

UNIVERSIDAD AGRARIA DE LA HABANA

"FRUCTUOSO RODRÍGUEZ PÉREZ"



FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS

INSTITUTO DE CIENCIA ANIMAL



DEPTO. DE BIOMATEMÁTICA

Meta-análisis para determinar el efecto de aditivos energéticos en
indicadores nutritivos y fermentativos de ensilajes tropicales

Tesis presentada en opción del Título Académico de:

Máster en Biomatemática

Autora: Ing. Mildrey Torres Martínez

Mayabeque, 2019

UNIVERSIDAD AGRARIA DE LA HABANA

"FRUCTUOSO RODRÍGUEZ PÉREZ"



FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS

INSTITUTO DE CIENCIA ANIMAL



DEPTO. DE BIOMATEMÁTICA

Meta-análisis para determinar el efecto de aditivos energéticos en
indicadores nutritivos y fermentativos de ensilajes tropicales

Tesis presentada en opción del Título Académico de:

Máster en Biomatemática

Autora: Ing. Mildrey Torres Martínez

Tutores:

Dr.C Rafael Rodríguez Hernández

Dr.C Magaly Herrera Villafranca

Dr.C Marcelo Lisandro Signorini Porchietto

Mayabeque, 2019

*“Lo importante en la ciencia no es tanto obtener nuevos
datos, sino descubrir nuevas formas de pensar sobre ellos”*

William Lawrence Bragg

Agradecimientos

- ❖ *A mi madre y a mi abuela, por la dedicación y el empeño durante todos los años de mi vida.*
- ❖ *A mis tíos, tías, primos, primas; en fin, a todos mis seres queridos por estar siempre atentos de mí.*
- ❖ *A Ismel, por ser fuente de mi amor, por la paciencia y el apoyo aún en los momentos difíciles.*
- ❖ *A mis tutores, por la nobleza y sabiduría transmitida. Por la dedicación y preocupación que han tenido para mi formación como investigadora. Por ser más que mis tutores: mis amigos.*
- ❖ *A mis compañeros de trabajo: Yaneilys, Lucía, Alejandro, Mejías, Sarai, Yolaine y Verena, por las experiencias vividas y la ayuda brindada desde que comencé a trabajar en el departamento.*
- ❖ *A mis profesores de la maestría, por los conocimientos transmitidos en cada curso y por contribuir así, con mi superación.*
- ❖ *A todos, muchas gracias.*

Dedicatoria

“A Dios por encima de todas las cosas; a mi familia por el apoyo incondicional; y especialmente, a mi abuelo Carlos que guía e ilumina mis pasos”

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. REFERENTES TEÓRICO-METODOLÓGICOS DEL META-ANÁLISIS Y LA CONSERVACIÓN DE FORRAJES TROPICALES MEDIANTE ENSILAJE	7
1.1 Meta-análisis: antecedentes y definiciones.....	7
1.2 Etapas para realizar un meta-análisis	8
1.2.1 Formulación del problema de investigación y definición de los criterios de inclusión y exclusión de los estudios	9
1.2.2 Búsqueda y selección de los estudios relevantes	10
1.2.3 Evaluación de la calidad metodológica de los estudios	12
1.2.4 Codificación de los estudios	14
1.2.5 Cálculo del tamaño del efecto	15
1.2.6 Evaluación cuantitativa mediante análisis estadístico de los datos e interpretación.....	17
1.3 Empleo del meta-análisis en las Ciencias Agropecuarias.....	20
1.4 La conservación de forrajes mediante el ensilaje. Importancia y definiciones ..	23
1.4.1 Métodos para mejorar la calidad de un ensilado. Empleo de aditivos energéticos	24
1.4.2 Indicadores de calidad nutritiva y fermentativa de los ensilados	25
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	27
2.1 Fuentes de búsqueda de la información	27
2.1.1 Criterios de inclusión/exclusión establecidos.....	28
2.1.2 Fiabilidad entre-revisores	29
2.2 Escala propuesta para evaluar la calidad metodológica de los estudios	30
2.3 Características codificadas de los estudios	35
2.3.1 Variables sustantivas.....	35

2.3.2 Variables metodológicas.....	36
2.3.3 Variables extrínsecas	36
2.4 Análisis estadístico	37
2.4.1 Medida de los resultados.....	37
2.4.2 Estimación global del efecto	38
2.4.3 Análisis de heterogeneidad	39
2.4.4 Análisis de subgrupos.....	39
2.4.5 Meta-regresión	39
2.6 Paquetes estadísticos empleados	40
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
3.1 Búsqueda y selección de los estudios relevantes.....	41
3.1.1 Fiabilidad entre-revisores	42
3.2 Evaluación de la calidad metodológica de los estudios	43
3.3 Características descriptivas de los estudios	44
3.4 Tamaño del efecto para las variables pH, ácido láctico y CHS.....	49
3.5 Análisis de heterogeneidad.....	52
3.6 Análisis de subgrupos para las variables moderadoras cualitativas	52
3.7 Meta-regresión para las variables moderadoras cuantitativas.....	60
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES	66

SÍNTESIS

El objetivo de este trabajo fue desarrollar un meta-análisis para estimar el efecto de aditivos energéticos en los indicadores pH, ácido láctico y carbohidratos solubles (CHS) al ensilar forrajes tropicales. Para ello, se utilizaron 16 estudios localizados en bases de datos y revistas científicas: EBSCO, Scielo, Science Direct, ResearchGate y la Revista Cubana de Ciencia Agrícola. La selección de los artículos tuvo en cuenta el cumplimiento de los criterios de inclusión establecidos y la evaluación de la calidad metodológica de cada estudio. Se definió como índice del tamaño del efecto, la diferencia de medias estandarizadas entre la muestra tratada con el aditivo y el control. Los resultados mostraron mediante un modelo de efectos aleatorios, la efectividad global de los aditivos energéticos evaluados: $d_+ = 3.077$ (I.C95% (2.365 – 3.789)), $d_+ = 2.380$ (I.C95% (1.779 – 2.981)) y $d_+ = 2.450$ (I.C95% (1.505 – 3.39)) para pH, ácido láctico y CHS, respectivamente. Las pruebas de heterogeneidad fueron significativas ($P = 0.000$) con un alto porcentaje de variabilidad entre-estudios, la cual se explicó mediante variables cualitativas y cuantitativas. Dentro de la variable cualitativa “tipo de aditivo”, la harina de arroz y la melaza fueron los aditivos más efectivos en disminuir el pH y producir ácido láctico durante el proceso fermentativo. Mientras que el aditivo harina de yuca aumentó significativamente las concentraciones de CHS. Para explicar la variabilidad de las variables cuantitativas, se propusieron tres modelos de meta-regresión. El meta-análisis realizado permitió confirmar la efectividad de los aditivos energéticos en el proceso de ensilaje, a pesar de la variabilidad encontrada en la literatura consultada. Se determinaron como factores principales para la producción de ensilados de buena calidad nutritiva: la especie vegetal, la edad del forraje, el tipo de aditivo empleado para manipular la fermentación láctica y su dosis de empleo.

INTRODUCCIÓN

Antes de comenzar una investigación es necesario revisar el conocimiento existente sobre el tema en el que se pretende investigar, para así establecer el punto de partida de todo nuevo aporte a dicho tema (Marín, *et al.*, 2007). Sin embargo, en los últimos 35 años la producción científica en cualquier ámbito ha crecido exponencialmente lo que dificulta revisar toda la información existente para valorar, interpretar y asumir críticamente los resultados (Huedo y Johnson, 2016).

Existen diferentes tipos de revisiones de la literatura que siguen diversos propósitos. La forma más frecuente para la evaluación y síntesis de la información han sido las llamadas: narrativas o tradicionales, en las cuales el revisor recopila la información que considere relevante y a partir de ella extrae las conclusiones generales sobre el tema en estudio (Martín, 1995). Sin embargo, autores como Botella y Zamora (2017) describen este tipo de revisiones como imprecisas y subjetivas. Estas limitaciones impulsaron el desarrollo de las revisiones sistemáticas.

Según Torra (2016), la revisión sistemática es un tipo de estudio en el que la unidad de análisis son las investigaciones originales primarias, las que se seleccionan de manera sistemática y explícita para responder a una pregunta de investigación claramente determinada. Además, estas a diferencia de las narrativas, se basan en métodos específicos que aseguran un rigor metodológico en su proceso de elaboración, el cual puede ser repetido y contrastado por otros investigadores.

Por otra parte Sánchez (2010) plantea que cuando en una revisión sistemática se obtiene un índice cuantitativo de la magnitud del efecto de cada estudio que se está investigando y se aplican técnicas estadísticas para integrar dichos efectos, esta revisión se denomina: meta-análisis. Este término fue propuesto por Gene V. Glass en 1976, y desde ese momento se convirtió en un instrumento metodológico de investigación que emplea métodos y técnicas estadísticas para analizar los datos (Martín, 2014).

Autores como Sao (2013) refiere que el meta-análisis es una metodología para la integración de la Información Científico Técnica, constituye una herramienta de gran valía para conocer el estado del arte por científicos, profesionales y decisores. Por lo que su objetivo principal es realizar un análisis sistémico e integral de la información como un todo único, sobre un conjunto de resultados de investigaciones empíricas que analizan un mismo problema o tema, en pos de hallar un resultado relevante o conclusiones factibles de ser generalizadas, para optimizar el proceso cognitivo, investigativo y de toma de decisiones.

Los trabajos relacionados con el meta-análisis crecen a gran velocidad principalmente en el campo de la Psicología, la Medicina y las Ciencias Sociales. Sin embargo, no es así en especialidades tan importantes como Zoología, Botánica y Ciencias Agropecuarias, donde se hace necesario comprender cada vez más las complejas relaciones biológicas y ambientales con la ayuda de herramientas matemáticas y estadísticas que analicen la información precisa de los estudios publicados y mejoren la investigación futura (Martín, 1995; St-Pierre, 2001).

El empleo de un meta-análisis se justifica cuando realizar una investigación requiere altos costos y no se cuenta con suficiente apoyo económico. De ahí la importancia de esta herramienta que, tomando investigaciones ya realizadas y sin necesidad de experimentación alguna, permite arribar a nuevas conclusiones con ahorro de recursos (Aguledo, 2014).

Dentro de las Ciencias Agropecuarias, existen investigaciones que su desarrollo necesita de suficiente respaldo económico para todo tipo de materia prima necesaria, pago de mano de obra, equipamiento, etc. Un ejemplo de estas investigaciones son las relacionadas con las técnicas para la conservación de alimentos; específicamente, los estudios sobre la producción de ensilaje de forrajes para animales rumiantes.

En el trópico, los pastos utilizados para ensilar tienen desventajas respecto a especies forrajeras de clima templado, pues generalmente tienen bajos contenidos

de materia seca (MS) y carbohidratos solubles (CHS), lo que trae como resultado un ensilado de baja calidad nutritiva (Mühlbach, 1999). Para resolver este inconveniente, autores como Rodríguez *et al.* (2017) proponen presecar el material vegetal antes de ensilar y así incrementar el contenido de MS del forraje, o añadir aditivos ricos en azúcares o almidones (aditivos energéticos) para mejorar la disponibilidad de CHS para la fermentación.

En la literatura científica existe amplia información sobre el empleo de los aditivos energéticos para ensilar. Sin embargo, en algunos trabajos se comprueba la mejoría del producto ensilado, mientras que en otros no se reportan resultados significativos con el empleo de los aditivos. Para superar estas contradicciones, el meta-análisis mediante técnicas estadísticas puede estimar de manera general el efecto de los aditivos energéticos en indicadores nutritivos y fermentativos al ensilar forrajes tropicales. Así se podrá llegar a conclusiones más factibles que orienten de forma más específica las investigaciones en estos temas.

Problema Científico

¿Cómo determinar el efecto de los aditivos energéticos en indicadores nutritivos y fermentativos al ensilar forrajes tropicales?

Hipótesis

Si se aplican técnicas meta-analíticas que integren los resultados estadísticos de investigaciones sobre ensilajes tropicales con empleo de aditivos energéticos, se podrá determinar el efecto de estos aditivos en indicadores nutritivos y fermentativos del producto ensilado, así como posibles fuentes de variabilidad entre-estudios.

Objetivo General

Determinar mediante un meta-análisis el efecto de los aditivos energéticos en indicadores nutritivos y fermentativos de ensilajes de forrajes tropicales.

Objetivos específicos

1. Establecer los referentes teóricos y metodológicos sobre el meta-análisis y el ensilaje de forrajes tropicales, como caso de estudio.
2. Seleccionar de diferentes fuentes de información un conjunto de estudios que evalúen la composición química y la fermentación anaerobia en ensilados a base de forrajes tropicales y con empleo de aditivos energéticos.
3. Extraer de los estudios los datos estadísticos necesarios para estimar el efecto de aditivos energéticos en el contenido de pH, ácido láctico y CHS, de los ensilajes, así como las fuentes de heterogeneidad entre-estudios.

Métodos teóricos

➤ Histórico – Lógico

Permite conocer la evolución y desarrollo de la técnica meta-analítica y el empleo de aditivos para ensilar forrajes, específicamente el uso de los aditivos energéticos.

➤ Análisis y Síntesis

Permite analizar la información obtenida en las fuentes bibliográficas y se sintetiza el resultado en la elaboración final de la investigación.

➤ Inducción – Deducción

Se realiza un análisis de los conceptos teóricos y estudios realizados por diferentes autores, sobre el empleo de aditivos energéticos para ensilar forrajes tropicales y el meta-análisis. Luego, poder arribar a conclusiones, donde se establezcan relaciones entre lo singular, lo particular y lo general.

Métodos empíricos

➤ Análisis documental

Permite realizar un análisis de los documentos encontrados durante el proceso de investigación para la realización de la fundamentación teórica y el desarrollo de la

investigación. Se tomará información confiable nacional e internacional sobre el ensilaje de forrajes tropicales con empleo de aditivos energéticos, y el meta-análisis.

➤ **Criterio de expertos**

Se valida la propuesta de investigación a través del criterio de expertos, sus conocimientos, investigaciones, experiencia y estudios bibliográficos. Esto da la posibilidad a los expertos de analizar el tema con tiempo, sobre todo si no hay posibilidades de que lo hagan de manera conjunta.

Métodos estadísticos-matemáticos

➤ **Estadística descriptiva**

Permite caracterizar los estudios seleccionados para el meta-análisis.

➤ **Estadística inferencial**

Permite mediante la modelación hacer inferencias sobre el tamaño del efecto medio para cada uno de los indicadores: pH, ácido láctico y CHS. En caso de existir heterogeneidad entre-estudios, se analizan los posibles factores que más aportan a la variabilidad mediante técnicas de ANAVA y regresión lineal simple o múltiple.

Alcance de la Investigación

El resultado de este proyecto de tesis consiste en la realización de un meta-análisis, donde a partir de investigaciones individuales sobre la temática del ensilaje de forrajes tropicales con empleo de aditivos energéticos, se concluye si es favorable utilizar estos aditivos teniendo en cuenta los resultados reportados en cuanto CHS, pH, y ácido láctico del producto ensilado.

Estructura de la tesis

La tesis se compone de partes iniciales (presentación, dedicatoria, agradecimientos, síntesis y tabla de contenido), partes principales (introducción, capítulos, conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas) y partes finales (anexos). Los capítulos aparecen estructurados en los contenidos que dan salida al objetivo

propuesto, donde:

- En el Capítulo 1 se abordan los referentes teóricos y metodológicos relacionados con el meta-análisis, su metodología de trabajo y su empleo dentro de las Ciencias Agropecuarias. Además, se recogen los aspectos básicos del ensilaje como método de conservación de forrajes, por ser la temática de investigación seleccionada como caso de estudio.
- En el Capítulo 2 se presentan los materiales y métodos empleados para desarrollar el meta-análisis. Se informan cada una de las fuentes de información y los criterios de búsqueda, se describe la escala utilizada para evaluar la calidad metodológica de los estudios, se detallan las variables moderadoras empleadas para el análisis de la heterogeneidad y se informan los programas estadísticos empleados para el procesamiento y análisis de los datos y las técnicas estadísticas correspondientes.
- En el Capítulo 3 se discuten los resultados obtenidos al caracterizar el conjunto de estudios seleccionados para el meta-análisis. Se estiman los tamaños del efecto medio para cada indicador (pH, ácido láctico y CHS). Se analiza la heterogeneidad y se determinan los factores inherentes a cada estudio que explican parte de la variabilidad en los datos.

CAPÍTULO 1. REFERENTES TEÓRICO-METODOLÓGICOS DEL META-ANÁLISIS Y LA CONSERVACIÓN DE FORRAJES TROPICALES MEDIANTE ENSILAJE

1.1 Meta-análisis: antecedentes y definiciones

El progreso del conocimiento científico se sustenta en el cúmulo de aportes que investigadores hacen sobre una multiplicidad de temas. Se investiga de forma cada vez más especializada con un elevado crecimiento en la producción científica. Como consecuencia de este notable aumento del conocimiento, actualmente, las tareas de revisión bibliográfica y síntesis han ganado importancia para entender el estado del arte sobre un determinado tema (Rubio, *et al.*, 2018).

Sin embargo, desde principios del siglo XX datan los primeros intentos para sintetizar y combinar los resultados de investigaciones individuales, cuando en medicina se logró integrar resultados de pequeños estudios médicos que no tenían suficiente potencia estadística con el objetivo de llegar a conclusiones estadísticamente significativas sobre los efectos de una vacuna contra la fiebre tifoidea (Martín, 2015). En la década del 30', ante la imposibilidad de realizar experimentaciones que controlaran la influencia de factores climáticos y físicos, se reportaron trabajos en física y agricultura en los cuales se emplearon técnicas estadísticas para la agrupación de experimentos (Martín, 2014).

En la segunda mitad del siglo XX, en el área de psicología se encontraron estudios relevantes por su contribución a las técnicas meta-analíticas. En ellos se definió el tamaño del efecto (TE) y se postuló la agrupación de resultados con el fin de incrementar la potencia estadística de los análisis (Martín, 1995). Pero realmente fue en 1976 cuando el psicólogo estadounidense Gene V. Glass acuñó el término meta-análisis para referirse al análisis estadístico de una serie de resultados obtenidos en ensayos clínicos individuales con la finalidad de integrarlos (Martín, 2014).

Sánchez y Ato (1989) puntualizaron que el meta-análisis es más que un conjunto de técnicas estadísticas, ya que representa una nueva perspectiva en la acumulación

del conocimiento que se caracteriza por su reproducibilidad, un principio inherente de la investigación científica. Para Laporte y Valvé (1993) esta herramienta es la integración estructurada y sistemática de la información obtenida en diferentes fuentes sobre un problema determinado con el fin de dar una estimación cuantitativa de todos los estudios disponibles. Por su parte, Meseguer (2007) señala que el meta-análisis es una técnica estadística que combina los resultados de diversos estudios individuales para lograr sintetizar sus resultados y dar una estimación global.

La agrupación de los resultados individuales es la que dota a este tipo de estudio de mayor potencia estadística y precisión en la estimación del efecto que se desea evaluar. Por lo tanto, el meta-análisis permite encontrar diferencias estadísticas entre diferentes grupos de intervención con respecto a estudios pequeños e individuales con insuficiente tamaño muestral. Además, se debe tener en cuenta que es un tipo de estudio cuya realización es menos costosa que un ensayo aleatorizado que reuniera la misma muestra (Martín, 2015). Además, a pesar de sus ventajas no está exento como cualquier otro método a sus propias limitaciones. Estas son fundamentalmente: la especificidad del tema que se está dirigiendo y la amplitud de la literatura y de los datos de búsquedas en los que se basa (Camilli, 2015).

A partir de las definiciones aportadas por diferentes autores, se puede plantear de forma sintetizada, que el meta-análisis no es más que la integración y combinación de resultados con tratamiento estadístico de trabajos científicos individuales. Por lo tanto, es un procedimiento cuantitativo que permite evaluar los resultados hallados estadísticamente y pretende estimar una población a través de las investigaciones consideradas en el estudio. Sin embargo, para su empleo se hace necesario considerar diferentes etapas.

1.2 Etapas para realizar un meta-análisis

Los meta-análisis se deben considerar como auténticos proyectos de investigación, en los que las unidades de observación son los estudios originales o primarios, que van a aportar información sobre una hipótesis previamente definida. Para llevarlos a

cabo con éxito se ha de establecer una adecuada planificación, a través de un protocolo en el que se detalle cuidadosamente los objetivos y cada una de las etapas que se han de llevar a cabo (Martín, 2014).

Sánchez (2010) refiere que para realizar un meta-análisis es necesario cumplir con las siguientes etapas:

- a) Formulación del problema de investigación y definición de los criterios de inclusión y exclusión de los estudios.
- b) Búsqueda y selección de los estudios relevantes.
- c) Evaluación cualitativa mediante la valoración de la calidad metodológica de los estudios.
- d) Codificación de los estudios.
- e) Cálculo del tamaño del efecto.
- f) Evaluación cuantitativa mediante el análisis estadístico de los datos e interpretación.

A continuación, se describen brevemente las características de cada una de estas etapas.

1.2.1 Formulación del problema de investigación y definición de los criterios de inclusión y exclusión de los estudios

Para Marín, Sánchez y López (2009), la formulación del problema se debe referir a algún tema para el cual existe incertidumbre colectiva y cuya respuesta puede cambiar conductas futuras. Para formular correctamente una pregunta destinada a una revisión sistemática o meta-análisis, se deben incluir en la misma cuatro componentes: Población, Intervención, Control y Resultado (PICO) (Tabla 1).

Tabla 1. Cuatro componentes de acuerdo a la metodología PICO para la formulación de la pregunta de investigación

Población (P)	Intervención (I)	Control (C)	Resultado (O)
Descripción de la población en estudio	Tratamiento a comprobar	Tratamiento control o placebo. Patrón de referencia para comparar	Resultado esperado de interés. Variable (s) reportadas en el estudio

En ocasiones se incluye el marco temporal en la formulación de la pregunta. En ese caso se refiere al formato o metodología PICOT, donde T se refiere a Tiempo del estudio (Martín, 2014).

1.2.2 Búsqueda y selección de los estudios relevantes

La siguiente etapa consiste en determinar los criterios que tiene que cumplir un estudio para que se pueda incluir en el meta-análisis. Según Sánchez (2010), los criterios dependen del objetivo del meta-análisis y no deben faltar los siguientes:

- a) Identificar los diseños de los estudios admisibles para el meta-análisis.
- b) Definir los tipos de tratamientos o intervenciones que se pretenden investigar.
- c) Definir las características de la muestra en los estudios.
- d) Determinar los datos estadísticos que deben aportar los estudios para poder calcular los tamaños del efecto.
- e) Idioma en el que tiene que estar escrito el estudio.
- f) Rango temporal que se pretende examinar.

Partiendo de los criterios de inclusión y exclusión, se procede a realizar una búsqueda bibliográfica. Autores como Zeballos (2013), plantea que esta fase es una de las etapas más largas e importantes del meta-análisis y debe ser lo más amplia posible para identificar el mayor número de estudios pertinentes sobre el tema de investigación que se pretende revisar.

Para realizar la búsqueda bibliográfica se pueden utilizar fuentes primarias, secundarias e informales. Las primarias son las revistas conocidas relacionadas con

el tema; las secundarias son las bases de datos automatizadas; y las informales están conformadas por los archivos personales, libros, artículos de revisión, contactos con expertos y trabajos en congresos (Gisbert y Bonfill, 2004).

Según Higgins y Green (2011), la revisión bibliográfica de los estudios necesita más de un examinador para evitar que se descarten informes relevantes. Además, es importante que al menos un revisor sea especialista en la temática y otro no experto en el contenido, para así evitar los sesgos en la selección que pueden tener dos expertos del tema sobre la relevancia y validez de los artículos. Luego, para seleccionar los artículos se debe:

- a) Integrar los resultados de la búsqueda y eliminar los registros duplicados de un mismo informe.
- b) Examinar los títulos y resúmenes para eliminar los informes claramente irrelevantes.
- c) Recuperar el texto completo de los informes potencialmente relevantes.
- d) Examinar el texto completo de los informes para verificar el grado de cumplimiento que tienen los estudios de los criterios de inclusión establecidos.
- e) Tomar una decisión definitiva sobre la inclusión del estudio y proceder a la obtención de los datos estadísticos.

Finalmente, para medir de manera formal el grado en el cual coinciden las evaluaciones realizadas por múltiples revisores, se puede calcular el estadístico Kappa de Cohen (Ecuación 1) a partir de las decisiones sobre la inclusión/exclusión (Hervada, *et al.*, 2014).

$$Kappa = \frac{P_o - P_e}{1 - P_o} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

P_o : Probabilidad observada

P_e : Probabilidad esperada

Este estadístico es más efectivo que el uso del porcentaje, ya que dos personas podrían estar de acuerdo solo con base en el azar (Sánchez, 2011). Higgins y Green (2011) consideran que valores del estadístico entre 0.40 y 0.59 reflejan un acuerdo aceptable, entre 0.60 y 0.74 un acuerdo adecuado y 0.75 o más reflejan un acuerdo excelente.

1.2.3 Evaluación de la calidad metodológica de los estudios

Zeballos (2013) refiere que la evaluación de la calidad metodológica es una etapa fundamental para minimizar los sesgos y tiene en cuenta aspectos esenciales a la hora de determinar la validez del meta-análisis. Por otra parte, Martín (2014) plantea que la validez se separa en dos: la validez interna y externa de la información localizada durante el proceso de búsqueda. La validez interna está relacionada con el diseño y los procedimientos de medición de las variables y los métodos de análisis; y la validez externa, no es más que la capacidad de generalización de los resultados de un estudio a poblaciones distintas a este.

Para evaluar la calidad metodológica de los estudios existen dos instrumentos que lo permiten: las listas de verificación y las escalas de evaluación. Las primeras proporcionan orientaciones e informaciones para ser incluidas en los relatos de los ensayos clínicos aleatorizados. Mientras que las segundas proveen un índice cuantitativo de la calidad metodológica de los estudios y tienen la ventaja de que pueden ser fácilmente replicadas e incorporadas formalmente en la revisión (Tabla 2), por lo que son más utilizadas (Cascaes, *et al.*, 2013).

Tabla 2. Escalas para evaluar la calidad metodológica de los estudios

Escala	Características para su uso
Jadad	Se emplea para evaluar la calidad metodológica de estudios clínicos aleatorizados (ECA) sobre el dolor.
Maastricht	Se emplea para evaluar la calidad metodológica de ECA con funciones educativas.
Single-Case Experimental Design Scale	Se emplea para evaluar la calidad metodológica de ECA sobre intervenciones psicológicas en el tratamiento del dolor crónico. De uso limitado.
Van Tulder	Se emplea para evaluar la calidad metodológica de ECA sobre tratamientos para el dolor lumbar.
PEDro	Se emplea para evaluar la calidad metodológica de ECA de manera general y tiene en cuenta aspectos como el tratamiento estadístico a los resultados.
Bizzini	Se emplea para evaluar la calidad metodológica de ECA sobre el síndrome del dolor femoropatelar.
Chalmers	Se emplea para evaluar la calidad metodológica en cuanto al diseño, la implementación y el análisis de ECA referentes a la aplicación de terapias con fármacos.
Reisch	Se emplea para evaluar la calidad metodológica de ECA sobre el uso de la aspirina en enfermedades coronarias y tratamientos para la osteoporosis.
Yates	Se emplea para evaluar la calidad metodológica de ECA sobre intervenciones psicológicas en el tratamiento del dolor crónico. De uso limitado.
Detsky	Se emplea para evaluar la calidad metodológica de ECA de soporte nutricional parenteral en pacientes sometidos a cirugía de gran porte.
Sindhu	Se emplea para evaluar la calidad metodológica de ECA referentes a tratamientos no farmacológicos en enfermería.
Oxford	Se emplea para evaluar la calidad metodológica de ECA sobre el dolor físico.
Arrivé	Se emplea para evaluar la calidad metodológica de ECA que utilizan exámenes radiológicos.
New Castle Ottawa	Se emplea para evaluar la calidad metodológica de estudios clínicos no aleatorizados.

Ambos instrumentos constituyen importantes herramientas ya que su uso posibilita minimizar los márgenes de errores en la determinación de la calidad de la literatura científica, en la ejecución de un estudio y en la verificación de la aplicación de los resultados (Manterola y Otzen, 2015). Sin embargo, Sánchez (2011) plantea que no siempre son usados en la evaluación inicial de la calidad de los estudios individuales que se incluyen en los meta-análisis, lo que pudiera traer consecuencias en la interpretación de los resultados finales.

1.2.4 Codificación de los estudios

Rubio, *et al.* (2018) plantean que el paso siguiente consiste en definir las características de los estudios seleccionados que supuestamente pueden afectar los resultados y, en consecuencia, explicar la variabilidad entre-estudios. Las características se subdividen en: características sustantivas, metodológicas y extrínsecas; las cuales actúan como variables potencialmente moderadoras y pueden o no aportar heterogeneidad (García, 2015).

Las sustantivas son las que se relacionan con el objeto de estudio del meta-análisis, y representan las características de la muestra y del tratamiento. Las metodológicas se relacionan con el tamaño de la muestra, la mortalidad experimental, el tipo de diseño o la calidad del diseño de investigación (Martín, 2014). También se incluyen aspectos relacionados con la calidad de los estudios. Las extrínsecas son aquellas que, en principio, no tienen por qué afectar a los resultados, ya que no tienen nada que ver con el objeto de estudio, pero se ha demostrado que, en ocasiones, están asociadas a los resultados. Son ejemplo de tales variables el estatus de publicación (publicado o no publicado), la fecha del estudio, la formación del autor principal, el país dónde se realizó el estudio y la fuente de financiación (Rubio, *et al.*, 2018)

De manera general, se debe utilizar un formulario de recogida de datos que incluya las principales variables de las investigaciones originales. El objetivo es concretar el conjunto de peculiaridades que definen cada estudio (Higgins y Green, 2011). La codificación se convierte así, en una tarea imprescindible si se desea explicar por

qué los estudios sobre un mismo tema alcanzan resultados diferentes o incluso en ocasiones, contradictorios (Sánchez, 2010).

Aunque no existe un modelo único y universalmente válido para codificar los estudios, Higgins y Green (2011) proponen un formulario donde se deben incluir las siguientes características:

- Identificación del estudio.
- Fecha de publicación del estudio.
- Fecha de inicio y final del trabajo.
- Problema estudiado o hipótesis formulada.
- Características de los individuos o muestra.
- Diseño del estudio: experimental (con aleatorización o no) u observacional (prospectivo o retrospectivo).
- Exposición o tratamiento estudiado.
- Co-exposición o co-tratamiento.
- Resultados que permiten medir los efectos principales y secundarios: medidas del efecto ajustadas con sus intervalos de confianza o valores probabilísticos asociados e interacciones representativas.
- Valoración de la calidad metodológica o validez de los estudios.
- Susceptibilidad del estudio a posibles sesgos, aspectos destacables, limitaciones del estudio y explicaciones que los autores presentan de los resultados.

1.2.5 Cálculo del tamaño del efecto

Para realizar un meta-análisis según Camilli (2015), es necesario sintetizar los resultados obtenidos de distintas investigaciones en una métrica común, es decir, en términos comparables. Al respecto, Martín (1995) se refiere al término tamaño del efecto (TE), como un índice estadístico que se calcula de forma homogénea y capaz de poner en la misma métrica los resultados individuales para ser utilizados en el meta-análisis. Esta homogeneización de la unidad de medida de los resultados es

necesaria porque los estudios analizan sus resultados de formas muy diversas, ya sea a través de medias y desviaciones típicas, proporciones de éxito o de fracaso, y la aplicación de pruebas estadísticas diferentes, como pruebas t de diferencias entre medias, pruebas F de ANAVA y pruebas Chi-cuadrado de Pearson (Sánchez, 2010).

Por otra parte, Camilli (2015) plantea que llevar todo a una misma métrica permite hacer valoraciones globales de los resultados y detectar regularidades, que se expresarán como covariaciones entre la magnitud del resultado y las características de los estudios. De manera general, el TE indica el grado en que un fenómeno está presente en la población y no se deja afectar por el tamaño de muestra, como ocurre con las pruebas de significación estadística.

Marín, Sánchez y López (2009) informan que en la literatura existen diferentes familias de índices del TE, cuya aplicación depende del objetivo de estudio, tipo de respuesta (binaria o continua) y diseño del estudio (experimental u observacional) utilizados en los estudios primarios. Los índices del TE más frecuentemente utilizados en los meta-análisis son las familias **d**, **r** y los **índices de riesgo**.

La familia **d** está especialmente indicada para estudios que aplican diseños con dos grupos: un grupo experimental y un grupo control; y el resultado se mide de forma continua. Este índice consiste en calcular la diferencia entre las medias de los dos grupos y, opcionalmente, dividirla por la desviación típica conjunta de ambos grupos (diferencia de medias estandarizada) (Sánchez, 2010). Se tienen tres formas de estimar **d**, las que básicamente difieren por la consideración particular que hacen para el cálculo de la desviación estándar. De esta manera se tienen las fórmulas de Cohen, Glass y Hedges (d_{Cohen} , d_{Glass} y g_{Hedges} , respectivamente) (Castillo y Alegre, 2015).

Por su parte, la familia **r** se indica especialmente para estudios correlacionales y se basa en la obtención de un coeficiente de correlación de Pearson si las variables son continuas. A su vez, la familia de **índices de riesgo** se emplea para estudios con dos grupos en los que la variable respuesta es dicotómica (ejemplo: aprueba vs.

suspende, mejora vs. no mejora). Los **índices de riesgo** más utilizados son la tasa de riesgos (o riesgo relativo), la razón de ventajas (*odds ratio*), o la diferencia de riesgos (Sánchez, 2010).

1.2.6 Evaluación cuantitativa mediante análisis estadístico de los datos e interpretación

Huedo y Johnson (2016) plantean que una vez codificadas las características de los estudios y calculados los TE para cada estudio, toda esta información se informatiza creando una base de datos en la que las filas son los estudios y las columnas son las variables potencialmente moderadoras de los resultados de los estudios, así como el TE obtenido en cada estudio. Hecho esto, es posible responder a cuatro preguntas básicas que pueden ser de gran interés para el avance del conocimiento de una determinada disciplina:

- a) ¿Cuál es la magnitud media del efecto analizado?
- b) ¿Es significativa dicha magnitud media?
- c) ¿Son homogéneos los resultados en torno a ese TE medio?
- d) Si no existe homogeneidad, ¿qué factores pueden explicar esa heterogeneidad?

Marín, *et al.* (2007) proponen para dar respuesta a estas interrogantes:

- a) Promediar los TE de los estudios (TE promedio) y obtener su intervalo de confianza para determinar su significación (al incluir o no el valor nulo dentro del intervalo).
- b) Evaluar la heterogeneidad de los resultados mediante una prueba estadística recomendada.
- c) Para el caso que se confirme que los resultados son heterogéneos, formular un modelo explicativo de tal heterogeneidad en función de las variables moderadoras seleccionadas de los estudios.

Para estimar un TE promedio es necesario tomar una decisión en cuanto a qué

modelo estadístico asumir. Para obtener esta estimación, se han desarrollado tres modelos estadísticos: el modelo de efectos fijos (MEF), el modelo de efectos aleatorios (MEA) y el modelo de efectos mixtos (MEM). En este último, se asumen los mismos supuestos básicos que en el MEA incluyendo la influencia de algunas características de los estudios como variables moderadoras fijadas (Huedo y Johnson, 2016).

En el MEF se asume que cada estimación del TE, proviene de una misma distribución (da por supuesto que los estudios individuales son homogéneos) por lo que estiman un TE paramétrico común (θ) y varianza condicional σ_j^2 (Huedo y Johnson, 2016). La única variabilidad asumida en los estudios individuales se debe al error del muestreo aleatorio (e_j) que se cuantifica estimando la varianza intra-estudio. Esto implica que las diferencias de las magnitudes del efecto entre los estudios individuales se deben tan solo al hecho de que estas investigaciones utilizan muestras diferentes (Camilli, 2015).

Según Borenstein, *et al.* (2010) el MEF se formula como (Ecuación 2):

$$T_j = \theta + e_j \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

T_j : son las estimaciones en torno al TE paramétrico (θ) para cada estudio ($j = 1, 2, \dots, k$)

e_j : error que distribuye normalmente y de forma independiente con media cero y varianza σ_j^2

Por otra parte, en el MEA se asume que cada estudio estima su propio TE poblacional, entendiendo que existe una distribución de TE poblacionales y no uno sólo común a todos los estudios (Sánchez, 2010). En este caso las diferencias en las estimaciones del TE, se deben a la variabilidad intra-estudios (e_j) y a la variabilidad entre-estudios (ξ_j). Esta variabilidad entre-estudios se puede estimar por diversos procedimientos como son el método de los momentos de DerSimonian-Laird, o el

método de máxima verosimilitud (Huedo y Johnson, 2016).

En consecuencia, Borenstein, *et al.* (2010) incorpora al modelo matemático dos términos de error y se formula como (Ecuación 3):

$$T_j = \theta + e_j + \xi_j \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

T_j : son las estimaciones en torno al TE paramétrico (θ) para cada estudio ($j = 1, 2, \dots, k$)

e_j : error que distribuye normalmente y de forma independiente con media cero y varianza σ_j^2

ξ_j : error que distribuye normalmente y de forma independiente con media cero y varianza τ_j^2

La decisión de qué modelo estadístico asumir se debe hacer en función de qué grado de heterogeneidad espera encontrar el meta-analista entre los TE o, en función del resultado de alguna prueba de heterogeneidad (Sánchez, 2010). La prueba estadística generalmente aplicada en el meta-análisis para determinar si existe heterogeneidad entre los efectos de los estudios es la prueba Q de Cochran (Ecuación 4) (Huedo, *et al.*, 2006).

$$Q = \sum w_i (\theta_i - \theta)^2 \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde:

w_i : factor de ponderación de cada estudio (se calcula como el inverso de la varianza)

θ : valor del logaritmo de la razón de verosimilitud promedio

θ_i : valor del logaritmo de la razón de verosimilitud de cada estudio

El valor de Q sigue la distribución Chi-cuadrado (χ^2) bajo la hipótesis de que la razón de verosimilitud es la misma para todos los estudios. Si Q no alcanza la significación estadística, entonces los TE estiman a una misma población y se debe

hacer uso del MEF. Por otra parte, si Q alcanza significación estadística, los TE son heterogéneos entre sí y, en consecuencia, se debe hacer uso del MEA (Sánchez, 2010).

El resultado del estadístico Q se suele complementar con el índice de inconsistencia I^2 (Ecuación 5) (Borenstein, *et al.*, 2010).

$$I^2 = \frac{(Q - gl)}{Q} \times 100\% \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

gl: es el número de grados de libertad (número de estudios menos uno)

Q: valor del test de heterogeneidad

Este estadístico cuantifica en porciento la cantidad de heterogeneidad existente entre los estudios (Zimmermann, *et al.*, 2016), de forma que índices I^2 en torno al 25%, 50% y 75% se pueden interpretar como heterogeneidad baja, media y alta, respectivamente (Sánchez, 2010). De manera general, cuando I^2 presenta un valor superior a un 50% se considera que hay heterogeneidad substancial y se necesita analizar por diferentes técnicas el conjunto de variables moderadoras previamente codificadas, que pueden influir en la heterogeneidad de los resultados entre-estudios (Borenstein, *et al.*, 2010).

1.3 Empleo del meta-análisis en las Ciencias Agropecuarias

Los estudios meta-analíticos se han empleado en diferentes investigaciones científicas. La mayoría de ellos se han desarrollado en el campo de la psicología y la medicina como un método alternativo de revisión científica (Martín, 1995), y con el transcurso de los años también se han extendido en el campo de la educación (Botella y Zamora, 2017). Sin embargo, dentro de las ciencias agropecuarias, el empleo de técnicas meta-analíticas han tenido poca aplicación en comparación con otras áreas del conocimiento (St-Pierre, 2001), aunque en los últimos años se aprecia un avance en su uso (Tabla 3).

Tabla 3. Aplicación del meta-análisis en investigaciones de las ciencias agropecuarias

Autor	Año	País	Descripción general del estudio
Ruiz	2009	Cuba	Meta-análisis para conocer las posibilidades productivas y alternativas más empleadas para conducir sistemas de producción de leche basados en pastos y forrajes.
Vásconez	2013	Chile	Meta-análisis mediante regresiones simples y múltiples, para identificar las asociaciones entre las variables (genéticas, nutricionales, ambientales, fisiológicas y productivas), con el contenido de butirato en la leche de vaca.
Ferraretto y Shaver	2015	EEUU	Meta-análisis para medir el efecto de emplear diferentes híbridos de maíz para ensilar, en la ingesta, la digestión, fermentación ruminal y la producción de leche en vacas lecheras.
López, WingChing y Rojas	2014	Costa Rica	Meta-análisis del uso potencial de los sub-productos del cultivo de la piña (hojas, hijos, tallo, corona, corazón, cáscara y pulpa de la fruta, y raíces) bajo el efecto de algún tipo de manejo en el material (ensilado, secado al sol o fresco), para su posterior empleo en la dieta de animales rumiantes.
Huuskonen, Huhtanen y Joki-Tokola	2014	Finlandia	Meta-análisis para evaluar la suplementación proteica en ganado en desarrollo alimentado con dietas a base de ensilaje de gramíneas.
Aguledo	2014	Colombia	Meta-análisis para comparar la eficiencia productiva entre concentrados comerciales con materias primas alternativas de países tropicales en la alimentación de cerdos.
Martínez, <i>et al.</i>	2015	España	Meta-análisis para investigar el efecto de la adición de semillas oleaginosas y aceites vegetales a la dieta de ovejas y cabras, en el consumo de MS y la producción y composición de la leche.

Nasrollahi, Imani y Zebeli	2015	Irán	Meta-análisis y meta-regresión para estimar el efecto del tamaño, nivel, fuente y método de conservación de las partículas del forraje en el consumo, digestibilidad de nutrientes y rendimiento de vacas lecheras.
Busanello, <i>et al.</i>	2016	Brasil	Meta-análisis para comparar los parámetros de degradabilidad ruminal del maíz y suplementos como: cáscaras de soja y pulpa de cítricos.
Oliveira, <i>et al.</i>	2016	Brasil	Meta-análisis de los efectos de la inoculación con bacterias ácido lácticas heterofermentativas y homofermentativas, sobre la fermentación del ensilaje, la estabilidad aeróbica y el rendimiento de las vacas lecheras.
Blajman, <i>et al.</i>	2018	Argentina	Meta-análisis para evaluar el efecto de inoculantes de bacterias ácido lácticas homofermentativas y heterofermentativas en los parámetros fermentativos, composición microbiológica y estabilidad aeróbica de los ensilados de maíz

Los estudios descritos en la tabla 3 se han encaminado principalmente a investigaciones en nutrición animal, por lo que muchas de las variables analizadas son de tipo productivas y nutricionales. En los últimos años, se han empleado por primera vez las herramientas meta-analíticas en investigaciones acerca de los ensilados forrajeros, siendo los ensilados de maíz con empleo de aditivos microbianos los más estudiados hasta el momento. Aun así, son escasos los estudios que se desarrollan en esta rama científica, a pesar de que este análisis puede ser una alternativa para integrar los trabajos y encaminar el conocimiento hacia diferentes perspectivas, con ahorro considerable de recursos económicos.

Un aspecto importante para comprender el tema de los ensilajes son los aspectos básicos para su elaboración descritos en los siguientes epígrafes.

1.4 La conservación de forrajes mediante el ensilaje. Importancia y definiciones

En las regiones tropicales la disponibilidad de los pastos tiene una marcada estacionalidad. El período lluvioso se caracteriza por un exceso en la producción de biomasa vegetal, mientras que en el período seco disminuye la disponibilidad de pasto verde para el ganado (Giraldo, Argel y Burgos, 2015).

Esta estacionalidad de los pastos es la causa fundamental de la disminución de la producción de leche y carne en el período seco, así como de reducciones de los períodos de lactancia, incremento en el número de vacas secas, e incluso muertes por desnutrición (Rodríguez, *et al.*, 2017). Para superar este desequilibrio, se requieren estrategias de conservación que permitan disponer de forraje para el período seco. Las principales técnicas que se utilizan para conservar forraje son la henificación y el ensilaje (Giraldo, Argel y Burgos, 2015).

La henificación consiste en la evaporación del contenido agua del forraje sobre el propio terreno en el que se segó por acción del sol y del viento, hasta obtener un nivel de humedad inferior al 15%. Este proceso debe ser rápido para que no se produzcan deterioros en el material ni se pierdan los nutrientes (Chicaiza, 2017).

Por su parte, el ensilaje consiste en conservar el forraje fresco en medio ácido, fundamentalmente mediante la fermentación anaerobia de los CHS presentes en los forrajes para producir ácido láctico por la acción de las bacterias ácido lácticas (BAL) (Simbaña, 2015). Al producirse estos ácidos, el pH del material ensilado disminuye a un nivel que impide la presencia de microorganismos que inducen la putrefacción (Martínez, Argamentería y de la Rosa, 2014).

Actualmente, la tendencia es a ensilar porque en el trópico la henificación tiene como inconvenientes: el alto costo de la maquinaria, los problemas para el secado que acarrea la humedad y el calor excesivo en el período lluvioso, la necesidad de naves para el almacenamiento de las pacas de heno y la poca apetencia del ganado por el pasto seco (Rodríguez, *et al.*, 2017).

1.4.1 Métodos para mejorar la calidad de un ensilado. Empleo de aditivos energéticos

Aunque el corte del forraje se debe efectuar en el período de crecimiento de la planta dado que muestra mayor contenido de proteína y mejor digestibilidad, en la práctica es más viable cortar en el momento de mejor equilibrio en la relación calidad nutritiva y rendimiento por área. Sin embargo, los pastos tropicales en el momento de este equilibrio tienen la limitante de contener una elevada humedad, lo que puede producir efectos adversos en la fermentación del ensilaje (Borjas, 2014).

Además, la mayoría de los forrajes tropicales se caracterizan por tener bajos contenidos de CHS y MS, así como altos valores de fibra y capacidad tampón (CT); lo que trae como resultado una mala fermentación del material verde recién cortado y un bajo valor nutritivo del ensilaje obtenido. Estos factores impiden un rápido decrecimiento del pH a niveles adecuados y propician la ocurrencia de fermentaciones secundarias indeseables (Mier, 2009).

Por tanto, se hace necesario buscar diferentes estrategias para mejorar este tipo de proceso de conservación de forrajes tropicales. Entre las estrategias disponibles están el presecado del material vegetal para incrementar el contenido MS del forraje y la inclusión de aditivos ricos en azúcares o almidones que mejoren la disponibilidad de CHS para la fermentación (Rodríguez, *et al.*, 2017).

La incorporación de ingredientes ricos en elementos fácilmente fermentables como azúcar o melaza a forrajes tropicales con valores bajos de MS y CHS, permite mejorar la fermentación del ensilaje. La melaza se ha convertido en la fuente de carbohidrato más usada como aditivo para aportar energía (Fernández, *et al.*, 2017). No obstante, también se pueden utilizar como aditivos energéticos los granos de cereales (maíz, avena, trigo, sorgo), las raíces y tubérculos (papa, yuca, boniato) y los subproductos industriales como harinas y pulpa de cítricos deshidratada, por presentar altos contenidos de almidón, al mismo tiempo que trabajan como

absorbentes del exceso de humedad del forraje (Ospina y Ceballos, 2002).

1.4.2 Indicadores de calidad nutritiva y fermentativa de los ensilados

La calidad de un ensilado depende por una parte de su valor nutritivo, que está ligado directamente a su composición química (MS, contenido de fibras, PB, CHS y minerales); y por otra de la calidad de la conservación, vinculada con los parámetros fermentativos (pH, nitrógeno amoniacal ($N-NH_3$), ácidos grasos de cadena corta (AGCC) y ácido láctico) (Martínez, Argamentería y de la Rosa, 2014).

El contenido correcto de MS de la planta antes de ensilar debe oscilar entre 30 - 35%, esto es un factor importante para el éxito de la fermentación. Así la degradación del ácido láctico y la producción de amoníaco por bacterias butíricas se ven considerablemente atenuados (Mier, 2009). Al ensilar forraje con menos de 30% de MS se puede crear un ambiente más apropiado al crecimiento de Clostridios que para el desarrollo de las BAL, obteniéndose ensilajes de bajo valor nutritivo por pérdidas de efluentes y poco apreciado por los animales (Borjas, 2014).

La PB es un parámetro importante por su influencia directa en la producción animal. Para ensilados de pastos, un contenido por debajo de un 12% de PB se debe considerar escaso. Por su parte, las cenizas indican el contenido mineral; si el porcentaje es mayor al 15%, indica que hubo contaminación con tierra o dilución con materiales inorgánicos (Martínez, Argamentería y de la Rosa, 2014).

Van Soest, *et al.* (1991) propusieron el fraccionamiento de la fibra en fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA), y ambas determinaciones se utilizan para la predicción de la calidad de los forrajes. La FDN suministra la mejor estimación del contenido total de fibra del alimento y está relacionada con su consumo. A su vez, la FDA es la fracción no digestible del forraje y es un factor importante en el cálculo del contenido energético del alimento (Hernández, 2010).

Los CHS son usados por los microorganismos del forraje como la principal fuente de energía para su crecimiento. Los principales CHS son fructosa y sacarosa. El bajo

contenido de CHS en el forraje puede limitar las condiciones de la fermentación y bajo esta condición el pH no disminuye como para llegar al estado de conservación. Normalmente se requiere un mínimo de 6 a 12% de CHS para una apropiada fermentación en el ensilaje (Mier, 2009). Cuando un material pese a su buena calidad, no contiene cantidades suficientes de azúcares se hace necesario adicionar otra fuente de CHS que faciliten su fermentación (Simbaña, 2015).

El pH del ensilaje, es un parámetro rápido de determinar e indicativo del tipo de fermentación que tuvo lugar y de la estabilidad del producto obtenido. En ensilados con pH superiores a 5.0 pueden actuar los Clostridios, que fermentan los CHS y ácidos orgánicos produciendo ácido butírico, dióxido de carbono e hidrógeno, dando ensilados de color negro y olor a rancio. Incluso, otros microorganismos proteolíticos fermentan a los aminoácidos y generan, especialmente, amonio (olor a amoníaco o a orina) y aminas (olor a pútrido). Esto puede ocasionar en los animales una reducción del consumo voluntario (Martínez, Argamentería y de la Rosa, 2014).

Por otra parte, para valores de pH inferiores a 4.0 las bacterias indeseables se inhiben, siendo remplazadas por las BAL. Estas bacterias serán menos abundantes al inicio del proceso de fermentación, aumentando paulatinamente siempre que los CHS no sean limitantes. Su actividad provoca la acumulación de ácido láctico, responsable de la conservación del forraje ensilado (Simbaña, 2015).

Para el caso del $N-NH_3$, este se caracteriza por ser una medida de la degradación de la proteína que tuvo lugar durante el proceso de ensilaje. Su acumulación dentro del proceso fermentativo puede tener efecto tampón y no favorece la disminución del pH, por lo que un exceso de NH_3 puede afectar la calidad del proceso de conservación del forraje (Chicaiza, 2017).

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Fuentes de búsqueda de la información

La búsqueda de la literatura se basó en la combinación de fuentes primarias y secundarias de información. Para esto, se consultó la Revista Cubana de Ciencia Agrícola (RCCA) como revista especializada en la temática, y bases de datos electrónicas: EBSCO, Science Direct, Scielo y ResearchGate.

- **RCCA:** es una revista de corte agropecuario del Instituto de Ciencia Animal del Ministerio de Educación Superior de la República de Cuba. Tiene una frecuencia trimestral y comprende los siguientes temas en el campo agrícola: Matemáticas Aplicadas, Economía, Genética Animal, Ciencia Animal (Fisiología, Nutrición y Manejo de Rumiantes y Monogástricos, Microbiología, Biotecnología, Productos Lácteos, Carne de Res y Ganado Menor), Pastos y Forrajes, Desarrollo Rural, Medio Ambiente, Sistemas Agrícolas Sostenibles, Sistemas de Producción, Transferencia de Tecnología, Innovación Tecnológica y Extensionismo. Es una revista de impacto, incluida dentro de las bases SCOPUS y Redalyc (Instituto de Ciencia Animal, 2018).
- **EBSCO:** presenta más de 282 000 artículos de revistas, teniendo una relación activa con más de 60 000 editores de todo el mundo. Es una base de datos que ofrece textos completos, índices y publicaciones periódicas académicas que cubren diferentes áreas de las ciencias y humanidades (EBSCO Industries Inc., 2018).
- **Science Direct:** es la base de datos de la casa editorial Elsevier con textos completos, revisados por pares, con más de 26 000 títulos de libros y más de 2 500 títulos de revistas. Específicamente, para Agricultura y Ciencias Biológicas cuenta con 3054 referencias, entre libros y revistas (Elsevier, 2018).
- **Scielo:** es una biblioteca electrónica que incluye, una colección seleccionada

de revistas científicas, de todas las áreas del conocimiento. Constituye a su vez, una base de datos de carácter regional para las investigaciones de América Latina y el Caribe. Para Ciencias Agrarias, cuenta con 136 revistas, entre las cuales se encuentran indexadas 9 revistas cubanas: Centro Agrícola, Centro Azúcar, Cultivos Tropicales, Fitosanidad, Pastos y Forrajes, Revista de Ciencias Técnicas Agropecuarias, Revista de Producción Animal, Revista de Protección Vegetal y Revista de Salud Animal (Fundación para el Apoyo a la Investigación y centro Latinoamericano y del Caribe de Información en Ciencias de la Salud, 2018).

- **ResearchGate:** es la mayor red académica dirigida a la comunidad investigadora, y pone a disposición del usuario una biblioteca de información que dispone de un motor de búsqueda semántica que navega por las principales bases de datos y repositorios universitarios. Contiene más de 35 millones de artículos de interés, a menudo a texto completo, de revistas científicas (Madisch, Hofmayer y Fickenscher, 2018).

Para la selección de los artículos se tuvo en cuenta los términos de búsqueda: *ensilaje/silage/silagem* y *aditivo/additive*, que se combinaron con el operador booleano “AND” o “OR”, para artículos en español, inglés y portugués. Los títulos y resúmenes se examinaron para excluir los informes claramente irrelevantes, se recuperó el texto completo para los estudios potencialmente relevantes, se inspeccionaron detalladamente los artículos para verificar el grado de cumplimiento respecto a los criterios de inclusión establecidos, y finalmente se tomó una decisión definitiva sobre la inclusión del estudio para proceder a la obtención de los datos estadísticos.

2.1.1 Criterios de inclusión/exclusión establecidos

Se tomaron *a priori* las características que debían tener los artículos recopilados para ser incluidos o excluidos en el meta-análisis. Los criterios planteados para establecer

la búsqueda y selección de los artículos fueron:

- Estudios experimentales donde se ensiló determinada especie de pasto de origen tropical
- Investigaciones donde se utilizó como tratamiento algún aditivo energético (melaza, granos de cereales o subproductos industriales como harinas y pulpa cítrica) durante el proceso de ensilaje. Luego, se comparó la eficacia del tratamiento vs. control
- Medidas resultantes de la variable nutricional CHS y de las variables fermentativas pH y ácido láctico
- Reporte en los resultados de los datos estadísticos de tendencia central (media) y de variabilidad (desviación estándar, error estándar o coeficiente de variación)
- Estudios publicados en idioma inglés, español o portugués
- Rango temporal de los estudios (no definido)

Además, del análisis se excluyeron informes duplicados, experimentos que utilizaban otros tipos de aditivos que no eran de interés para el estudio, e investigaciones que empleaban para ensilar especies forrajeras no tropicales.

2.1.2 Fiabilidad entre-revisores

Como parte de la búsqueda y selección de los estudios, se determinó la fiabilidad entre-revisores para medir el grado de concordancia o acuerdo entre ambos. Para esto fueron seleccionados dos revisores: un investigador conocedor de estudios relacionados con el ensilaje de forrajes y un especialista de la biblioteca del Instituto de Ciencia Animal capacitado en estrategias de búsqueda.

Ambos identificaron y seleccionaron de manera independiente los títulos y resúmenes derivados de las fuentes de búsqueda. Luego, recuperaron los textos

completos de los artículos y evaluaron el cumplimiento de los criterios de inclusión. Finalmente, cada revisor tomó la decisión de incluir, excluir o mantener de manera dudosa un artículo.

Los datos se resumieron en una matriz de tres filas por tres columnas, siendo tres el número de categorías para la clasificación dada por ambos revisores (Tabla 4). Con los datos tabulados se determinó el grado de acuerdo entre-revisores con el objetivo de medir la fiabilidad de la selección final de los artículos.

Tabla 4. Datos de entrada para el cálculo de un estadístico de Kappa simple

	Revisor 1				
		Incluye	Excluye	Dudoso	Total
Revisor 2	Incluye	a	b	c	I ₁
	Excluye	d	e	f	E ₁
	Dudoso	g	h	i	U ₁
	Total	I ₂	E ₂	U ₂	K

2.2 Escala propuesta para evaluar la calidad metodológica de los estudios

Todo meta-análisis debe incorporar algún sistema de valoración de la calidad metodológica de los estudios seleccionados, ya que posteriormente se debe comprobar la posible influencia de esta calidad sobre los resultados meta-analíticos finales. Por ello, se desarrolló una escala de calidad específica para la valoración metodológica de estudios sobre composición química y valor nutritivo de ensilajes de forrajes.

a) *Diseño:*

Para elaborar la escala de calidad se tomó como referencia la escala de PEDro desarrollada por Verhagen, *et al.* (1998). Dicha escala se elaboró para evaluar estudios clínicos aleatorizados y se encarga de medir la credibilidad del ensayo o validez interna, y sí posee suficiente información estadística para poderlo interpretar

(Fuentes, 2016).

La nueva propuesta de escala tuvo en cuenta los criterios de la escala de PEDro referidos a la toma de la muestra, la aleatorización de los tratamientos a las unidades experimentales y la información estadística que debe ser reportada de los experimentos. Sin embargo, se descartaron los criterios referidos a los estudios de experimentos a ciegas porque son propios de investigaciones de clínica en humanos.

Las adecuaciones que se le realizó a la escala de PEDro estuvieron relacionadas con: las características del forraje para ensilar, la descripción del proceso de elaboración del ensilaje, los procedimientos de análisis químicos utilizados para determinar las variables claves, los métodos estadísticos que se emplean en la experimentación y el reporte o no de variables claves para estudios de ensilados a base de forraje.

b) Metodología:

Para identificar los criterios que conformaron la escala se analizaron 80 artículos referentes a la evaluación de la calidad nutritiva de ensilajes de forrajes tropicales para la alimentación de rumiantes. En la validación de la herramienta desarrollada se utilizaron otros 40 artículos de la temática.

Para la búsqueda y selección de los artículos se consultaron las bases de datos: EBSCO, Scielo, Science Direct y Researchgate. La estrategia de búsqueda consistió en la utilización de los siguientes términos *silage*, *nutritive value*, *quality*, *chemical composition*, *ruminant*; los que se combinaron con el operador booleano “AND” o “OR”.

c) Validación:

Para validar la escala se determinó la confiabilidad entre dos evaluadores mediante el coeficiente de correlación intraclase (CCI).

d) Escala propuesta:

Los criterios que conformaron la propuesta de escala y que sirvieron de base para

evaluar la calidad metodológica de los estudios sobre composición química y valor nutritivo de ensilajes de forrajes, se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Propuesta de escala para evaluar la calidad metodológica de los estudios sobre composición química y valor nutritivo de ensilajes de forrajes

No.	Criterios	Puntaje
1	Se describe adecuadamente las características del forraje empleado para ensilar	Si - 1 No - 0
2	Se describe la toma de muestra del forraje	Si - 1 No - 0
3	Se describe adecuadamente el proceso de obtención del producto ensilado	Si - 1 No - 0
4	Se aleatorizó la asignación de los tratamientos a las unidades experimentales	Si - 1 No - 0
5	Se describe el proceso de toma de muestra del ensilado y la cantidad de muestras por tratamiento	Si - 1 No - 0
6	Se informan adecuadamente los procedimientos de análisis químicos empleados para determinar las variables del estudio	Si - 1 No - 0
7	Se informa adecuadamente el método estadístico que se empleó en la experimentación	Si - 1 No - 0
8	Se reportan en el estudio variables claves de la composición química de los forrajes utilizados para ensilar.	Si - 1 No - 0
9	Se reportan en el estudio variables claves de la composición química y valor nutritivo del producto finalmente ensilado.	Si - 1 No - 0
10	Se reportan en el estudio variables claves de la fermentación ocurrida durante el proceso de ensilaje.	Si - 1 No - 0
11	Son informados los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos para las variables claves del estudio	Si - 1 No - 0
12	El estudio proporciona las medias de los tratamientos y los estadísticos de variabilidad para las variables claves medidas	Si - 1 No - 0

Para evaluar la calidad de un estudio solo dio puntos, cuando el criterio se cumplió

claramente de la siguiente manera:

- **Criterio 1:** Se cumple sí el artículo describe las características del forraje empleado para ensilar, por ejemplo: especie y variedad de pasto, edad de corte, tipo de suelo, variables climáticas de la región geográfica, uso de riego y niveles de fertilización
- **Criterio 2:** Se cumple si el estudio informa acerca del método de muestreo empleado, horario en el que se muestreó, altura de corte, equipo empleado y la cantidad de forraje tomado. También se debe informar acerca de la conservación de la muestra de forraje para ser trasladada al laboratorio químico, y el procesamiento de la misma (secado, molinado y almacenamiento).
- **Criterio 3:** Se cumple si se describe adecuadamente el proceso de elaboración del ensilado: si el forraje se presecó previamente, el tipo de silo utilizado, tamaño de partícula, método de compactación, empleo de aditivos y niveles de inclusión, forma de sellado y tiempo de ensilado.
- **Criterio 4:** Se considera que el estudio realizó una designación al azar, sí la fuente evaluada informa claramente que los tratamientos se asignaron de manera aleatoria a las unidades experimentales del producto a ensilar.
- **Criterio 5:** Se cumple si se describe la toma de muestra en los silos y la cantidad de muestras por tratamiento que serán analizadas.
- **Criterio 6:** Se cumple si se informan adecuadamente los métodos de análisis químicos empleados para determinar las variables en estudio.
- **Criterio 7:** Se cumple si se detalla adecuadamente el método estadístico que se empleó durante el proceso de experimentación.
- **Criterio 8:** Se cumple si se reportan los resultados de las variables principales de la composición química de los forrajes utilizados para ensilar: MS, cenizas, PB, fraccionamiento de la fibra, CHS o CT. No se da punto por este criterio si se

informan menos del 50% de estas variables; o sea, se debe informar al menos 3 de las variables anteriormente mencionadas para que el evaluador dé puntos por este criterio.

- **Criterio 9:** Se cumple si se reportan los resultados de las variables principales de la composición química y valor nutritivo de los productos ensilados: MS, cenizas, PB, fraccionamiento de la fibra, CHS o CT. No se da punto por este criterio si se informan menos del 50% de estas variables; o sea, debe informar al menos 3 de las variables anteriormente mencionadas para que el evaluador dé puntos por este criterio.
- **Criterio 10:** Se cumple si se reportan los resultados de las variables principales de la fermentación ocurrida durante el proceso de ensilaje: pH, ácido láctico, ácidos grasos de cadena corta [ácido acético, ácido propiónico, ácido butírico], o N-NH₃. Se da punto por este criterio si se informan al menos el 75% de estas variables; es decir, al menos 3 variables.
- **Criterio 11:** Se cumple si se desarrolla la comparación estadística de medias de tratamientos y se informa la dística que se empleó, o la comparación de un tratamiento con una condición de control. La comparación se puede realizar mediante un contraste de hipótesis que proporciona un valor de probabilidad.
- **Criterio 12:** Se cumple si se reportan el valor de las medias de los tratamientos y el estadístico de variabilidad para las variables clave medidas. Estos últimos incluyen desviaciones estándar, errores estándar, coeficiente de variación, intervalos de confianza, rango intercuartílicos (u otros rangos de cuantiles), y rangos medios.

La propuesta de escala quedó conformada por 12 criterios y se evaluó un artículo como de buena calidad metodológica y bien diseñado si cumple con 9 o más de los criterios. Este valor umbral se seleccionó teniendo en cuenta la referencia de Manterola y Otzen (2015), quienes consideran que un estudio es de buena calidad si

este recibe una puntuación de al menos el 75% del total de criterios que conformen el instrumento que se utilizó.

Además, al validar la escala se obtuvo un CCI de 0.81, con un intervalo de confianza entre 0.67 y 0.89 para un nivel de significación de 0.05. Según Simancas y Arévalo (2017), valores del coeficiente CCI superiores a 0.75 indican una fiabilidad excelente. Por tanto, el instrumento diseñado para evaluar la calidad metodológica de los estudios para el meta-análisis presentó una alta fiabilidad para ser posteriormente utilizado.

2.3 Características codificadas de los estudios

Se extrajeron y codificaron las variables moderadoras agrupadas en sus tres categorías: sustantivas, metodológicas y extrínsecas.

2.3.1 Variables sustantivas

En el presente estudio se consideraron como variables sustantivas:

- Especie de pasto tropical utilizada para ensilar: se codificó cada especie de pasto de la siguiente manera:
1= *Cenchrus purpureus*
2= *Cynodon nlemfluensis*
3= *Cynodon dactylon*
4= *Manihot esculenta* (hojas)
5= *Panicum máximum*
6= *Brachiaria decumbens*
- Edad del pasto: se codificó la edad del pasto empleado medido en días.
- Tipo de aditivo energético: se codificó cada aditivo de la siguiente manera:
1=melaza
2=harina de yuca
3=granos de maíz

4=pulpa cítrica

5=salvado de arroz

6=jugo de caña

- Inclusión del aditivo: se codificó la inclusión del aditivo en %.
- Apertura del silo: se codificó la apertura del silo para realizar los análisis físico-químicos en días en que estuvo almacenado el producto.

2.3.2 Variables metodológicas

En el presente estudio se consideraron como variables metodológicas:

- Tamaño de muestra: se codificó de acuerdo al número de muestras seleccionadas que integran cada estudio.
- Tipo de diseño experimental: se codificó cada diseño experimental utilizado en cada investigación de la siguiente manera:
 - 1=Diseño Completamente Aleatorizado (DCA)
 - 2=Diseño Completamente Aleatorizado con arreglo factorial
 - 3=Diseño de Bloques al Azar (DBA)
 - 4= Diseño de Bloques al Azar con arreglo factorial
- Calidad metodológica del estudio: se codificó de acuerdo con el puntaje que recibió cada estudio después de la evaluación.

2.3.3 Variables extrínsecas

En el presente estudio se consideró como variable extrínseca:

- Año de publicación: se codificó el año de publicación de cada estudio medido en años

La figura 1 muestra un esquema general de cómo fueron divididas las variables moderadoras:

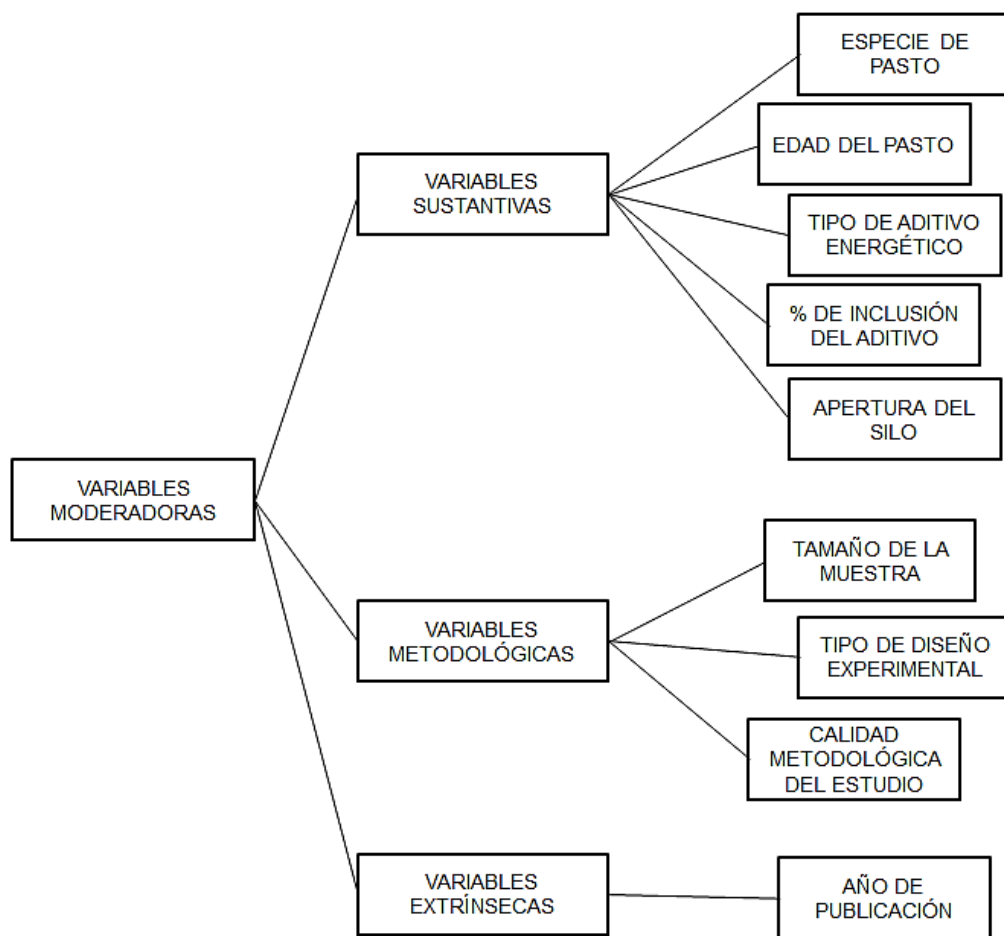


Figura 1. Esquema general que resume las variables moderadoras seleccionadas

2.4 Análisis estadístico

Se determinó el estadístico TE para cada uno de los estudios individuales incluidos en el meta-análisis con su intervalo de confianza. Este análisis permitió estimar un TE promedio para generalizar los resultados. Posteriormente, se analizó la presencia de heterogeneidad entre-estudios y cuánto aporta a esta variabilidad cada una de las variables moderadoras seleccionadas.

2.4.1 Medida de los resultados

De cada uno de los estudios se seleccionaron tres variables continuas para el análisis: la variable nutricional CHS y las fermentativas pH y ácido láctico. El pH se

expresó en valores adimensionales, mientras que CHS y ácido láctico se expresaron en g/kg o en % de MS indistintamente.

Para el cálculo del TE de este tipo de variables se necesitó conocer: el tamaño de muestra, la media y su correspondiente medida de dispersión (error estándar, desviación típica, varianza o coeficiente de variación) para cada uno de los grupos (experimental y control). Posteriormente, se calculó el TE como una diferencia de medias estandarizada (DME), la que permitió estandarizar los resultados de cada variable cuando estas son medidas en distintas escalas.

La DME se calculó según la ecuación propuesta por Sánchez (2010) (Ecuación 6):

$$d = c(m) * \frac{Y_T - Y_C}{S} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

d: es el índice del TE para la DME

Y_T : media del grupo tratado

Y_C : media del grupo control

S: desviación típica de ambos grupos

$c(m)$: factor de corrección para muestras pequeñas

2.4.2 Estimación global del efecto

Se calculó un promedio de los TE obtenidos en los estudios individuales para obtener un resultado resumen de la eficacia de los tratamientos y se reportó su intervalo de confianza al 95%, para informar la precisión de la estimación global del efecto. Además, se tuvo en cuenta los límites del intervalo de confianza, para comprobar si el TE promedio fue estadísticamente significativo si dentro del intervalo de confianza se encontraba o no el valor nulo o cero.

Se asumió un MEA para estimar el TE promedio, y poder explicar la variación entre-estudios y generalizar los resultados hacia una población mayor que el conjunto de estudios de muestra.

2.4.3 Análisis de heterogeneidad

Para comprobar la presencia de heterogeneidad entre-estudios, se realizó la prueba Q de Cochrane cuyo resultado se complementó con el estadístico I^2 . Luego, se analizaron las causas de la heterogeneidad con las variables moderadoras. En el caso de las moderadoras cualitativas se utilizó la técnica de ANAVA (análisis de subgrupos), y para las variables cuantitativas se empleó análisis de regresión (meta-regresión). En todos los casos, los análisis estadísticos se basaron en procedimientos de estimación ponderada de acuerdo a la precisión que aporta cada estudio (proporcional al tamaño de muestra del estudio e inversamente proporcional a su variabilidad).

2.4.4 Análisis de subgrupos

Se analizó la influencia de moderadores cualitativos en la heterogeneidad mediante el análisis de subgrupos. Los resultados se presentaron en formato de ANAVA, y para cada moderador se reportó su TE promedio, intervalo de confianza y las medidas de heterogeneidad.

En la prueba de heterogeneidad con el empleo de efectos aleatorios, el estadístico Q quedó representado como: Q_{between} (Q_B). Este estadístico probó la homogeneidad entre grupos y determinó si los efectos medios de los diferentes grupos o categorías de la variable moderadora son estadísticamente diferentes entre sí (Cogaltay y Karadag, 2015).

2.4.5 Meta-regresión

El análisis de variables moderadoras cuantitativas se abordó desde modelos de regresión lineal (simple o múltiple), los cuales se denominan modelos de meta-regresión. Los modelos lineales de los TE se estimaron mediante el método de los mínimos cuadrados ponderados, donde las características actúan como variables independientes y los TE como la variable dependiente (Huedo y Johnson, 2016). Entre los resultados se presentó los coeficientes de regresión, el error típico, el

intervalo de confianza y el valor del coeficiente de determinación R^2 , que indicó la proporción de variabilidad explicada por el modelo (Rubio, *et al.*, 2018).

En la prueba de heterogeneidad, el estadístico Q quedó representado como: $Q_{\text{Regression}}$ (Q_R) y Q_{Error} (Q_E). El estadístico Q_R permitió comprobar si existe una asociación estadísticamente significativa entre el TE medio de la variable dependiente y la característica moderadora analizada. Mientras que, con el estadístico Q_E se comprobó si el modelo está bien especificado (Sánchez, Marín y López, 2011).

2.6 Paquetes estadísticos empleados

- Los resultados finales de la búsqueda y selección de los estudios se tabularon en una hoja de cálculo Excel (2010), donde quedó resumido cada estudio con su correspondiente extracción de datos para cada variables pH, ácido láctico y CHS (Anexo 1, 2 y 3).
- Para medir el grado de concordancia de los revisores de la búsqueda (índice Kappa), se procesaron los datos en el paquete estadístico SPSS versión 22 (2013).
- Para caracterizar los estudios seleccionados para el meta-análisis según la distribución de las variables cualitativas (tipo de pasto, tipo de aditivo y diseño experimental), se empleó el análisis de comparación de proporciones Chi-cuadrado y los datos se procesaron en el paquete estadístico ComparPro versión1 (Font, *et al.*, 2007).
- Para calcular los TE individuales, estimar el TE promedio mediante el uso del MEA, analizar la variabilidad entre-estudios y realizar los análisis específicos a las variables moderadoras (análisis de subgrupos y meta-regresión); se utilizó el paquete estadístico Comprehensive Meta-Analysis versión 3.0 (Borenstein, *et al.*, 2014).

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Búsqueda y selección de los estudios relevantes

La búsqueda por las fuentes de información consultadas permitió localizar un total de 197 estudios a partir de diferentes combinaciones de los términos de búsqueda: “ensilaje” OR “silage” OR “silagem” AND “aditivo” OR “additive”. Posteriormente, se examinaron los títulos y resúmenes para excluir los informes claramente irrelevantes, se recuperó el texto completo para los estudios potencialmente relevantes, se inspeccionaron detalladamente los artículos para verificar el grado de cumplimiento respecto a los criterios de inclusión establecidos, y finalmente se tomó una decisión definitiva sobre la inclusión del estudio para proceder a la obtención de los datos estadísticos. La figura 2 detalla el diagrama de flujo del procedimiento antes descrito.

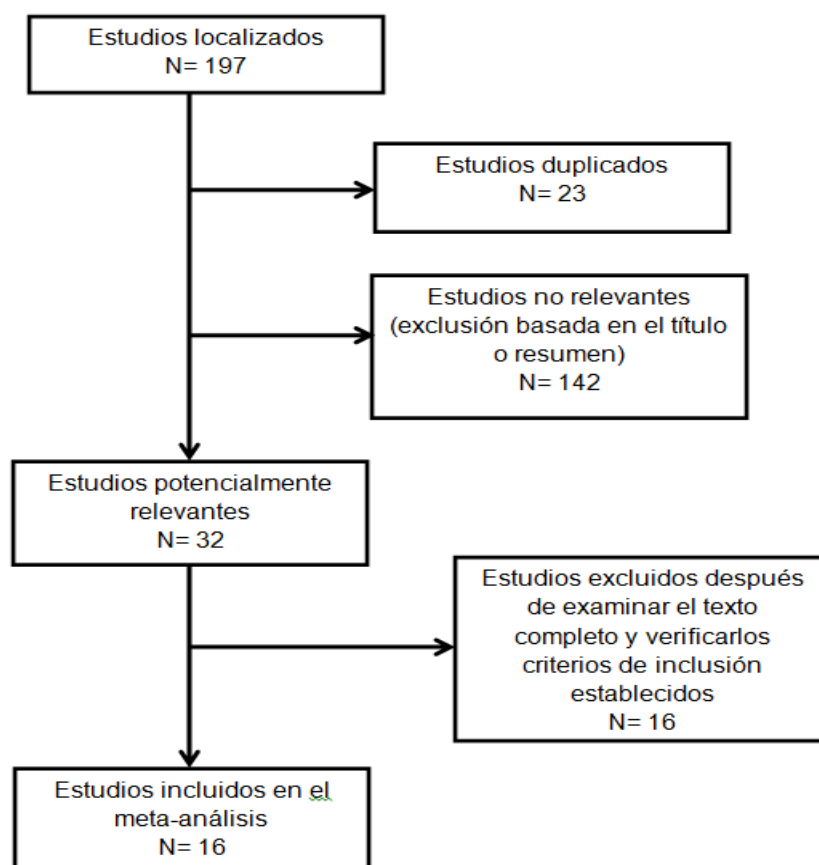


Figura 2. Esquema de selección de los estudios

Una vez verificados los criterios de inclusión en los textos completos, se excluyeron 16 estudios. En la Tabla 6 se muestran los estudios excluidos y sus causas de exclusión.

Tabla 6. Estudios excluidos de la revisión y motivo para su exclusión

Motivo de exclusión	Referencia
No utiliza pasto de origen tropical	Krizsan y Randby, 2014 Moselhy, Borba y Borba, 2015 Wang, <i>et al.</i> , 2017 Cao, <i>et al.</i> , 2011
Ensilajes mixtos	Cajarville, <i>et al.</i> , 2012 Yuan, <i>et al.</i> , 2015
No se mide el efecto del aditivo energético solo, sino que lo mezclan con otros aditivos no energéticos	Vieira, <i>et al.</i> , 2010 Granados, WingChing y Rojas, 2014 Carvalho, <i>et al.</i> , 2010
Datos estadísticos incompletos para el meta-análisis	Boschini y Pineda, 2016 Boschini, Pineda y Chacón, 2014 Maza, Vergara y Paternina, 2011 Silva, <i>et al.</i> , 2014 Keady, <i>et al.</i> , 2008
No hay un estudio control (sin aditivo) para comparar	Silva, <i>et al.</i> , 2007 Ventura, <i>et al.</i> , 2012

Después del análisis se seleccionaron 16 estudios de los cuales se derivaron 44 investigaciones, cabe señalar que en ocasiones un mismo estudio evaluó el efecto de más de un tratamiento; es decir, varios aditivos energéticos o un solo aditivo pero con diferentes niveles de inclusión. Para el meta-análisis cada investigación se analizó por separado y se comparó cada tratamiento frente al control.

3.1.1 Fiabilidad entre-revisores

Después de la búsqueda y selección de los artículos, se midió el grado de acuerdo entre los dos revisores. En la tabla 7 se muestran los resultados del estadístico

Kappa por cada fuente de información (Tabla 7). Se observó que los resultados obtenidos los valores del estadístico fueron superiores a 0.60 en dos de las fuentes y más de 0.70 en las tres restantes. Según la escala propuesta por Higgins y Green (2011), estos valores reflejan un acuerdo entre adecuado y excelente.

Tabla 7. Resultados del índice Kappa por cada fuente bibliográfica

Fuentes Bibliográficas	Índice Kappa
Scielo	0.64
ResearchGate	0.68
EBSCO	0.82
Science Direct	0.80
RCCA	0.79

3.2 Evaluación de la calidad metodológica de los estudios

En la tabla 8 se muestra la evaluación de la calidad metodológica de los 16 estudios seleccionados para el meta-análisis, al aplicar la propuesta de escala.

Tabla 8. Evaluación de la calidad metodológica de los estudios individuales utilizados en el meta-análisis

Nº	Autores	Año de publicación	Criterios de la escala												Total de criterios cumplidos
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Burrenok, <i>et al.</i>	2012	X	-	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	10
2	Pineda, Chacón y Boschini	2016	X	X	X	-	X	X	X	X	X	-	X	X	10
3	Desta, <i>et al.</i>	2016	X	-	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	10
4	Castañó y Villa	2017	X	X	X	-	X	X	X	X	X	-	X	X	10

5	Domínguez y Hardy	1988	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	11
6	Burrenok, Suksombat y Kawamoto	2011	X	-	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	10
7	Li, <i>et al.</i>	2014	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	11
8	Sudarman, Risk y Dewi	2016	X	-	X	-	X	X	X	X	-	X	X	X	9
9	Kavana	2015	X	-	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	10
10	Oliveira, <i>et al.</i>	2014	X	X	X	-	X	X	X	-	X	-	X	X	9
11	Ferrari y Lavezzo	2001	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	11
12	Mazza, <i>et al.</i>	2005	X	-	X	-	X	X	X	X	X	X	-	X	9
13	Vieira, <i>et al.</i>	2009	X	-	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	10
14	Moura, <i>et al.</i>	2010	X	X	X	-	-	X	X	X	X	X	-	X	9
15	Negrao, <i>et al.</i>	2016	X	-	X	-	X	X	X	X	X	X	-	X	9
16	Oni, <i>et al.</i>	2014	X	-	X	-	X	X	X	X	-	X	X	X	9

Se evidenció que, los 16 estudios cumplieron con 9 o más de los 12 criterios establecidos, por lo que se evaluaron de buena calidad metodológica y bien diseñados. Sin embargo, se apreció que en todos los casos no se cumplió con el criterio de la designación al azar de los tratamientos a las unidades experimentales. Probablemente, en la práctica este precepto se halla cumplido, pero los autores obvian la importancia de describir la utilización del azar y la manera de hacerlo.

3.3 Características descriptivas de los estudios

Los estudios se caracterizaron estadísticamente según las variables moderadoras seleccionadas.

a) Variables cualitativas

La figura 3 muestra en porciento la distribución de los diferentes **tipos de pastos** empleados para elaborar ensilajes. En el análisis se evidenció diferencias significativas entre las distribuciones de los pastos utilizados en las investigaciones ($P=0.001$), siendo los pastos del género *C. purpureus* los más comúnmente utilizados para ensilar en un 45% del total de los estudios analizados. Sin embargo, se observó que existen escasos estudios donde se empleen otros pastos como: las del género *Brachiaria*, *Cynodon* y *Panicum*.

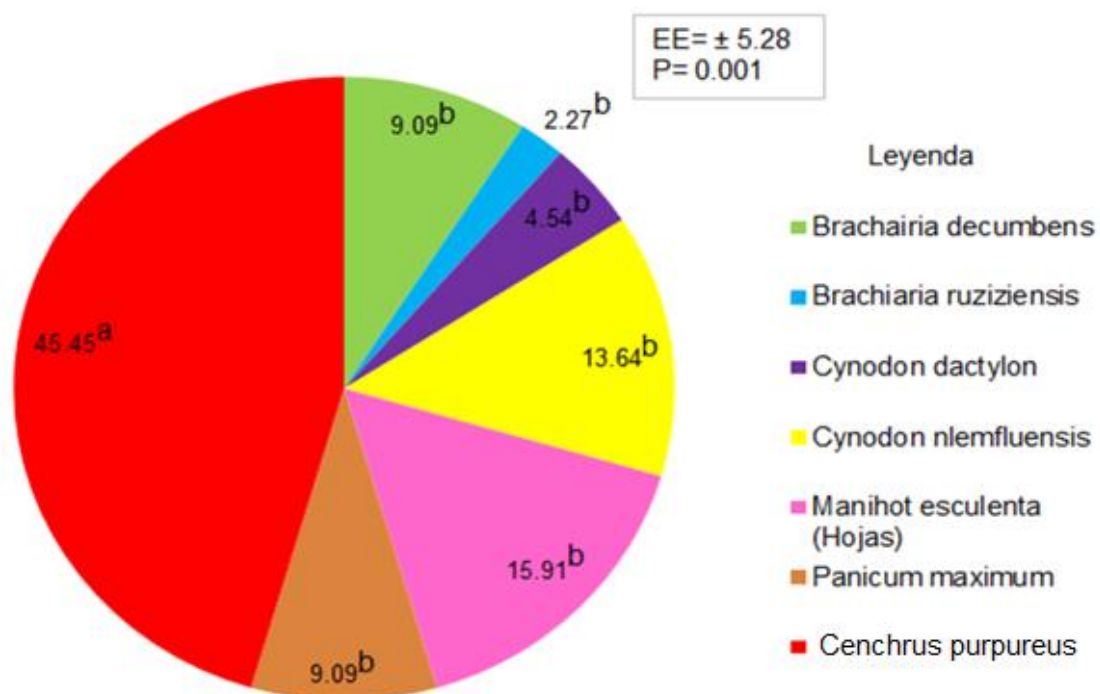


Figura 3. Tipos de pastos empleados para ensilar en los estudios analizados

En cuanto la utilización de los *C. purpureus*, autores como Michelena (2006) planteó que los forrajes del género *C. purpureus* están entre las gramíneas forrajeras más usadas en las regiones tropicales y subtropicales, pues logran producciones de forraje verde de 186.1 t/ha/año y de 60 t/ha cada 60 días en el período lluvioso. Estos altos rendimientos hacen que para cubrir el déficit de alimentos en el período poco lluvioso esta planta sea una de las más cultivadas para la fabricación de ensilajes.

Además, autores como Rodríguez, *et al.* (2017) plantean que la mayoría de los pastos tropicales generalmente son pobres en CHS, con valores inferiores al 7% en base seca, excepto las especies del género *Cenchrus* las cuales tienen un contenido aceptable de CHS, lo que favorece la fermentación láctica del sustrato durante el proceso de ensilaje.

La figura 4 representa la distribución de los diferentes **tipos de aditivos** empleados para ensilar forrajes. Los resultados mostraron diferencias significativas entre las distribuciones ($P=0.001$), siendo los aditivos: melaza y harina de yuca los más utilizados para ensilar con un 27% del total, seguidos de la pulpa cítrica con 18% y el salvado de arroz con 14%.

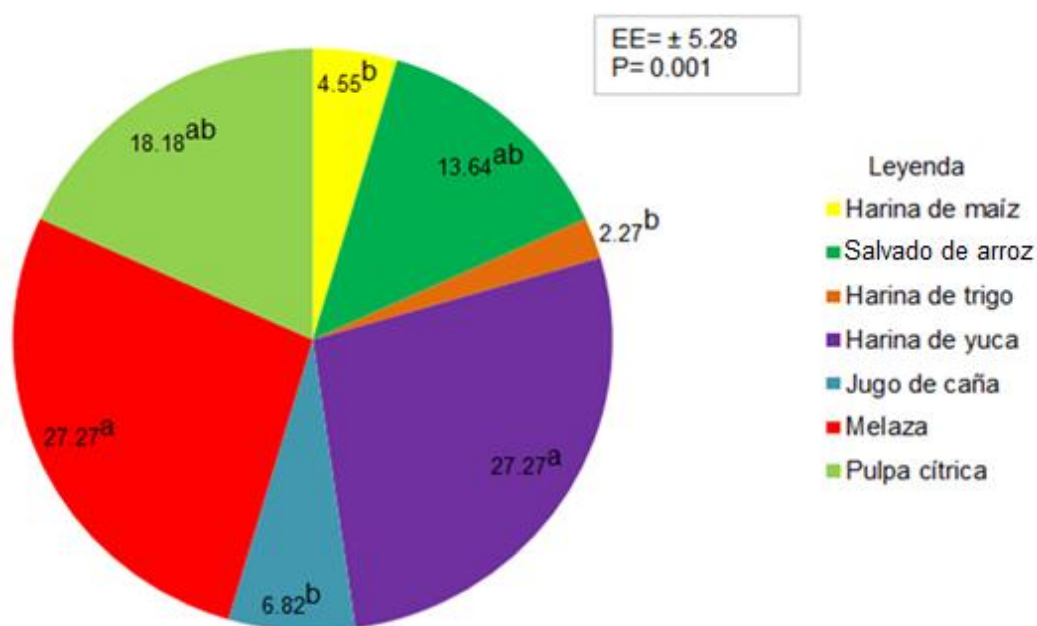


Figura 4. Tipos de aditivos empleados durante el proceso de ensilaje en los estudios analizados

En cuanto al aditivo melaza este es un subproducto de la industria azucarera que se ha convertido en el aditivo energético más utilizado para ensilar ya que estimula la fermentación láctica por la incorporación de azúcares al medio (Martínez, Argamentería y de la Roza, 2014). Rodríguez, *et al.* (2017) plantean que este aditivo

ha demostrado ser efectivo para ensilar pastos tropicales de los géneros *Cenchrus*, *Cynodon*, *Panicum* y *Digitaria*, ya que al estimular la fermentación láctica, se reduce el pH del silo, evita fermentaciones indeseadas y reduce los procesos de proteólisis y las pérdidas de materia orgánica. También, Villa (2008) coincide que con el uso de este aditivo se ha encontrado una mayor disminución en el pH y a su vez en el nitrógeno amoniacal; así como menores problemas clostridiales.

Por su parte, la yuca (*Manihot esculenta*) es ampliamente cultivada en climas tropicales y logra resistir períodos largos de sequía cuando tiene más de 4 a 5 meses de sembrada. El rendimiento del tubérculo es alto y en dependencia de su variedad logra rendimientos entre 30 y 80 t/ha. Además, el elevado contenido de almidones de sus raíces, convierte a esta parte de la planta en esencial para la alimentación animal en forma fresca o ensilada (Shimada, 1973). También, autores como Chedly y Lee (1999) coinciden en que el alto contenido de CHS de la raíz (ya sea elaborada en forma de harinas o sin elaborar) la convierten en un aditivo energético excelente para ensilar forrajes tropicales.

En el caso del salvado de arroz y la pulpa cítrica, ambos aditivos también se caracterizan por aportar excelentes valores de CHS y mejorar la calidad de la fermentación en el ensilaje. Además, son ampliamente usados por ser sustancias absorbentes que, al ser ensiladas con forrajes con valores bajos contenidos de MS son capaces de disminuir la humedad en el silo y prevenir la pérdida de nutrientes que en una fermentación sin control serían arrastrados por el efluente (Mühlbach, 1999).

La figura 5 muestra en porciento la distribución de los diferentes **tipos de diseños experimentales** empleados en las experimentaciones. Según los resultados se encontraron diferencias significativas entre las distribuciones ($P=0.001$) y se evidenció que en estos estudios agropecuarios es muy habitual el empleo de los diseños clásicos en las investigaciones.

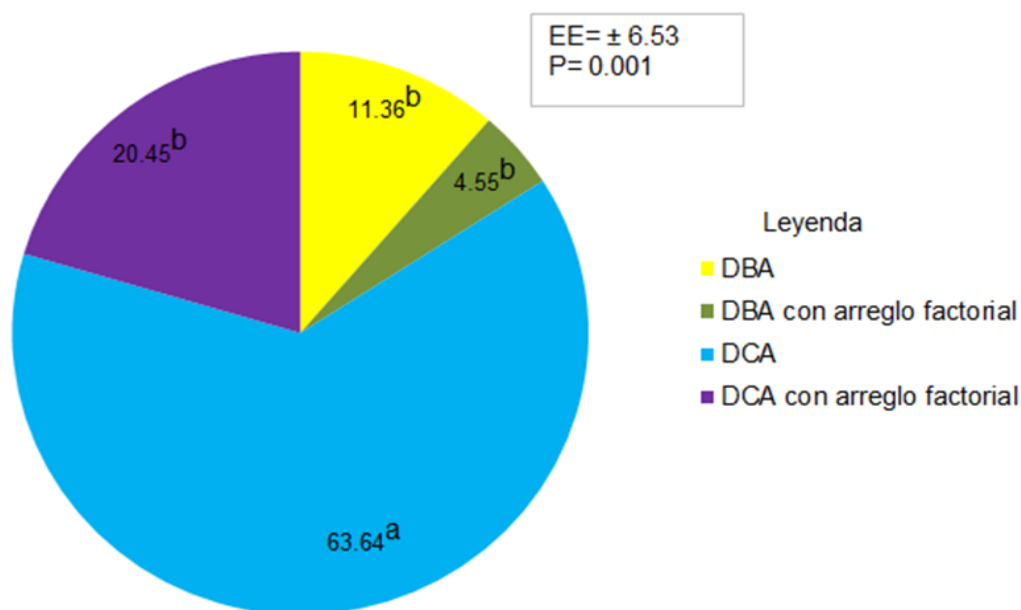


Figura 5. Diseños experimentales utilizados en la experimentación de las investigaciones analizadas

b) Variables cuantitativas

En la tabla 8 se aprecian las medidas resumen de las variables moderadoras cuantitativas.

Tabla 8. Medidas resumen de las variables cuantitativas

Variable	N	Media	DE	CV	Mín	Máy
Edad de corte del pasto	44	66.52	17.13	25.75	40.00	90.00
% de inclusión del aditivo	44	6.53	5.50	84.12	1.00	30.00
Apertura del silo (días)	44	58.02	37.45	65.68	16.00	150.00
Evaluación metodológica	44	9.70	0.76	7.88	9.00	11.00

Para la variable **edad de corte del pasto**, las edades en las que se corta el forraje para ensilar oscilaron entre los 40 y 90 días, con un promedio de edades alrededor de los 66 días. Con respecto, Mier (2009) plantea que los forrajes jóvenes presentan un valor nutritivo elevado, pero su contenido de agua no es aconsejable para ensilar. Por otra parte, cuando son recolectados tardíamente aunque aumente su producción

por hectárea, presentan alto contenido de fibra (celulosa, lignina y hemicelulosa) y menor contenido proteico, lo que determina un bajo valor nutritivo.

La variable **% de inclusión del aditivo** se caracterizó por presentar una alta variabilidad en los datos, lo que demuestra que en los estudios se utilizaron disímiles dosis, las cuales oscilaron desde 1 a 30% de inclusión en el ensilaje.

La **apertura del silo** osciló entre los 16 a 150 días, con un promedio cercano a los 60 días. Al respecto, Ojeda (1999) plantea que cada silo debe abrirse aproximadamente entre 60 y 70 días de conservación, ya que de esta forma el ensilaje tendrá óptimas posibilidades de haber fermentado totalmente.

La **evaluación metodológica** de los estudios al aplicar la escala de evaluación osciló entre 9 y 11 criterios cumplidos, teniendo un promedio de 9.7 criterios cumplidos, lo que demostró la acertada evaluación de los estudios seleccionados.

3.4 Tamaño del efecto para las variables pH, ácido láctico y CHS

a) pH

En la figura 6 se muestran los resultados de los efectos en la variable pH para las 44 investigaciones analizadas. Se determinó para cada estudio de manera individual su TE como medida fundamental junto a su intervalo de confianza, entre otros estadísticos (parte izquierda del gráfico). Por su parte, en la parte derecha se tiene una representación gráfica de los efectos y en la parte inferior del mismo se muestra el TE medio.

Se observó que el TE medio en términos de media ponderada fue de $d_+ = 3.077$ con un intervalo de confianza entre 2.365 y 3.789, por lo que el TE medio resultó estadísticamente significativo al no contener el valor nulo dentro del intervalo. Esto se debe a que la mayor parte de los estudios mostraron resultados significativos a favor del tratamiento (inclusión del aditivo energético) frente al control, es decir, para lograr disminuir el pH del ensilado es mejor adicionar aditivos energéticos que no hacerlo.

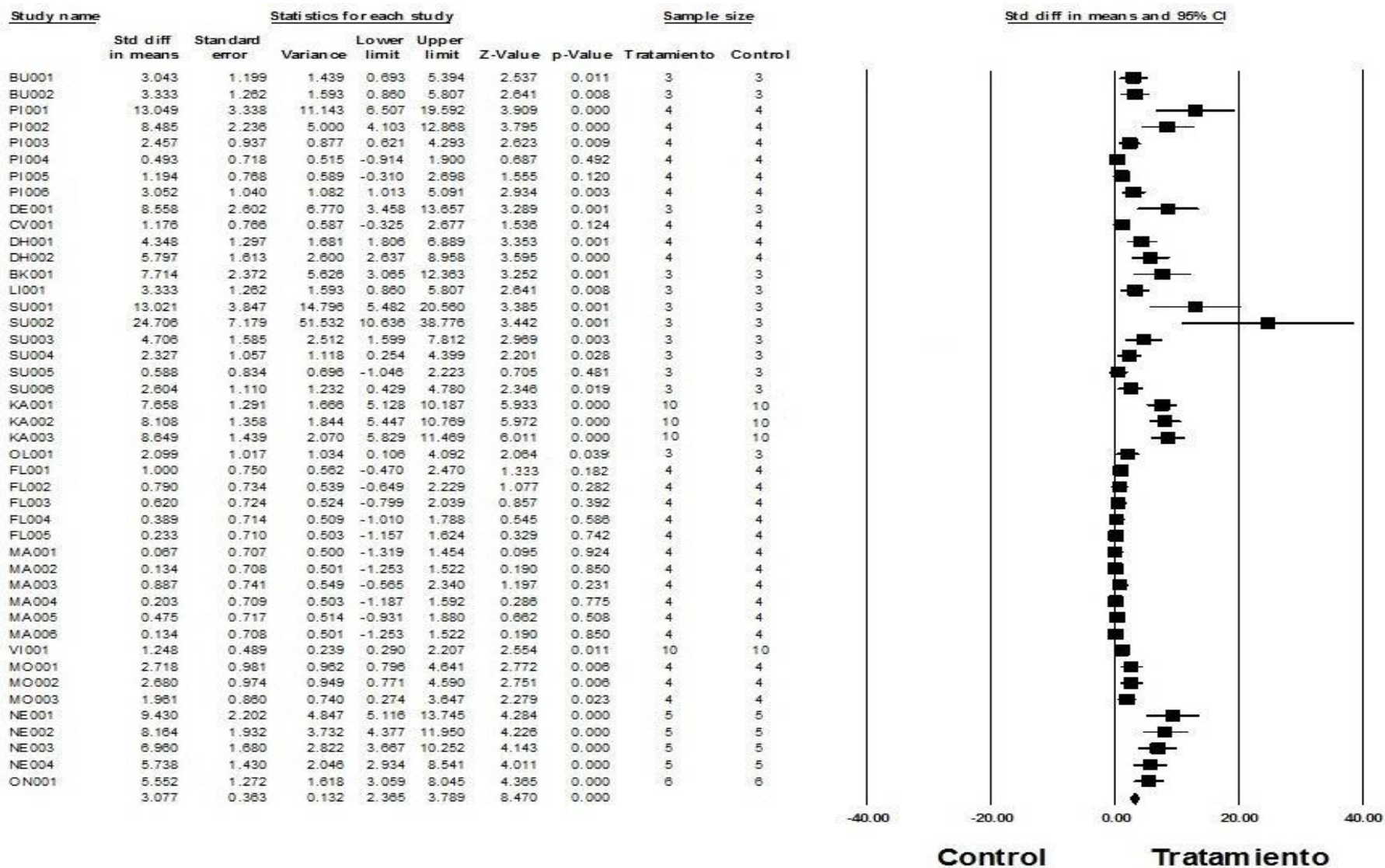


Figura 6. TE para la variable respuesta pH

b) Ácido láctico

De las 44 investigaciones totales, 30 de estas midieron la variable ácido láctico. La figura 7 muestra los TE individuales para cada una de las 30 investigaciones y el TE medio estimado. Se obtuvo que el TE medio para el conjunto de estudios en términos de media ponderada fue de $d_+ = 2.380$ con intervalo de confianza entre 1.779 y 2.981, por lo que el TE medio fue estadísticamente significativo al no contener el valor nulo dentro del intervalo. La mayor parte de los estudios mostraron resultados significativos a favor del tratamiento (adición del aditivo energético) frente al control, ya que los valores de los TE individuales fueron positivos (parte derecha del gráfico); por lo que, la adición del aditivo energético en la mayoría de cada estudio logró aumentar la producción de ácido láctico del producto ensilado.

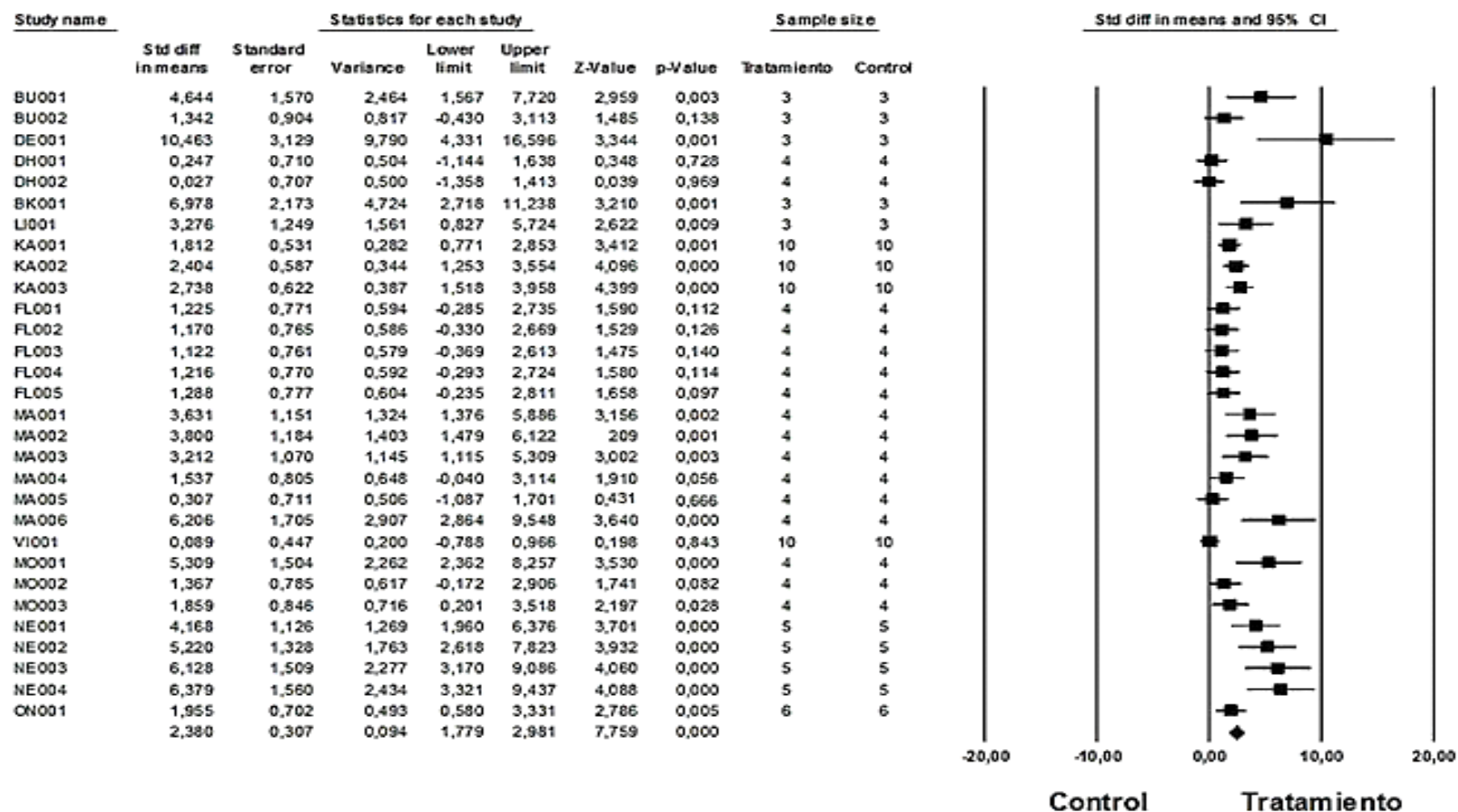


Figura 7. TE para la variable respuesta ácido láctico

c) CHS

De las 44 investigaciones totales se midió la variable CHS en 18 de estas. La figura 8 representa los efectos para cada una de las 18 investigaciones. Se observó que el TE medio para el conjunto de 18 estudios en términos de media ponderada fue de $d_+ = 2.450$ con intervalo de confianza entre 1.505 y 3.396, por lo que el TE medio es estadísticamente significativo al no contener el valor nulo dentro del intervalo. Los estudios mostraron resultados significativos a favor de la adición del aditivo energético, ya que los valores de los TE individuales fueron positivos (parte derecha del gráfico). La adición del aditivo energético mejoró la disponibilidad de CHS del material para ensilar.

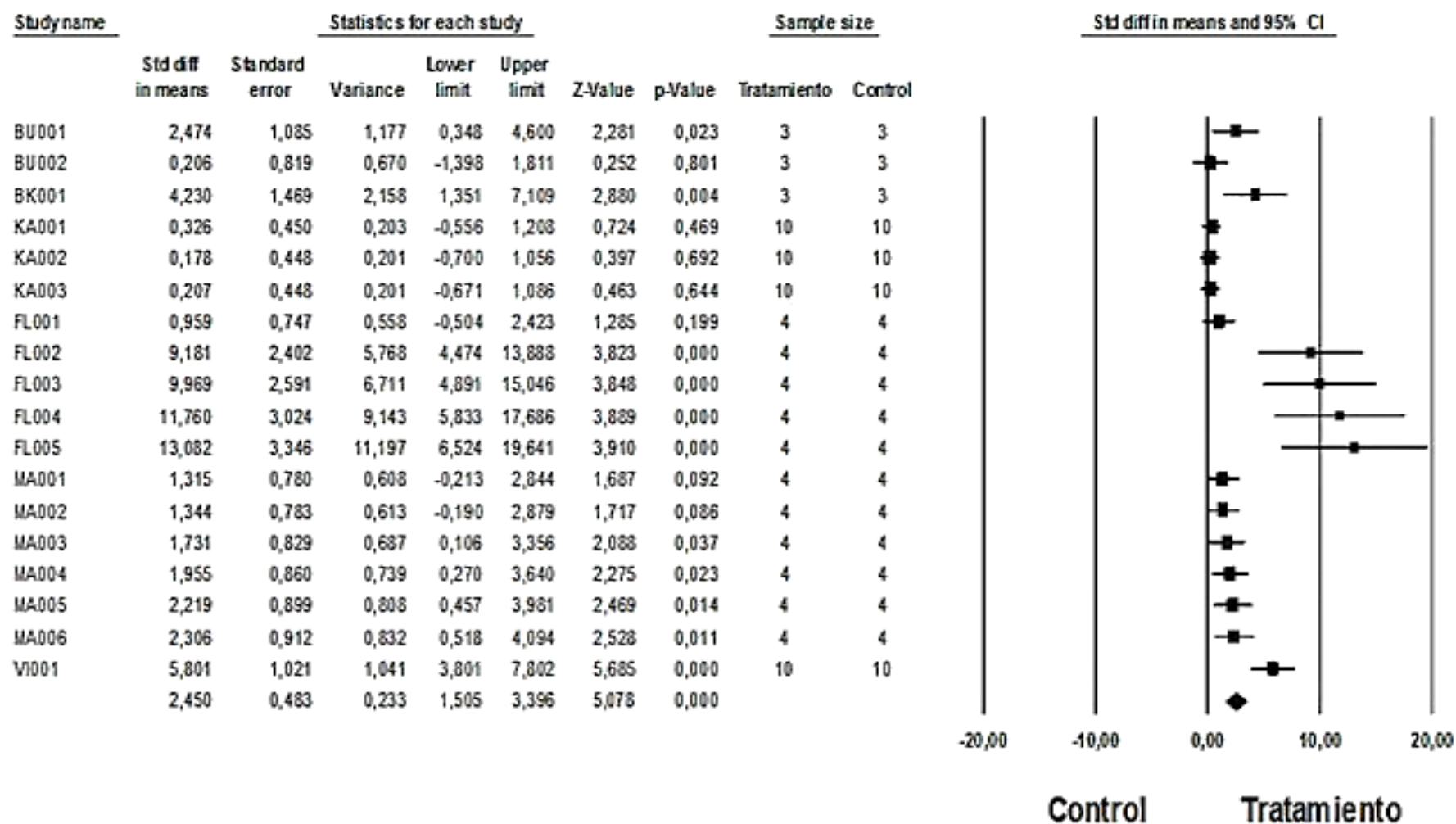


Figura 8. TE para la variable respuesta CHS

De manera general, teniendo en cuenta lo planteado por Huedo y Johnson (2016), índices d en torno a 0.2, 0.5 y 0.8 se pueden interpretar como una magnitud del efecto baja, media y alta, respectivamente. Además, se puede considerar que la adición de aditivos energéticos en el proceso de ensilaje tuvo un efecto de magnitud alta en los resultados para las tres variables en estudio pH, CHS y ácido láctico.

3.5 Análisis de heterogeneidad

El análisis de heterogeneidad demostró que para las tres variables respuestas analizadas hubo presencia de variabilidad en los datos, ya que para las tres variables el estadístico Q alcanzó la significación estadística ($P < 0.05$):

$$Q_{(pH)} = 236.83; P = 0.000; I^2 = 82.8\%$$

$$Q_{(Ac.lac)} = 102.31; P = 0.000; I^2 = 71.7\%$$

$$Q_{(CHS)} = 92.71; P = 0.000; I^2 = 81.7\%$$

Según la escala propuesta por Sánchez (2010) para interpretar la cantidad de heterogeneidad presente, para las variables pH y CHS existió una alta heterogeneidad al superar el 75%; mientras que para la variable ácido láctico la heterogeneidad fue media por encontrarse el I^2 entre 50-75%.

Como se encontró una heterogeneidad considerable entre los TE de las tres variables ($I^2 > 50\%$), entonces según lo sugerido por Rubio, *et al.* (2018) se prosiguió a analizar las variables moderadoras para determinar en cuánto estas influyeron en la variabilidad.

3.6 Análisis de subgrupos para las variables moderadoras cualitativas

El análisis de subgrupo quedó dividido por las tres variables moderadoras cualitativas seleccionadas con sus respectivos niveles. Cada moderador se analizó para cada variable respuesta en estudio (pH, CHS y ácido láctico).

a) Tipo de pasto

En las investigaciones donde se midió pH, se identificaron seis especies forrajeras y el número de estudios que utilizaban cada una. En la tabla 9 se muestra por cada especie su TE, intervalo de confianza, cantidad de variabilidad que aporta, Q test y su significación.

Tabla 9. Análisis de subgrupo para la variable moderadora **tipo de pasto** en el pH

Tipo de pasto	n	d ₊	I.C al 95%		I ²	Q y significación
			d _i	d _s		
<i>C. nlemfluensis</i>	6	3.318 ±1.052	1.256	5.380	80%	
<i>B. decumbens</i>	4	7.138 ±0.871	5.431	8.846	80%	
<i>M. esculenta</i> (Hojas)	7	4.332 ±1.247	1.888	6.777	79%	
<i>P. maximum</i>	4	5.863 ±0.621	4.646	7.080	86%	
<i>C. purpureus</i>	20	1.115 ±0.245	0.636	1.594	45%	Q _B =10.137 P=0.006

Según los resultados del análisis de subgrupo (Tabla 9) hubo diferencias significativas para el pH entre las seis especies analizadas (*C. nlemfluensis*, *B. decumbens*, Hojas de *M. esculenta*, *P. máximo* y *C. purpureus*), ya que Q_B = 10.137 fue estadísticamente significativo (P = 0.006). Se evidenció que cuando el tipo de pasto para ensilar fue *C. purpureus* se obtuvieron resultados favorables al igual que con los otros pastos, d₊ = 1.115, I.C95% (0.636 – 1.594) pero con resultados más homogéneos entre los estudios por presentar un I² = 45%. Sin embargo, según Zimmermann, et al. (2016) el resto de los estudios que utilizaron otras especies forrajeras mostraron una alta variabilidad entre los resultados dados por los diferentes autores, ya que I² >75%. Esto puede ser explicado, por el Teorema Central

del Límite, donde se plantea que cuando el tamaño de la muestra es lo suficientemente grande, la distribución de las medias sigue aproximadamente una distribución normal con media cero y varianza constante (Alvarado y Butanero, 2008).

En la tabla 10 se observan las dos especies forrajeras y el número de estudios por cada una en los cuales se cuantificó el contenido de ácido láctico. Por cada especie se determinó su TE, intervalo de confianza, cantidad de variabilidad que aporta, Q test y su significación.

Según los resultados del análisis de subgrupo (Tabla 10) hubo diferencias significativas para el ácido láctico entre las dos especies analizadas (*B. decumbens* y *C. purpureus*), ya que $Q_B = 20.406$ fue estadísticamente significativo ($P = 0.000$). Además, se evidenció que cuando el tipo de pasto para ensilar fue *C. purpureus* se obtienen resultados favorables $d_+ = 1.485$, I.C95% (1.096 – 1.873) pero con resultados más homogéneos entre los estudios por presentar un $I^2 = 25\%$. Mientras que, en las 4 investigaciones que utilizaron *B. decumbens* se apreció una alta variabilidad en los resultados ($I^2 = 80\%$) (Zimmermann, *et al.*, 2016). Esto igualmente, se puede explicar por el Teorema Central del Límite donde a medida que aumenta el tamaño de muestra los datos de la muestra aleatoria tienden a un comportamiento normal o gaussiano (Alvarado y Butanero, 2008).

Tabla 10. Análisis de subgrupo para la variable moderadora **tipo de pasto** en el ácido láctico

Tipo de pasto	n	d ₊	I.C al 95%		I ²	Q y significación Q _B =20.406 P=0.000
			d _i	d _s		
<i>B. decumbens</i>	4	5.241 ±0.673	3.921	6.560	80%	
<i>C. purpureus</i>	19	1.485 ±0.198	1.096	1.873	25%	

Dentro de las investigaciones donde se midió CHS, se identificaron dos especies forrajeras y el número de estudios que utilizaron cada una. En la tabla 11 se muestra por cada especie su TE, intervalo de confianza, cantidad de variabilidad que aporta, Q test y su significación.

Tabla 11. Análisis de subgrupo para la variable moderadora **tipo de pasto** en CHS

Tipo de pasto	n	d ₊	I.C al 95%		I ²	Q y significación
			d _i	d _s		
<i>P. maximum</i>	4	1.115 ±0.245	0.636	1.594	65%	Q _B =6.829 P=0.000
<i>C. purpureus</i>	14	2.141 ±0.266	1.620	2.662	26%	

Según los resultados del análisis de subgrupo (Tabla 11) existen diferencias significativas para el CHS entre las dos especies analizadas (*P. máximo* y *C. purpureus*), ya que $Q_B = 6.829$ fue estadísticamente significativo ($P = 0.000$). Se evidenció que cuando el tipo de pasto para ensilar es *C. purpureus* se obtienen resultados favorables $d_+ = 2.141$, I.C95% (1.620 – 2.662) pero con resultados más homogéneos entre los estudios por presentar un $I^2 = 26\%$. Esto quiere decir, que en los estudios donde se ensiló *C. purpureus* fueron menos contradictorios sobre la inclusión o no de los aditivos energéticos, ya que obtuvieron resultados a favor del aumento de los CHS en la mayoría de los casos. En las 4 investigaciones que utilizaron *P. máximo* existe una variabilidad media $I^2 = 65\%$ (Zimmermann, et al., 2016), en los resultados por lo que no se puede llegar a una conclusión sobre el empleo o no de los aditivos energéticos, por lo que sería recomendable recopilar más información específicamente con esta especie forrajera y lograr un tamaño de muestra considerable. De igual forma, a medida que se aumente el tamaño de muestra los datos tenderán a una distribución normal (Alvarado y Butanero, 2008).

A partir de los resultados obtenidos, sería recomendable recopilar más información sobre el empleo de forrajes de los géneros *Brachiaria*, *Panicum* y *Cynodon* para

producir ensilaje y así lograr aumentar el número de estudios, ya que de esta manera no se puede llegar a una conclusión sobre el empleo o no de los aditivos energéticos con este tipo de forraje.

b) Tipo de aditivo

En las investigaciones donde se midió pH, se identificaron cuatro tipos de aditivos energéticos y el número de estudios que utilizaron cada uno. En la tabla 12 se observa por cada especie su TE, intervalo de confianza, cantidad de variabilidad que aporta, Q test y su significación.

Los resultados indicaron que existen diferencias significativas entre los cuatro aditivos energéticos utilizados (harina de arroz, harina de yuca, melaza y pulpa cítrica) en cuanto a la disminución del pH, ya que $Q_B = 44.58$ fue estadísticamente significativo ($P = 0.000$). La harina de arroz y la melaza mostraron ser los aditivos con mayores efectos sobre el pH con un $d_+ = 5.118$ (I.C95% 3.905 – 6.331) y $d_+ = 4.003$ (I.C95% 3.153 – 4.852), respectivamente. Teniendo en cuenta lo planteado por Borenstein, *et al.* (2010), no hubo heterogeneidad substancial ya que el estadístico $I^2 < 50\%$, por lo que se evidenció concordancia entre los resultados reportados por los diferentes autores en los estudios seleccionados.

Tabla 12. Análisis de subgrupo para la variable moderadora **tipo de aditivo** en el pH

Tipo de aditivo	N	d ₊	I.C al 95%		I ²	Q y significación Q _B =44.58 P=0.000
			d _i	d _s		
Harina de arroz	6	5.118 ±0.619	3.905	6.331	30%	
Harina de yuca	12	1.212 ±0.224	0.773	1.650	24%	
Melaza	12	4.003 ±0.433	3.153	4.852	15%	
Pulpa cítrica	8	0.589 ±0.264	0.072	1.106	13%	

Para la variable ácido láctico, se muestra en la tabla 13 los cuatro tipos de aditivos energéticos identificados, el número de estudios que utilizaron cada uno, su TE, intervalo de confianza, cantidad de variabilidad que aporta, Q test y su significación.

Tabla 13. Análisis de subgrupo para la variable moderadora **tipo de aditivo** en el ácido láctico

Tipo de aditivo	n	d ₊	I.C al 95%		I ²	Q y significación Q _B =17.474 P=0.002
			d _i	d _s		
Harina de arroz	4	5.241 ±0.673	3.921	6.560	0%	
Harina de yuca	10	1.154 ±0.235	0.611	2.531	35%	
Melaza	7	2.498 ±0.368	1.776	3.219	19%	
Pulpa cítrica	6	1.071 ±0.401	0.368	2.941	10%	

Según los resultados del análisis de subgrupo (Tabla 13) existen diferencias significativas para el ácido láctico entre los cuatro aditivos energéticos utilizados (harina de arroz, harina de yuca, melaza y pulpa cítrica). La harina de arroz y la melaza mostraron ser los aditivos con mayores efectos en aumentar la cantidad de ácido láctico, $d_+ = 5.241$ (I.C95% 3.921 – 6.560) y $d_+ = 2.498$ (I.C95% 1.776 – 3.219), respectivamente. En cuanto a la variabilidad, los índices de inconsistencia tuvieron poca heterogeneidad sustancial y en cuanto a las investigaciones con harina de arroz no hubo variabilidad, por lo que existe concordancia entre los resultados reportados por los diferentes autores (Borenstein, *et al.* 2010).

Dentro de las investigaciones donde se midió CHS, también se identificaron dos tipos de aditivos energéticos y el número de estudios que utilizaron cada uno. En la tabla 14 se observa que para cada especie se determinó su TE, intervalo de confianza, cantidad de variabilidad que aporta, Q test y su significación.

Los resultados de la Tabla 14 muestran que existen diferencias significativas entre los dos aditivos energéticos utilizados (harina de yuca y pulpa cítrica) en cuanto a la disponibilidad de CHS del material al ensilar. La harina de yuca superó a la pulpa cítrica al tener mayor efecto en aumentar la cantidad de CHS en el material, $d_+ = 2.755$ (I.C95% 1.857 – 3.652). Teniendo en cuenta la variabilidad en los estudios, los valores de I^2 se consideran bajos ($I^2 < 25\%$) (Zimmermann, *et al.*, 2016), por lo que existe concordancia entre los resultados reportados por los diferentes autores en el uso de cada tipo de aditivo.

Tabla 14. Análisis de subgrupo para la variable moderadora **tipo de aditivo** en CHS

Tipo de aditivo	N	d_+	I.C al 95%		I^2	Q y significación
			d_i	d_s		
Harina de yuca	7	2.755 ± 0.458	1.857	3.652	16%	$Q_B = 13.652$ $P = 0.003$
Pulpa cítrica	6	1.764 ± 0.343	1.093	2.436	25%	

c) Diseño experimental

En los estudios seleccionados para el meta-análisis, se consideraron los diseños experimentales empleados en las investigaciones como otra variable moderadora. Las tablas 15, 16 y 17 muestran los resultados de los análisis de subgrupos según esta variable moderadora en cada variable en estudio pH, CHS y ácido láctico.

Tabla 15. Análisis de subgrupo para la variable moderadora **diseño experimental** en el pH

Diseño Experimental	N	d_+	I.C al 95%		I^2	Q y significación $Q_B=28.19$ $P=0.000$
			d_i	d_s		
DBA	5	0.596 ± 0.325	0.040	1.232	0%	
DCA	28	2.059 ± 0.187	1.693	2.425	85%	
DCA con arreglo factorial	9	1.903 ± 0.337	1.243	2.564	76%	

Tabla 16. Análisis de subgrupo para la variable moderadora **diseño experimental** en el ácido láctico

Diseño Experimental	n	d_+	I.C al 95%		I^2	Q y significación $Q_B=6.659$ $P=0.036$
			d_i	d_s		
DBA	5	1.203 ± 0.344	0.530	1.877	0%	
DCA	22	2.107 ± 0.181	1.752	2.463	73%	

Tabla 17. Análisis de subgrupo para la variable moderadora **diseño experimental** en CHS

Diseño Experimental	n	d ₊	I.C al 95%		I ²	Q y significación
			d _i	d _s		
DBA	5	3.133 ±0.657	1.845	4.421	0%	Q _B =12.582 P=0.000
DCA	13	1.049 ±0.192	0.673	1.425	73%	

De manera general, hubo diferencias significativas entre los diseños empleados en las investigaciones, siendo el DCA el más usado. El DBA solo se empleó en 5 estudios y no aportó a la variabilidad total ($I^2=0\%$). Sin embargo, según Borenstein, *et al.*, (2010), el resto de los diseños presentaron una variabilidad sustancial a ser tomada en cuenta, ya que el estadístico $I^2>50\%$.

3.7 Meta-regresión para las variables moderadoras cuantitativas

El análisis de meta-regresión integró mediante regresiones múltiples y simples las variables moderadoras cuantitativas (variables independientes): edad del pasto, % de inclusión del aditivo, apertura del silo, evaluación de la calidad metodológica, tamaño de muestra y año de publicación.

Para las ecuaciones que permitieron estimar los TE de pH, ácido láctico y CHS (variables dependientes), solo se tuvo en cuenta las moderadoras que adquirieron una significación dentro del modelo ($P<0.05$). La tabla 18 muestra por cada variable dependiente la relación de variables moderadoras que resultaron significativas.

Tabla 18. Valores y significación de los parámetros de las regresiones

Variable dependiente	Intercepto (β_0)	Edad del pasto (β_1)	Inclusión del aditivo (β_2)	Apertura del silo (β_3)	Evaluación calidad (β_4)	Tamaño de muestra (β_5)	Año de publicación (β_6)
pH	5.38 P=0.001	-0.06 P=0.005	-0.14 P=0.030	-0.02 P=0.024		0.87 P=0.000	
CHS	18.59 P=0.000	-0.19 P=0.000					
Ácido láctico	278.71 P=0.000		4.82 P=0.009				0.14 P=0.000

En la tabla 18 las variables pH y ácido láctico se expresaron mediante regresiones múltiples y la variable CHS se expresó mediante regresión lineal. Para cada variable dependiente solo se tomaron aquellas moderadoras que resultaron significativas. De manera general, se utilizó como expresión para estimar cada TE (Ecuación 7):

$$d(TE) = \beta_0 + \beta_1 * (Edad\ del\ pasto) + \beta_2 * (Inclusión\ del\ aditivo) + \beta_3 * (Apertura\ del\ silo) + \beta_4 * (Evaluación\ calidad) + \beta_5 * (Tamaño\ de\ muestra) + \beta_6 * (Año\ de\ publicación) + \varepsilon \quad (Ecuación\ 7)$$

Donde:

$d(TE)$: Tamaño del efecto expresado en DME (variable dependiente)

β_0 : Intercepto o término constante

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6$: parámetros asociados a las variables independientes o regresoras

ε : error aleatorio

Teniendo en cuenta la ecuación 7 la expresión para estimar el TE de la variable dependiente pH quedó de la siguiente forma (Ecuación 8):

$$d(TE_{pH}) = 5.38 - 0.06 * (Edad\ del\ pasto) - 0.14 * (Inclusión\ del\ aditivo) - 0.02 * (Apertura\ del\ silo) + 0.87 * (Tamaño\ de\ muestra) + \varepsilon \quad (Ecuación\ 8)$$

Según la ecuación 8 la variable pH dependió en sentido opuesto a la edad del pasto, la cantidad de aditivo utilizado para ensilar y los días en que el silo estuvo fermentando hasta abrirse.

En cuanto a la dependencia entre el pH y la edad del pasto, lo más común en las gramíneas tropicales C_4 es que a medida que aumenta la edad de la pastura aumentan los carbohidratos estructurales y disminuye el contenido de CHS. Los CHS constituyen el sustrato fundamental para el proceso de fermentación del ensilaje, de lo cual se obtiene el ácido láctico que luego contribuye a disminuir el pH para la conservación del material. De los 44 estudios utilizados en el meta-análisis para analizar la variable pH, más del 45% (20 estudios) de las pasturas empleadas fueron

C. purpureus, los cuales tienen un comportamiento diferente al resto de las gramíneas estudiadas. Los *C. purpureus* se caracterizan por poseer un adecuado balance entre carbohidratos estructurales y CHS, y a medida que aumenta la edad del pasto se deposita CHS en los tallos (Valenciaga, 2007). Es por ello, que en esta ecuación hay un peso fundamental de los estudios que evaluaron *C. purpureus* y si disminuye la edad del pasto no se acumula la cantidad suficiente de CHS y el pH del producto final aumenta. De ahí, que también ocurra una dependencia entre la variable pH y la variable independiente tamaño de muestra como lo establece la ecuación, por el número de estudios específicos que emplean *C. purpureus*.

En cuanto a la inclusión del aditivo, si disminuye la cantidad de sustrato fermentable necesario para una adecuada fermentación láctica, no habrán suficientes bacterias ácido lácticas capaces de producir el ácido láctico que se requiere y por tanto, el pH del producto ensilado aumenta (Valencia, 2016).

A los tres días de cerrado el silo ocurre una fermentación muy intensa y en la medida que la acumulación de ácido láctico alcanza niveles altos los procesos microbianos se comienzan a atenuar hasta estabilizarse. Este proceso de estabilización se logra entre los 15 y 21 días hasta lograr que el pH alcance sus valores óptimos para la conservación del producto con sus propiedades nutritivas. A efectos prácticos, se debe esperar un mes para proceder a su apertura, aunque con fines experimentales se recomienda esperar entre 45 y 60 días para evaluar la calidad del producto ensilado (Rodríguez *et al.*, 2017). Es por ello, que si disminuyen los días requeridos para abrir el silo, se pudiera obtener un material ensilado que aún no es estable y no tiene la calidad necesaria.

Al probar una regresión múltiple para la variable CHS, ninguno de los parámetros resultó significativo, por ello se decidió probar con regresiones simples y solo una moderadora resultó significativa: la edad del pasto. La ecuación 9 describe la asociación entre la variable regresora con la variable dependiente CHS:

$$d(TE_{CHS}) = 18.59 - 0.19 * (Edad\ del\ pasto) + \varepsilon \quad (\text{Ecuación 9})$$

La edad es un factor importante en la calidad del pasto, debido a los cambios que ella produce en su morfología y constituyentes químicos. En este sentido se ha demostrado que a medida que aumenta la edad del pasto, su calidad empeora debido al incremento de los carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa y lignina) y una disminución del contenido de CHS (Herrera, 2006). Por ello, al aumentar la edad el pasto disminuye el contenido de CHS, y si disminuye la edad del pasto entonces aumenta la cantidad de CHS.

En la regresión múltiple para la variable dependiente ácido láctico solo resultaron dos parámetros significativos: la inclusión del aditivo y el año de publicación. La ecuación 10 estima el TE del ácido láctico en función de sus moderadoras:

$$d(TE_{\acute{a}c.l\acute{a}c}) = 278.71 + 4.82 * (Inclusi\acute{o}n\ del\ aditivo) + 0.14 * (A\acute{n}o\ de\ publicaci\acute{o}n) + \varepsilon \quad (\text{Ecuaci\acute{o}n 10})$$

La fermentaci3n l3ctica es la 3ltima etapa del proceso de elaboraci3n del ensilado y corre a cargo de las BAL, las cuales degradan los az3cares y otros carbohidratos solubles presentes en el forraje hasta producir 3cido l3ctico. A mayores concentraciones de los aditivos, las BAL tienen m3s cantidad de sustrato para fermentar y finalmente, ocurre una acumulaci3n de 3cido l3ctico hasta que la acci3n de las BAL se inhibe por la escasez de az3cares solubles (Mart3nez, Argamenter3a y de la Rosa, 2014).

Por otra parte, la dependencia del 3cido l3ctico con el a3o de publicaci3n pudiera estar dado en que para a3os anteriores e inicios del a3o 2000, el aditivo m3s utilizado en la producci3n de ensilaje era la melaza. Sin embargo, autores como Cruz, Tepetla y Torres (2015) plantean que para el presente siglo XXI la producci3n de biocombustibles en sustituci3n del petr3leo, trajo consigo la utilizaci3n de varios cultivos como el ma3z y los productos de la ca3a de az3car para la producci3n de alcohol a partir de su fermentaci3n. Es por esta raz3n, que los precios de la melaza

aumentaron y las investigaciones de las últimas décadas se enfocaron en la búsqueda y evaluación de otras fuentes alternativas como aditivos energéticos de fácil fermentación para incorporar al ensilaje.

Como otro aspecto fundamental de las regresiones, la tabla 19 muestra los estadísticos que explican la variabilidad del modelo y su ajuste. En las tres variables dependientes el estadístico Q_R resultó significativo por lo que hubo una correcta asociación entre cada variable estimada con sus variables predictoras. También, en los tres casos el estadístico Q_E fue significativo lo que indicó que deben existir otras variables moderadoras, a parte de las analizadas, que afectan la variabilidad de los TE. Además, bajos los valores del coeficiente de determinación indican que existen aún otras fuentes no estudiadas que pueden estar explicando una gran parte de la variabilidad de los datos.

Tabla 19 Sumario de los modelos de regresión planteados para cada variable dependiente

Variable dependiente	Q_R	P	Q_E	P	R^2
pH	25.33	0.000	183.71	0.000	11%
CHS	15.74	0.001	68.69	0.000	27%
Ácido láctico	18.21	0.001	67.57	0.000	40%

Respecto al R^2 , autores como Huedo y Johnson (2016) informan que los valores obtenidos de este estadístico siempre serán bajos o menores a lo esperado, e incluso puede parecer que el modelo no tiene buen ajuste. Sin embargo, esto es algo común en los meta-análisis por la gran fuente de variabilidad asociada a los diferentes estudios que se seleccionaron.

CONCLUSIONES

1. Los referentes teóricos – metodológicos estudiados permitieron establecer las bases de la metodología meta-analítica, sus etapas y su evolución dentro de diferentes campos de la ciencia, específicamente en las ciencias agropecuarias y en los estudios sobre ensilajes de forrajes.
2. Los estudios seleccionados permitieron determinar los tamaños de efectos y demostrar la efectividad de los aditivos energéticos en el proceso de ensilaje al ser estudiados tres indicadores fundamentales de la composición química y fermentativa: CHS, pH y ácido láctico.
3. Las pruebas estadísticas de heterogeneidad demostraron que a pesar de la estimación existe variabilidad en los resultados encontrados en los diferentes estudios.
4. Para producir ensilados de buena calidad nutritiva, según los indicadores estudiados, es necesario tener en cuenta la especie vegetal, la edad del forraje, el tipo de aditivo empleado para manipular la fermentación láctica y su dosis de empleo.

RECOMENDACIONES

1. Seleccionar otros artículos en otras fuentes de información que cumplan con los criterios establecidos y que enriquezcan el meta-análisis realizado.
2. Determinar los tamaños del efecto en otros indicadores nutritivos y fermentativos de los ensilajes de forrajes tropicales con empleo de aditivos energéticos, que amplíen los resultados de esta investigación.
3. Orientar las investigaciones de ensilaje hacia el empleo de otras especies forrajeras, ya que las más estudiadas en la literatura han sido las del género *Cenchrus*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguledo, J., 2014. Meta-análisis: eficiencia productiva en cerdos de levante alimentados con materias primas alternativas de países tropicales. Tesis en opción al título de Especialista. Departamento de Ciencia Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Colombia.
- Alvarado, H. y Batanero, C., 2008. Significado del Teorema central del Límite en textos universitarios de probabilidad y estadística. *Estudios Pedagógicos*, 24 (2), pp. 7-28
- Blajman, J.E., Páez, R.B., Vinderola, C.G., Lingua, M.S. y Signorini, M.L., 2018. A meta-analysis on the effectiveness of homofermentative and heterofermentative lactic acid bacteria for corn silage. *J Appl Microbiol.*, 125(6), pp. 1655-1669.
- Borenstein, M., Hedges, L.V., Higgins J.P. y Rothstein, H., 2010. *Introduction to meta-analysis*. London: John Wiley & Sons.
- Borenstein, M., Hedges, L.V., Higgins J.P. y Rothstein, H., 2014. *Comprehensive Meta-Analysis*. Versión 3.0. Biostat. New Jersey, EE.UU.
- Boschini, C., Pineda, L. y Chacón, P., 2014. Evaluación del ensilaje del pasto Ratana (*Ischaemum indicum houtt.*) con tres diferentes aditivos. *Agron. Mesoam.*, 25(2), pp. 297-311.
- Boschini, C. y Chacón, P., 2016. Ensilaje de Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* o *Kikkuyuocloa clandestina*) fermentado con tres aditivos. *Agron. Mesoam.*, 27(1), pp.49-60.
- Botella, J. y Zamora, A., 2017. El meta-análisis: una metodología para la investigación en educación. *Educación XXI*, 20(2), pp. 17-38.
- Burrenok, S., Suksombat, W. y Kawamoto, Y., 2011. Effects of the fermented juice of epiphytic lactic acid bacteria (FJLB) and molasses on digestibility and rumen

fermentation characteristics of ruzigrass (*Brachiaria ruziziensis*) silages. *Livestock Science*, 138, pp. 266-271.

Burrenok, S., Yuangklang, C., Vasupen, K., Schonewille, J.T y Kawamoto, K., 2012. The effects af additives in napier grass silage on chemical composition, feed intake, nutrient digestibility and rumen fermentation. *J. Anim. Sci.*, 25(9), 1248-1254.

Busanello, M., Velho, J.P., Cortiana, A.A., Moro, D.R., Pereira, I.M. y Thaler, A., 2016. A meta-analysis of in situ degradability of corn grains and non-starch energy sources found in Brazil. *African Journal of Agricultural*, 11(21), pp. 1902-1907.

Cajarville, C., Britos, A., Garcarena, D. y Repetto, J.L., 2012. Temperate forages ensilage with molasses or fresh cheese whey: effects on conservation quality, effluent losses and ruminal degradation. *Animal Feed Science and Technology*, 171, pp. 14-19.

Camilli, C., 2015. Aprendizaje cooperativo e individual en el rendimiento académico en estudiantes universitarios: un meta-análisis. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias. Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación. Universidad Complutense de Madrid. España.

Cao, Y., Cai, Y., Takahashi, T., Yoshida, N., Tohno, M., Uegaki, R., Nonaka, K. y Terada, F., 2011. Effect of lactic bacteria inoculant and beet pulp addition on fermentation characteristics and in vitro ruminal digestion of vegetable residue silage. *J. Dairy Sci.*, 94, pp. 39902-3912.

Carvalho, J.N., Pires, A.J.V., Veloso, C.M., Silva, F.F., Reis, R.A. y Carvalho, G.G.P., 2010. Apparent digestibility of diet with elephant grass ensiled with different additives. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 62(4), pp. 889-897.

Cascaes, F., Valdivia, B.A., Rosa, R., Barbosa, P.J. y Silva, R., 2013. Escalas y listas de evaluación de la calidad de estudios científicos. *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud*, 24(3), pp. 295-312.

Castaño, G.A. y Villa, L.M., 2017. Use of whey and molasses as additive for producing silage of Cuba OM-22 (*Cenchrus purpureus* x *Cenchrus glaucum*). *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(1), pp. 61-70

Castillo, R. W. y Alegre, A.A., 2015. Importancia del tamaño del efecto en el análisis de datos de investigación en psicología. *Persona*, 18, pp. 137-148.

Chedly, K. y Lee, S., 1999. Uso de aditivos para mejorar el ensilaje de los forrajes tropicales. In: L. t' Mannerje, ed. 2001. *Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). pp. 87-97

Chicaiza, G.A., 2017. Evaluación nutricional del pasto tropical King grass (*Pennisetum purpureum*) a manera de microsilos inoculados con suero de leche. Tesis en opción al título de Especialista. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Central de Ecuador. Ecuador.

Cogaltay, N. y Karadag, E., 2014. Introduction to Meta-analysis. In: E. Karadag, ed. 2015. *Leadership and Organizational Outcomes. Meta- analysis of Empirical Studies*. Switzerland: Springer International Publishing, pp. 19-28.

Cruz, J., Tepetla, J. y Torres, B., 2015. Producción de biocombustibles a partir de la caña en Veracruz, México: perspectivas y riesgos socio-ambientales. *Biotecnología y Ciencias Agropecuarias*, 9(2), pp. 74-84.

Desta, S.T., Yuan, X. Li, J. y Shao, T., 2016. Ensiling characteristics, structural and nonstructural carbohydrate composition and enzymatic digestibility of napier grass ensiled with additives. *Bioresource Technology*, 221, pp. 447-454.

Domínguez, G.H. y Hardy, C., 1988. Efecto de la edad de corte y niveles de miel final en la calidad del ensilado de bermuda cruzada (*Cynodon dactylon*). *Rev. Cubana Cienc. Agric.*, 22(2), pp. 285-290.

EBSCO Industries Inc., 2018. EBSCO Research Databases. [on line] Disponible en: <<https://www.ebsco.com/products/research-databases>> [Accedido 3 febrero 2018]

Elsevier, 2018. Science Direct. [on line] Disponible en: <https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect> [Accedido 20 febrero 2018].

Fernández, M.E., Zambrano, S.J., Zumba, L.C. y López, G., 2017. Consideraciones generales sobre el proceso de elaboración de silos. *Revista Científico-Educacional*, 13(3), pp. 259-268.

Ferraretto, L.F. y Shaver, R.D., 2014. Effects of whole-plant corn silage hybrid type on intake, digestion, ruminal fermentation, and lactation performance by dairy cows through a meta-analysis. *J. Dairy Sci.*, 98(4), pp. 1-14.

Ferrari, E. y Lavezzo, W., 2001. Quality of elephant grass silage (*Pennisetum purpureum Schum.*) wilted or adding cassava meal. *Rev. Bras. Zootec.*, 30(5), pp. 1424-1431.

Font, H., Noda, A., Torres, V., Herrera, M., Lizazo D., Sarduy, L., y Rodríguez, L., 2007. ComparPro versión 1. Dpto. Biomatemática. Instituto de Ciencia Animal. San José de las Lajas, Cuba.

Fuentes, M., 2016. Terapia robótica vs fisioterapia convencional en la reeducación de la marcha en personas con lesión medular: una revisión sistemática Tesis en opción al título de Especialista. Facultad de Fisioterapia. Universidad de Coruña. España.

Fundación para el Apoyo a la Investigación y centro Latinoamericano y del Caribe de Información en Ciencias de la Salud, 2018. Scientific Electronic Library Online (SciELO) [online] Disponible en: <<https://scielo.conicyt.cl/>> [Accedido 15 marzo 2018]

García, M., 2015. The effect of the traditional Mediterranean-style diet on metabolic risk factors: a meta-analysis. Thesis submitted for the Degree of Master of Science. University of Connecticut. EE. UU.

Giraldo, G., Argel, P.J & Burgos, C., 2015. Ensilaje en bolsas plásticas [pdf] Disponible en: <http://teca.fao.org/sites/default/files/technology_files/ENSILAJE%20EN%20BOLSAS.pdf> [Accedido 19 Septiembre 2017]

Gisbert, J.P. y Bonfill, X., 2004. ¿Cómo realizar, evaluar y utilizar revisiones sistemáticas y meta-análisis? *Gastroenterol Hepatol*, 27(3), pp. 129-149.

Granados, C., WingChin, R. y Rojas, A., 2014. Ensilaje de pasto Estrella africana (*Cynodon nlemfluensis*) con la adición de melaza, suero de leche e inóculos microbiales. *Cuadernos de Investigación UNED*, 6(1), pp. 47-56.

Hernández, S., 2010. Importancia de la fibra en la alimentación de bovinos. Tesis en opción al título de Especialista. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.

Herrera, R.S., 2006. Fisiología, calidad y muestreos. In: R.S. Herrera, I.D. Rodríguez y G.I. Febles, eds. 2006. *Fisiología, producción de biomasa y sistemas silvo pastoriles en pastos tropicales. Abono orgánico y biogás*. Instituto de ciencia Animal: EDICA. pp. 1-108.

Hervada, X., Naveira, G., Santiago, M.I., Mujica, O.J., Vázquez, E., Manrique, R., Silva, L.C. y Bacallao, J., 2016. Epidat: programa para análisis epidemiológico de datos. Versión 4.2. Dirección General de Salud Pública, Galicia, España.

Higgins, J.P. y Green, S., 2011. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. London: Cochrane Collaboration.

Huedo, T., Sánchez, J., Marín, F. y Botella, J., 2006. Assessing heterogeneity in meta-analysis: Q statistic or I^2 index? *Psychological Methods*, 11(2), pp. 193-206.

Huedo, T. y Johnson, B.T., 2016. *Modelos estadísticos en meta-análisis*. La Coruña: NETBIBLO.

Huuskonen, A., Huhtanen, P. y Joki-Tokola, E., 2014. Evaluation of protein supplementation for growing cattle fed grass silage-based diets: a meta-analysis. *Animal*, 8(10), pp. 1653-1662.

Instituto de Ciencia Animal, 2018. Revista Cubana de Ciencia Agrícola (RCCA). [on line] Disponible en: <<http://cjasience.com/index.php/CJAS>> [Accedido 20 marzo 2018].

Kavana, P., 2015. Utilization of sugar cane juice as additive for guinea grass silage making in eastern coast of Tanzania. *Res. Opin. Anim. Vet. Sci.*, 2(3), pp. 166-172.

Keady, T.W.J., Lively, F.O., Kilpatrick, D.J. y Moss, B.W., 2008. The effects of grain treatment, grain feed level and grass silage feed value on the performance of and meat quality from, finishing beef cattle. *Animal*, 2(1), pp. 149-159.

Krizsan, S.J. y Randby, A.T., 2014. The effect of fermentation quality on the voluntary intake of grass silage by growing cattle fed silage as the sole feed. *J. Anim. Sci.*, 85, pp. 984-996.

Laporte, J.R. y Valvé, C., 1993. *Principios básicos de la investigación clínica*. Madrid: Ediciones ERGÓN.

Li, M., Zi, X., Zhou, H., Hou, G. y Cai, Y., 2014. Effects of sucrose, glucose and cellulose on fermentation quality and in vitro gas production of king grass silage. *Animal Feed Science and Technology*, 197, pp. 206-212.

López, M., WingChing, R. y Rojas, A., 2014. Meta-análisis de los subproductos de piña (*Ananas comosus*) para la alimentación animal. *Agron. Mesoam.*, 25(2), pp. 383-392.

Madisch, I., Hofmayer, S. y Fickenscher, H., 2018. ResearchGate [on line] Disponible en: <<https://www.researchgate.net/>> [Accedido 10 abril 2018].

Manterola, C. y Otzen, T., 2015. Experimental studies 1st part. Clinical trial. *Int. J. Morphol.*, 33(1), pp. 342-349.

Marín, F., Sánchez, J., Huedo, T. y Fernández, I., 2007. Meta-análisis: ¿dónde estamos y hacia dónde vamos? In: A. Borges y P. Prieto, eds. 2007. *Psicología y*

ciencias afines a los albores del siglo XXI. Universidad de Murcia: Grupo Editorial Universitario, pp. 87-102.

Marín, F., Sánchez, J. y López, J.A., 2009. El meta-análisis en el ámbito de las Ciencias de la Salud: una metodología imprescindible para la eficiente acumulación del conocimiento. *Fisioterapia*, 31(3), pp. 107-114.

Martín, J., 1995. Métodos estadísticos en meta-análisis. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias. Departamento de Estadística y Matemática. Universidad de Salamanca. España.

Martín, H., 2014. La búsqueda bibliográfica, pilar fundamental de la medicina basada en la evidencia: evaluación multivariante de las enfermedades nutricionales y metabólicas. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias. Departamento de Salud Pública, Historia de la Ciencia y Ginecología. Universidad de Alicante. España.

Martín, E., 2015. Aplicación e interpretación del meta-análisis en la evaluación de intervenciones sanitarias: tres ejemplos prácticos en dolor. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias. Departamento de Medicina y Cirugía, psicología, medicina Preventiva y Salud Pública e Inmunología. Universidad Rey Juan Carlos. España.

Martínez, A., Argamentería, A. y de la Rosa, B., 2014. *Manejo de forrajes para ensilar*. Asturias: Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentaria (SERIDA).

Martínez, A.L., Núñez, N., Garzón, A.I., Peña, F., Domenech, V. y Hernández, F., 2015. Meta-análisis del uso de semillas y aceites en la dieta de ovejas y cabras. *Pesq. Agropec. Bras.*, 50(9), pp. 821-828.

Maza, L., Vergara, O. y Paternina, E., 2011. Evaluación química y organoléptica del ensilaje de maralfalfa (*Pennisetum sp.*) más yuca fresca (*Manihot esculenta*). *Rev. MVZ Córdoba*, 16(2), pp. 2528-2537.

Mazza, P.H., Oliveira, L.M., Weldert, R., Passini, R. y Marques, P., 2005. Effect of increasing levels of citrus pulp on the fermentation quality and nutritive value of elephantgrass silage. *Rev. Bras. Zootec.*, 34(4), pp. 1138-1145.

Meseguer, F., 2007. Lectura crítica de un meta-análisis y de una revisión sistemática. [pdf] Murcia: Consejería de Sanidad de la Región. Disponible en: <<https://docplayer.es/38095-11-lectura-critica-de-un-metaanalisis-y-de-una-revision-sistemica.html>> [Accedido 15 de junio de 2018].

Michelena, J.B., 2006. Ensilaje. In: R. Herrera, G. Febles, G. Crespo, eds. 2006. *Pennisetum purpureum para la ganadería tropical*. Instituto de Ciencia Animal (ICA): EDICA, pp. 151-174.

Mier, M.A., 2009. Caracterización del valor nutritivo y estabilidad aeróbica de ensilados en forma de microsilos para maíz forrajero. Tesis en opción al grado científico de Maestro en Ciencias. Departamento de Producción Animal. Universidad de Córdoba. España.

Moselhy, M.A., Borba, J.P. y Borba, A.E.S., 2015. Improving the nutritive value, *in vitro* digestibility and aerobic stability of *Hedychium gardnerianum* silage through application of additives at ensiling time. *Animal Feed Science and Technology*, 206, pp. 8-18.

Moura, A., Santos, E.M., Rebouças, J.R., Santana, P.A., Carvalho, T. y Gomes, O., 2010. Evaluation of elephant grass silage with the addition of cassava scrapings. *Rev. Bras. Zootec.* 39(12), pp. 2611-2616.

Mühlbach, P.R.F., 1999. Uso de aditivos para mejorar el ensilaje de los forrajes tropicales. In: L. t' Mannetje, ed. 2001. *Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). pp. 157-176.

Nasrollahi, S.M., Imani, M. y Zebeli, Q., 2015. A meta-analysis and meta-regression of the effect of forage particle size, level, source, and preservation method on feed

intake, nutrient digestibility, and performance in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 98(12), pp. 1-14.

Negrao, F., Zanine, A., Souza, A., Cabral, L., Ferreira, D. y Dantas, C., 2016. Losses, fermentative profile and chemical composition of "*Brachiaria decumbens*" silage with inclusion of rice meal. *Rev. Bras, Saúde Prod. Anim.*, 17(1), pp. 13-25.

Ojeda, F., 1999. Uso de aditivos para mejorar el ensilaje de los forrajes tropicales. In: L. t' Mannetje, ed. 2001. *Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). pp. 137-145.

Oliveira, E.R., Pinto, F., Valenzuela, L., Araújo, A.M., Tonissi, R.H., Lempp, B. y Almeida, F., 2014. Nutritional value of grass silage of mombasa associated with additives agroindustrial. *Semina: Ciencias Agrarias*, 35(3), pp. 1543-1556.

Oliveira, A.S., Weinberg, Z.G., Ogunade, I.M., Cervantes, A.A., Arriola, K.G., Jiang, Y., Kim, D., Li, X., Gonçalves, M.C., Vyas, D. y Adesogan, A.T., 2016. Meta-analysis of effects of inoculation with homofermentative and facultative heterofermentative lactic acid bacteria on silage fermentation, aerobic stability, and the performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 100(6), pp. 1-17.

Oni, A.O., Sowande, O.S., Oni, O.O., Aderinboye, R.Y., Dele, P.A, Ojo, V.O.A., Arigbede, O.M. y Onwuka, C.F.I. 2014. Effect of additives on fermentation of cassava leaf silage and ruminal fluid of West African dwarf goats. *Arch. Zootec.*, 63, pp. 449-459.

Ospina, B. y Ceballos, H., 2002. *La yuca en el tercer milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización*. Cali: Centro Nacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Pineda, L., Chacón, P. y Boschini, C., 2016. Evaluación de la calidad del ensilado de pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfluensis*) mezclado con tres diferentes aditivos. *Agronomía Costarricense*, 40(1), pp. 11-27.

Rodríguez, R., Michelena, J.B., Torres, M., Elías, A., Gutiérrez, D. y Iraola, J., 2017. *Ensilajes de calidad con forrajes tropicales. Alternativas para el ganadero en Cuba*. Instituto de Ciencia Animal: EDICA.

Rubio, M., Sánchez, J., Marín, F. y López, J.A., 2018. Recomendaciones para el reporte de revisiones sistemáticas y meta-análisis. *Anales de Psicología*, 34(2), pp. 412-420.

Ruiz, R., 2009. Meta-análisis sobre la producción de leche por hectárea basada en pastos y forrajes en Cuba. II Taller de Informática y Bioestadística aplicada a las Ciencias Agropecuarias. Aplicaciones de la Estadística-Matemática en Investigación, innovación y Extensión. IB-40, pp. 333-334. III Congreso de Producción Animal Tropical. La Habana, Cuba.

Sánchez, J. y Ato, M., 1989. Meta-análisis: una alternativa metodológica a las revisiones tradicionales de la investigación. In: J. Arnau y H. Carpintero, eds. 1989. *Tratado de Psicología General I: Historia, Teoría y método*. Madrid: Editorial Alhambra, pp. 617-669.

Sánchez, J., 2010. Cómo realizar una revisión sistemática y un meta-análisis. *Aula Abierta*, 38(2), pp. 53-64.

Sánchez, J., Marín, F. y López, J.A., 2011. Meta-analysis and Evidence-Based Psychosocial Intervention. *Psychosocial Intervention*, 20(1), pp. 95-107.

Sao, A.C., 2013. Aplicación de una variante del meta-análisis a un estudio de la efectividad de la progesterona vaginal en la reducción del parto pretérmino. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias. Departamento de Pediatría, Obstetricia, Ginecología y Medicina Preventiva. Universidad Autónoma de Barcelona. España.

Shimada, A.S., 1973. Utilización de la yuca en la alimentación animal. *Técnica Pecuaria*, 11(1), pp. 50-57.

Silva, F.F., Aguiar, M.S., Veloso, C.M., Pires, A.J.V., Bonomo, P., Dutra, G.S., Almeida, V.S., Carvalho, G.G.P, Silva, R.R., Días, A.M. y Ítavo, L.C.V., 2007. Cassava bagasse in elephant grass ensilage: quality of the silage and digestibility of the nutrients. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 59(3), pp. 719-729.

Silva, J.K., Silva, J., Nunes, A., Santos, E.M., Silva, T., Ozino, A. y Carvalho, H.F., 2014. Elephant grass ensiled with wheat bran compared with corn silage in diets for lactating goats. *Rev. Bras. Zootec.*, 43(11), pp. 618-626.

Simancas, M. y Arévalo, L., 2017. Desempeño de cuatro métodos estadísticos para evaluación de la concordancia prueba-reprueba de variables continuas en una muestra. *Revista Biosalud*, 16(1), pp. 19-29.

Simbaña, F.J., 2015. Evaluación de ensilaje de maíz (*Zea mays*) con tres técnicas forrajeras: parva, trinchera y silo bolsa, para la crianza de terneros en la zona de Selva Alegre – Imbabura. Tesis en opción al título de Especialista. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Técnica del Norte. Ecuador.

SPSS, 2013. Statistical Package for the Social Sciences. Versión 22. IBM SPSS for Windows.

St-Pierre, N.R., 2001. Invited review: integrating quantitative findings from multiple studies using mixed model methodology. *J. Dairy Sci.* 84(4), pp. 741-755.

Sudarman, A., Risk, N.A. y Dewi, A.A., 2016. Effect of molasses, rice bran and tapioca flour as additives on the quality and digestibility of cassava leaf silage. *J. ISSAAS*, 22(2), pp. 40-49.

Torra, J.E., 2016. Incidencia de úlceras por presión en unidades de cuidados intensivos. Revisión sistemática con meta-análisis. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias. Departamento de Enfermería comunitaria, Medicina Preventiva y Salud Pública. Universidad de Alicante. España.

Valenciaga, D., 2007. Caracterización química y estructural de las paredes celulares de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115 y su degradabilidad ruminal en búfalos

de río (*Bubalis bubalus*). Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias. Instituto de Ciencia Animal. Cuba

Valencia, A.F., 2016. Los ensilajes: una mirada a esta estrategia de conservación de forraje para la alimentación animal en el contexto colombiano. Tesis en opción al título de Especialista. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Salle. Colombia.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B. y Lewis, B. A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74 (10), pp. 3583-3597.

Vásconez, F.C., 2013. Contenido de butirato en la grasa láctea: meta-análisis. Tesis en opción al grado científico de Maestro en Ciencias. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile. Chile.

Ventura, L.M.C., Mendoza, J.A., Abud, M., Oliva, M.A., Dendooven, L. y Gutiérrez, F.A., 2012. Sugarcane molasse and wey as additives in the silage of lemongrass (*Cymbopogon citratus*) leaves. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72(1), pp. 87-91.

Vieira, A.J., Pinto, G.G., García, R., Nobre, J., Sampaio, L. y Trindade, D.M., 2009. Elephant grass ensiled with coffee hulls, cocoa meal and cassava meal. *Rev. Bras. Zootec.*, 38(1), pp. 34-39.

Vieira, I., Vieira, A.J., Pinto, G.G., Mattos, C. y Bonomo, P., 2010. Losses, fermentation characteristics and nutritional value of elephant grass silage containig agricultural waste. *R. Bras. Zootec.*, 39(12), pp. 2578-2588.

Villa, A.F., 2008. Estudio microbiológico y calidad nutricional de ensilaje de maíz cosechado en dos ecorregiones de Colombia. Tesis en opción al grado científico de Maestro en Ciencias. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Universidad Nacional de Colombia. Colombia.

Wang, J., Chen, L., Yuan, X., Guo, G., Li, J., Bai, Y. y Shao, T., 2017. Effects of molasses on the fermentation characteristics of mixed silage prepared with rice straw, local vegetable by-products and alfalfa in Southeast China. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(3), pp. 664-670.

Yuan, X., Guo, G., Wen, A., Desta, S.t., Wang, J., Wang, Y. y Shao, T., 2015. The effect of different additives on the fermentation quality, *in vitro* digestibility and aerobic stability of a total mixed ration silage. *Animal Feed Science and Technology*, 207, pp. 41-50.

Zeballos, L., 2013. Meta-análisis. *Rev. Act. Clin. Med*, 33, pp. 1705-1709.

Zimmermann, J.A., Fusari. M.L., Rossler, E., Blajman, J.E., Romero, A., Astesana, D.M., Olivero, C.R., Berisvil, A.P., Signorini, M.L., Zbrun, M.V., Frizzo, L.S. & Soto, L.P. 2016. Effects of probiotics in swines growth performance: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Animal Feed Science and Technology*, 219, pp. 280-293.

ANEXO 1

1	Estudio	Autores	Código	Base de	Año de	Pasto empleado	Edad de corte	Tipo de	% de inclusión	Apertura	Método estadístico	Evaluación	n_tto	n_control	media_tto	media_control	DS_tto	DS_control
2			del estudio	datos	publicación		del pasto (días)	aditivo	del aditivo	del silo (días)		metodológica						
3	The effects of additives	Burrenok et al.	BU001	EBSCO	2012	Pennisetum purpureum	90	melaza	5	45	DCA	10	3	3	3.75	3.96	0.069	0.069
4	The effects of additives	Burrenok et al.	BU002	EBSCO	2012	Pennisetum purpureum	90	harina de yuca	5	45	DCA	10	3	3	3.73	3.96	0.069	0.069
5	Evaluación de la calidad	Pineda et al.	PI001	EBSCO	2016	Cynodon nlemfluentis	42	melaza	2	60	DCA con arreglo factorial	10	4	4	4.57	5.52	0.05	0.09
6	Evaluación de la calidad	Pineda et al.	PI002	EBSCO	2016	Cynodon nlemfluentis	42	melaza	4	60	DCA con arreglo factorial	10	4	4	4.62	5.52	0.12	0.09
7	Evaluación de la calidad	Pineda et al.	PI003	EBSCO	2016	Cynodon nlemfluentis	42	granos de maíz	2	60	DCA con arreglo factorial	10	4	4	4.85	5.25	0.19	0.13
8	Evaluación de la calidad	Pineda et al.	PI004	EBSCO	2016	Cynodon nlemfluentis	42	granos de maíz	4	60	DCA con arreglo factorial	10	4	4	5.1	5.25	0.41	0.13
9	Evaluación de la calidad	Pineda et al.	PI005	EBSCO	2016	Cynodon nlemfluentis	42	pulpa cítrica	2	60	DCA con arreglo factorial	10	4	4	5.4	5.15	0.29	0.06
10	Evaluación de la calidad	Pineda et al.	PI006	EBSCO	2016	Cynodon nlemfluentis	42	pulpa cítrica	4	60	DCA con arreglo factorial	10	4	4	4.72	5.15	0.19	0.06
11	Ensilaging characteristics	Desta et al.	DE001	EBSCO	2016	Pennisetum purpureum	45	melaza	4	60	DCA con arreglo factorial	10	3	3	4.26	5.15	0.104	0.104
12	Utilización de lactosuer	Castañón y Villa	CV001	RCCA	2017	Pennisetum purpureum	90	melaza	4	16	DCA con arreglo factorial	10	4	4	3.9	4.1	0.17	0.17
13	Efecto de la edad de co	Dominguez y Hardy	DH001	RCCA	1988	Cynodon dactylon	54	melaza	1	45	DBA con arreglo factorial	11	4	4	4.4	4.7	0.069	0.069
14	Efecto de la edad de co	Dominguez y Hardy	DH002	RCCA	1988	Cynodon dactylon	54	melaza	2	45	DBA con arreglo factorial	11	4	4	4.3	4.7	0.069	0.069
15	Effects of the ferment	Burrenok et al.	BK001	Science Direct	2011	Brachiaria ruziziensis	60	melaza	5	45	DCA	10	3	3	3.81	4.08	0.035	0.035
16	Effects of sucrose, gluc	Li et al.	LI001	Science Direct	2014	Pennisetum purpureum	72	melaza	2	30	DCA	11	3	3	4.35	4.64	0.087	0.087
17	Effect of molasses, rice	Sudarman et al.	SU001	Researchgate	2016	Hojas de Manihot esculenta	60	melaza	5	28	DCA	9	3	3	3.95	4.3	0.034	0.017
18	Effect of molasses, rice	Sudarman et al.	SU002	Researchgate	2016	Hojas de Manihot esculenta	60	melaza	10	28	DCA	9	3	3	3.88	4.3	0.017	0.017
19	Effect of molasses, rice	Sudarman et al.	SU003	Researchgate	2016	Hojas de Manihot esculenta	60	salvado de arroz	5	28	DCA	9	3	3	4.22	4.3	0.017	0.017
20	Effect of molasses, rice	Sudarman et al.	SU004	Researchgate	2016	Hojas de Manihot esculenta	60	salvado de arroz	10	28	DCA	9	3	3	4.21	4.3	0.052	0.017
21	Effect of molasses, rice	Sudarman et al.	SU005	Researchgate	2016	Hojas de Manihot esculenta	60	harina de yuca	5	28	DCA	9	3	3	4.29	4.3	0.017	0.017
22	Effect of molasses, rice	Sudarman et al.	SU006	Researchgate	2016	Hojas de Manihot esculenta	60	harina de yuca	10	28	DCA	9	3	3	4.23	4.3	0.034	0.017
23	Utilization of sugar can	Kavana	KA001	Researchgate	2015	Panicum maximum	90	jugo de caña	5	90	DCA	10	10	10	4.02	4.87	0.111	0.111
24	Utilization of sugar can	Kavana	KA002	Researchgate	2015	Panicum maximum	90	jugo de caña	10	90	DCA	10	10	10	3.97	4.87	0.111	0.111
25	Utilization of sugar can	Kavana	KA003	Researchgate	2015	Panicum maximum	90	jugo de caña	15	90	DCA	10	10	10	3.91	4.87	0.111	0.111
26	Nutritional value of gras	Oliveira et al.	OL001	Researchgate	2015	Panicum maximum	70	harina de trigo	5	45	DCA con arreglo factorial	9	3	3	4.99	4.82	0.081	0.081
27	Qualidade da Silagem	Ferrari y Lavezzo	FL001	SciELO	2001	Pennisetum purpureum	70	harina de yuca	1	150	DBA	11	4	4	4.45	4.32	0.132	0.128
28	Qualidade da Silagem	Ferrari y Lavezzo	FL002	SciELO	2001	Pennisetum purpureum	70	harina de yuca	2	150	DBA	11	4	4	4.22	4.32	0.125	0.128
29	Qualidade da Silagem	Ferrari y Lavezzo	FL003	SciELO	2001	Pennisetum purpureum	70	harina de yuca	4	150	DBA	11	4	4	4.4	4.32	0.13	0.128
30	Qualidade da Silagem	Ferrari y Lavezzo	FL004	SciELO	2001	Pennisetum purpureum	70	harina de yuca	8	150	DBA	11	4	4	4.37	4.32	0.129	0.128
31	Qualidade da Silagem	Ferrari y Lavezzo	FL005	SciELO	2005	Pennisetum purpureum	70	harina de yuca	12	150	DBA	11	4	4	4.35	4.32	0.129	0.128
32	Efeito da Adição de Niv	Mazza et al.	MA001	SciELO	2005	Pennisetum purpureum	90	pulpa cítrica	2.5	35	DCA	9	4	4	3.86	3.87	0.148	0.149
33	Efeito da Adição de Niv	Mazza et al.	MA002	SciELO	2005	Pennisetum purpureum	90	pulpa cítrica	5	35	DCA	9	4	4	3.89	3.87	0.149	0.149
34	Efeito da Adição de Niv	Mazza et al.	MA003	SciELO	2005	Pennisetum purpureum	90	pulpa cítrica	7.5	35	DCA	9	4	4	3.74	3.87	0.144	0.149
35	Efeito da Adição de Niv	Mazza et al.	MA004	SciELO	2005	Pennisetum purpureum	90	pulpa cítrica	10	35	DCA	9	4	4	3.84	3.87	0.147	0.149
36	Efeito da Adição de Niv	Mazza et al.	MA005	SciELO	2005	Pennisetum purpureum	90	pulpa cítrica	12.5	35	DCA	9	4	4	3.8	3.87	0.146	0.149
37	Efeito da Adição de Niv	Mazza et al.	MA006	SciELO	2005	Pennisetum purpureum	90	pulpa cítrica	15	35	DCA	9	4	4	3.89	3.87	0.149	0.149
38	Capim-elefante ensilac	Vieira et al.	VI001	SciELO	2009	Pennisetum purpureum	80	harina de yuca	15	60	DCA	10	10	10	4.1	4.2	0.076	0.084
39	Evaluation of elephant	Moura et al.	MO001	SciELO	2010	Pennisetum purpureum	50	harina de yuca	7	40	DCA	9	4	4	3.8	4.44	0.208	0.26
40	Evaluation of elephant	Moura et al.	MO002	SciELO	2010	Pennisetum purpureum	50	harina de yuca	15	40	DCA	9	4	4	3.72	4.44	0.277	0.26
41	Evaluation of elephant	Moura et al.	MO003	SciELO	2010	Pennisetum purpureum	50	harina de yuca	30	40	DCA	9	4	4	3.84	4.44	0.346	0.26
42	Perdas, perfil fermentat	Negrão et al.	NE001	SciELO	2016	Brachiaria decumbens	60	salvado de arroz	1	40	DCA	9	5	5	4.1	4.9	0.077	0.092
43	Perdas, perfil fermentat	Negrão et al.	NE002	SciELO	2016	Brachiaria decumbens	60	salvado de arroz	2	40	DCA	9	5	5	4.2	4.9	0.079	0.092
44	Perdas, perfil fermentat	Negrão et al.	NE003	SciELO	2016	Brachiaria decumbens	60	salvado de arroz	3	40	DCA	9	5	5	4.3	4.9	0.08	0.092
45	Perdas, perfil fermentat	Negrão et al.	NE004	SciELO	2016	Brachiaria decumbens	60	salvado de arroz	4	40	DCA	9	5	5	4.4	4.9	0.082	0.092
46	Effect of additives on fe	Oni et al.	ON001	SciELO	2015	Hojas de Manihot esculenta	60	melaza	5	35	DCA	9	6	6	3.17	3.66	0.069	0.104

Figura 9. Extracción de datos para la variable pH

ANEXO 2

1	Estudio	Autores	Código	Base de	Año de	Pasto empleado	Edad de corte	Tipo de	% de inclusión	Apertura	Método	Evaluación	n_tto	n_control	media_tto	media_control	DS_tto	DS_control
2			del estudio	datos	publicación		del pasto (días)	aditivo	del aditivo	del silo (días)	estadístico	metodológica						
3	The effects of a	Burrenok et al.	BU001	EBSCO	2012	Pennisetum purpureum	90	melaza	5	45	DCA	10	3	3	9.4	4.9	0.969	0.969
4	The effects of a	Burrenok et al.	BU002	EBSCO	2012	Pennisetum purpureum	90	harina de yuca	5	45	DCA	10	3	3	6.2	4.9	0.969	0.969
5	Ensiling charac	Desta et al.	DE001	EBSCO	2016	Pennisetum purpureum	45	melaza	4	60	DCA con arreglo factorial	10	3	3	5.21	0.376	0.462	0.462
6	Efecto de la ed	Domínguez y Hardy	DH001	RCCA	1988	Cynodon dactylon	54	melaza	1	45	DBA con arreglo factorial	11	4	4	1	1.09	0.364	0.364
7	Efecto de la ed	Domínguez y Hardy	DH002	RCCA	1988	Cynodon dactylon	54	melaza	2	45	DBA con arreglo factorial	11	4	4	1.08	1.09	0.364	0.364
8	Effects of the fe	Burrenok et al.	BK001	Science Direct	2011	Brachiaria ruziziensis	60	melaza	5	45	DCA	10	3	3	12.79	5.31	1.072	1.072
9	Effects of sucro	Li et al.	LI001	Science Direct	2014	Pennisetum purpureum	72	melaza	2	30	DCA	11	3	3	5.33	3.63	0.519	0.519
10	Utilization of s	Kavana	KA001	Researchgate	2015	Panicum maximum	90	jugo de caña	5	90	DCA	10	10	10	3.45	2.04	0.778	0.778
11	Utilization of s	Kavana	KA002	Researchgate	2015	Panicum maximum	90	jugo de caña	10	90	DCA	10	10	10	3.91	2.04	0.778	0.778
12	Utilization of s	Kavana	KA003	Researchgate	2015	Panicum maximum	90	jugo de caña	15	90	DCA	10	10	10	4.17	2.04	0.778	0.778
13	Qualidade da S	Ferrari y Lavezzo	FL001	Scielo	2001	Pennisetum purpureum	70	harina de yuca	1	150	DBA	11	4	4	3.45	2.39	1.006	0.697
14	Qualidade da S	Ferrari y Lavezzo	FL002	Scielo	2001	Pennisetum purpureum	70	harina de yuca	2	150	DBA	11	4	4	3.39	2.39	0.988	0.697
15	Qualidade da S	Ferrari y Lavezzo	FL003	Scielo	2001	Pennisetum purpureum	70	harina de yuca	4	150	DBA	11	4	4	3.34	2.39	0.974	0.697
16	Qualidade da S	Ferrari y Lavezzo	FL004	Scielo	2001	Pennisetum purpureum	70	harina de yuca	8	150	DBA	11	4	4	3.44	2.39	1.003	0.697
17	Qualidade da S	Ferrari y Lavezzo	FL005	Scielo	2005	Pennisetum purpureum	70	harina de yuca	12	150	DBA	11	4	4	3.52	2.39	1.026	0.697
18	Efeito da Adicã	Mazza et al.	MA001	Scielo	2005	Pennisetum purpureum	90	pulpa cítrica	2.5	35	DCA	9	4	4	6.81	5.49	0.4	0.323
19	Efeito da Adicã	Mazza et al.	MA002	Scielo	2005	Pennisetum purpureum	90	pulpa cítrica	5	35	DCA	9	4	4	6.88	5.49	0.404	0.323
20	Efeito da Adicã	Mazza et al.	MA003	Scielo	2005	Pennisetum purpureum	90	pulpa cítrica	7.5	35	DCA	9	4	4	6.64	5.49	0.39	0.323
21	Efeito da Adicã	Mazza et al.	MA004	Scielo	2005	Pennisetum purpureum	90	pulpa cítrica	10	35	DCA	9	4	4	6.01	5.49	0.353	0.323
22	Efeito da Adicã	Mazza et al.	MA005	Scielo	2005	Pennisetum purpureum	90	pulpa cítrica	12.5	35	DCA	9	4	4	5.59	5.49	0.329	0.323
23	Efeito da Adicã	Mazza et al.	MA006	Scielo	2005	Pennisetum purpureum	90	pulpa cítrica	15	35	DCA	9	4	4	3.77	5.49	0.222	0.323
24	Capim-elefante	Vieira et al.	VI001	Scielo	2009	Pennisetum purpureum	80	harina de yuca	15	60	DCA	10	10	10	4.7	4.6	1.128	1.104
25	Evaluation of e	Moura et al.	MO001	Scielo	2010	Pennisetum purpureum	50	harina de yuca	7	40	DCA	9	4	4	5.83	4.23	0.191	0.381
26	Evaluation of e	Moura et al.	MO002	Scielo	2010	Pennisetum purpureum	50	harina de yuca	15	40	DCA	9	4	4	4.88	4.23	0.554	0.381
27	Evaluation of e	Moura et al.	MO003	Scielo	2010	Pennisetum purpureum	50	harina de yuca	30	40	DCA	9	4	4	3.13	4.23	0.745	0.381
28	Perdas, perfil fi	Negrao et al.	NE001	Scielo	2016	Brachiaria decumbens	60	salvado de arroz	1	40	DCA	9	5	5	4.523	3.182	0.372	0.262
29	Perdas, perfil fi	Negrao et al.	NE002	Scielo	2016	Brachiaria decumbens	60	salvado de arroz	2	40	DCA	9	5	5	4.975	3.182	0.409	0.262
30	Perdas, perfil fi	Negrao et al.	NE003	Scielo	2016	Brachiaria decumbens	60	salvado de arroz	3	40	DCA	9	5	5	5.427	3.182	0.447	0.262
31	Perdas, perfil fi	Negrao et al.	NE004	Scielo	2016	Brachiaria decumbens	60	salvado de arroz	4	40	DCA	9	5	5	5.558	3.182	0.457	0.262
32	Effect of additiv	Oni et al.	ON001	Scielo	2015	Hojas de Manihot esculenta	60	melaza	5	35	DCA	9	6	6	5.13	4.16	0.191	0.675

Figura 10. Extracción de datos para la variable ácido láctico

ANEXO 3

1	Estudio	Autores	Código	Base de	Año de	Pasto empleado	Edad de corte	Tipo de	% de inclusión	Apertura	Método estadístico	Evaluación	n_tto	n_control	media_tto	media_control	DS_tto	DS_control
2			del estudio	datos	publicación		del pasto (días)	aditivo	del aditivo	del silo (días)		metodológica						
3	The effects of ad	Burrenok et al.	BU001	EBSCO	2012	Pennisetum purpureum	90	melaza	5	45	DCA	10	3	3	2.4	1.2	0.485	0.485
4	The effects of ad	Burrenok et al.	BU002	EBSCO	2012	Pennisetum purpureum	90	harina de yuca	5	45	DCA	10	3	3	1.3	1.2	0.485	0.485
5	Effects of the fer	Burrenok et al.	BK001	Science Direct	2011	Brachiaria ruziziensis	60	melaza	5	45	DCA	10	3	3	2.98	1.47	0.357	0.357
6	Utilization of sug	Kavana	KA001	Researchgate	2015	Panicum maximum	90	jugo de caña	5	90	DCA	10	10	10	1.01	1.23	0.675	0.675
7	Utilization of sug	Kavana	KA002	Researchgate	2015	Panicum maximum	90	jugo de caña	10	90	DCA	10	10	10	1.11	1.23	0.675	0.675
8	Utilization of sug	Kavana	KA003	Researchgate	2015	Panicum maximum	90	jugo de caña	15	90	DCA	10	10	10	1.09	1.23	0.675	0.675
9	Qualidade da Sil	Ferrari y Lavezzo	FL001	Scielo	2001	Pennisetum purpureum	70	harina de yuca	1	150	DBA	11	4	4	7.17	6.74	0.462	0.434
10	Qualidade da Sil	Ferrari y Lavezzo	FL002	Scielo	2001	Pennisetum purpureum	70	harina de yuca	2	150	DBA	11	4	4	12.78	6.74	0.823	0.434
11	Qualidade da Sil	Ferrari y Lavezzo	FL003	Scielo	2001	Pennisetum purpureum	70	harina de yuca	4	150	DBA	11	4	4	13.65	6.74	0.879	0.434
12	Qualidade da Sil	Ferrari y Lavezzo	FL004	Scielo	2001	Pennisetum purpureum	70	harina de yuca	8	150	DBA	11	4	4	16.08	6.74	1.036	0.434
13	Qualidade da Sil	Ferrari y Lavezzo	FL005	Scielo	2005	Pennisetum purpureum	70	harina de yuca	12	150	DBA	11	4	4	18.44	6.74	1.188	0.434
14	Efeito da Adição	Mazza et al.	MA001	Scielo	2005	Pennisetum purpureum	90	pulpa cítrica	2.5	35	DCA	9	4	4	5.04	2.46	2.493	1.217
15	Efeito da Adição	Mazza et al.	MA002	Scielo	2005	Pennisetum purpureum	90	pulpa cítrica	5	35	DCA	9	4	4	5.14	2.46	2.543	1.217
16	Efeito da Adição	Mazza et al.	MA003	Scielo	2005	Pennisetum purpureum	90	pulpa cítrica	7.5	35	DCA	9	4	4	6.89	2.46	3.409	1.217
17	Efeito da Adição	Mazza et al.	MA004	Scielo	2005	Pennisetum purpureum	90	pulpa cítrica	10	35	DCA	9	4	4	8.54	2.46	4.226	1.217
18	Efeito da Adição	Mazza et al.	MA005	Scielo	2005	Pennisetum purpureum	90	pulpa cítrica	12.5	35	DCA	9	4	4	11.17	2.46	5.416	1.217
19	Efeito da Adição	Mazza et al.	MA006	Scielo	2005	Pennisetum purpureum	90	pulpa cítrica	15	35	DCA	9	4	4	12.68	2.46	6.148	1.217
20	Capim-elefante e	Vieira et al.	VI001	Scielo	2009	Pennisetum purpureum	80	harina de yuca	15	60	DCA	10	10	10	9.4	2.8	1.542	0.459

Figura 11. Extracción de datos para la variable CHS