


Gráfico A13 - Gráfico de dispersión: Residuos Estandarizados vs. Predichos.

Análisis de la varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
RABS Materia Seca	18	0,17	0,06	85,24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,10	2	0,55	1,59	0,2373
Días	1,10	2	0,55	1,59	0,2373
Error	5,21	15	0,35		
Total	6,31	17			

Tabla A23 - Prueba de *Levene*: análisis de la varianza.

Habiendo verificado el cumplimiento de los supuestos del modelo DCA, se realiza en análisis de la Varianza para evaluar si existen diferencias significativas entre los tratamientos

Materia Seca

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Materia Seca	18	0,24	0,14	3,96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,71	2	2,36	2,37	0,1276
Tratamiento	4,71	2	2,36	2,37	0,1276
Error	14,92	15	0,99		
Total	19,63	17			

Tabla A24 – Análisis de la Varianza PB

El % de MS promedio de los silos abiertos a los 45 y 90 días fue de 25.23 y 24.58 respectivamente. Mientras que el % de MS inicial promedio fue 25.84

Al aplicar el análisis de la varianza, se puede observar que no hay diferencias significativas ($p > 0,05$) en la PB entre los silos y el inicial.

ANEXO 2

Imagen 1 - Armado de silos

Imagen 2 - Cerrado de silos

Imagen 3 - Material post ensilado

Imagen 4 - Material post ensilado