

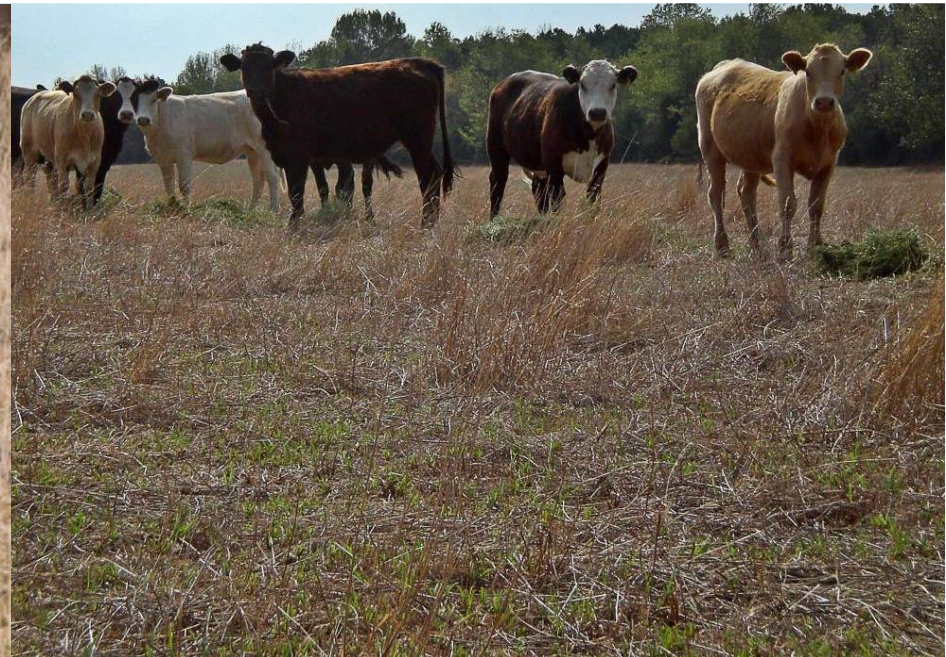
# Estudios sobre el efecto de inóculos microbianos sobre las características fermentativas y estabilidad aeróbica de forrajas ensilados en el trópico: gramíneas perennes



**Abner A. Rodríguez-Carías, Ph.D.**  
**Universidad de Puerto Rico**  
**Recinto de Mayagüez**







# Época Seca

## Cambio Climático



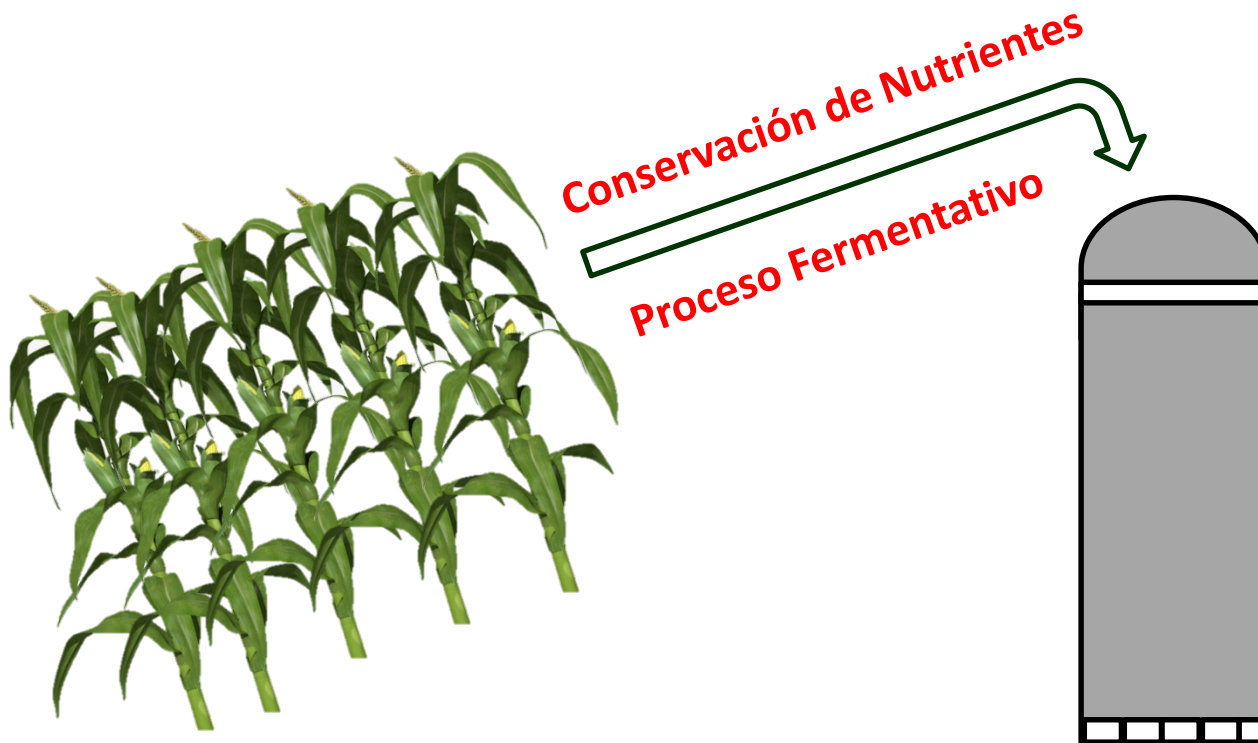


# ENSILAJE

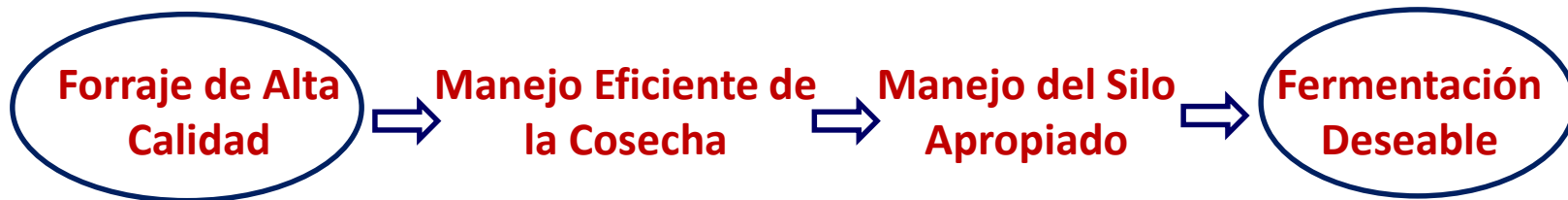
**Producto generado por la fermentación ácida de un forraje, cuando ha sido cortado, compactado y almacenado bajo condiciones anaeróbicas en estructuras llamadas silo**



# Forraje para Ensilar



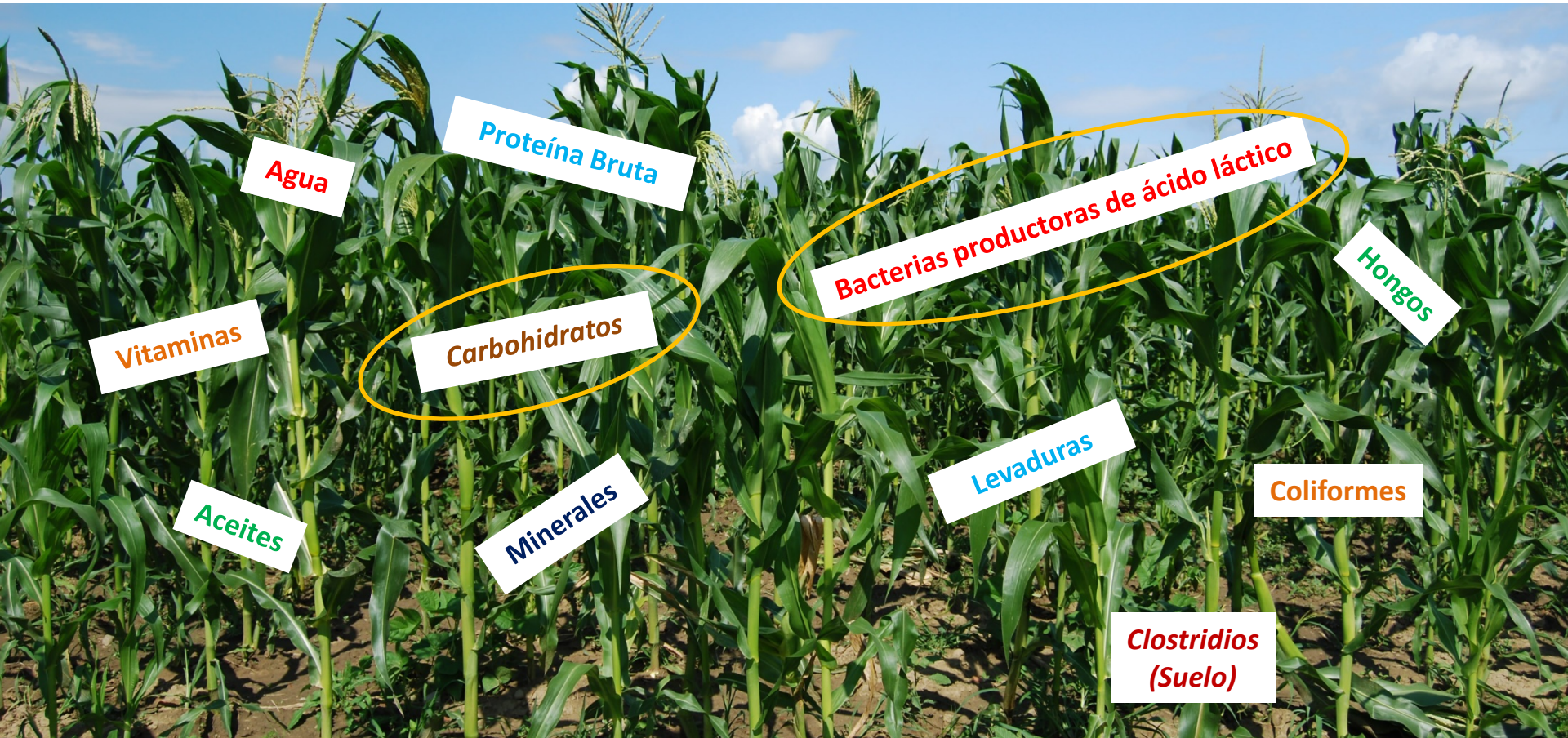
El tipo de material vegetativo y su cosecha a la madurez óptima al momento de ensilar tiene un efecto profundo sobre la calidad del ensilaje como alimento



# Microbiología y Bioquímica del Proceso Fermentativo

Forraje Fresco  $\Rightarrow$  Conservación de Nutrientes

pH = 6.5 - 7.0



Ensilaje pH = 4

Nutrientes

Microorganismos Epifíticos

# Efecto de la latitud sobre la estructura del forraje

Temperatura

Fotoperiodo

## Latitudes más bajas

Largo del día más cortos

Mayor variación en la radiación solar



**Aumenta la lignificación de la planta**

**Disminuye el contenido de carbohidratos no estructurales**

**Aumenta los componentes de la pared celular**



## Contenido de Carbohiratos Solubles en Agua



# Microorganismos Epifíticos

## Presentes en el Material Vegetativo Fresco

Microorganismo	Población (ufc/g material fresco)
Enterobacteriaceae (Coliformes)	$10^6 - 10^8$
Hongos y levaduras	$10^5 - 10^6$
Bacterias productoras de ácido láctico	$10^3 - 10^4$



# Ensilaje de Gramíneas Tropicales Perennes

**pH alto**

**Alto contenido de ácido acético y ácido butírico**

**Pérdidas de materia seca durante el proceso fermentativo**

**Tasa elevada de proteolysis y formación de amonía**

**Baja palatabilidad y consumo**



## Estabilidad Aeróbica



Se considera que un ensilaje es inestable a condiciones aeróbicas cuando la temperatura del ensilaje es mayor 2 ó 3 grados comparada con la temperatura ambiente

La duración en tiempo oscila desde menos de una hora hasta varios días

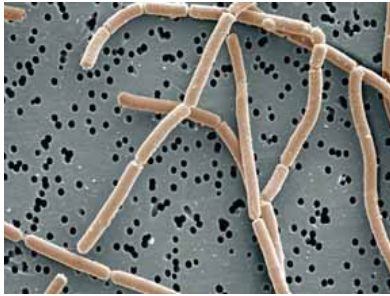
La duración (horas) cuando un ensilaje permanece a temperatura constante al momento de exponerlo a condiciones aeróbicas

# Microorganismos Deseables

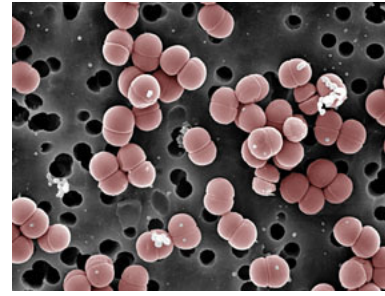
## Bacterias Productoras de Ácido Láctico (BPAL)

Habilidad de sobrevivir a un rango amplio de pH 4.0 - 6.8

Varios géneros participan durante el proceso fermentativo



*Lactobacillus*  
*Pediococcus*  
*Enterococcus*  
*Lactococcus*  
*Streptococcus*



Dentro de cada género existen varias especies

*Lactobacillus*  
*acidophilus*  
*casei*  
*plantarum*  
*brevis*  
*buchneri*

*Pediococcus*  
*acidilactici*  
*pentosaceus*

*Enterococcus*  
*faecalis*  
*faecium*

*Lactococcus*  
*lactis*

Proceso Fermentativo

## Aditivos para Ensilaje

### Estimulantes de la Fermentación



#### Homofermentativas (IBHO)

*Lactobacillus plantarum*

*Enterococcus faecium*

*Pediococcus pentosaceus*

*Pediococcus acidilactici*

#### Heterofermentativas (IBHT)

*Lactobacillus buchneri*

*Lactobacillus brevis*

*Propionibacterium shermanii*

#### Mezclas de homofermentativas y heterofermentativas (IBMM)

# Objetivo



**Evaluar el efecto de la adición de IBHO y IBMM sobre las características y la estabilidad aeróbica de ensilaje de gramíneas fermentadas en microsilos de laboratorio**

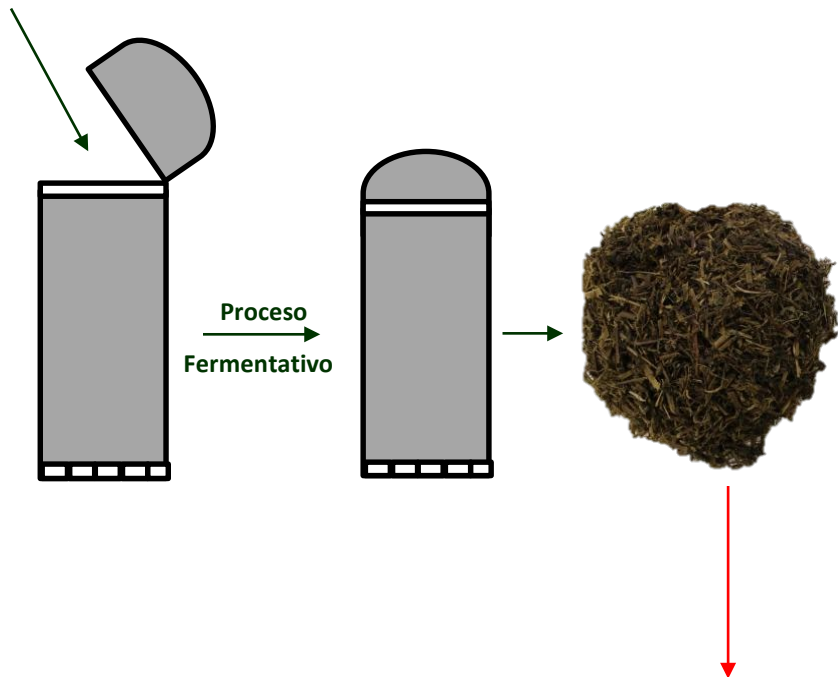
# Gramíneas Perennes Ensiladas con Inóculos Microbianos

Forraje	Inoculante	Tasa de Inoculación ufc/g forraje verde	% MS % CSA (BH)	Fermentación (d)
Hierba Guinea <i>Panicum maximum</i> Jacq.	IBHO <i>Lactobacillus plantarum</i> <i>Pediococcus cerevisiae</i>	1 X 10 <sup>6</sup>	30.08 0.97	56



# Gramíneas Perennes Ensiladas con Inóculos Microbianos

Con o Sin Inóculo



## Características fermentativas

pH

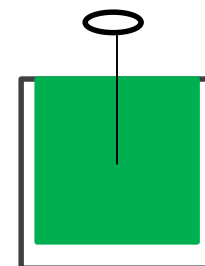
Contenido de ácido láctico (AL)

Contenido de ácido acético (AC)

Relación nitrógeno amoniacal/N. total (RNANT)

## Estabilidad aeróbica (EA)

Tiempo en horas del ensilaje expuesto a condiciones aeróbicas en alcanzar la temperatura ambiente más 3



La temperatura se monitorea cada seis horas durante el periodo de exposición al aire (72, 144 ó 168h)

# Evaluación de la Calidad del Ensilaje

## Concentraciones Típicas de Productos de Fermentación

### Ensilaje Gramíneas Perennes

Producto de Fermentación (%) <sup>1</sup>	(30 - 35% MS)
pH	4.3 - 4.7
Ácido láctico	4-10
Ácido acético	1 - 3
Ácido propiónico	<0.1
Ácido butírico	0.5-1.0
N - Amoniacal (% N-total)	8-12

<sup>1</sup> Base Seca



**Ácido Láctico = 65-70% del total**

**Relación ácido láctico/ácido acético = >2.75:1**

# Hierba Guinea

(*Panicum maximum* Jacq.)

## Composición Química

Materia Seca	30.08
Materia Orgánica	91.81*
Materia Inorgánica	89.09*
Proteína Bruta	7.04*
CSA	0.97*
FDN	70.75*
FDA	51.92*

\*DMB

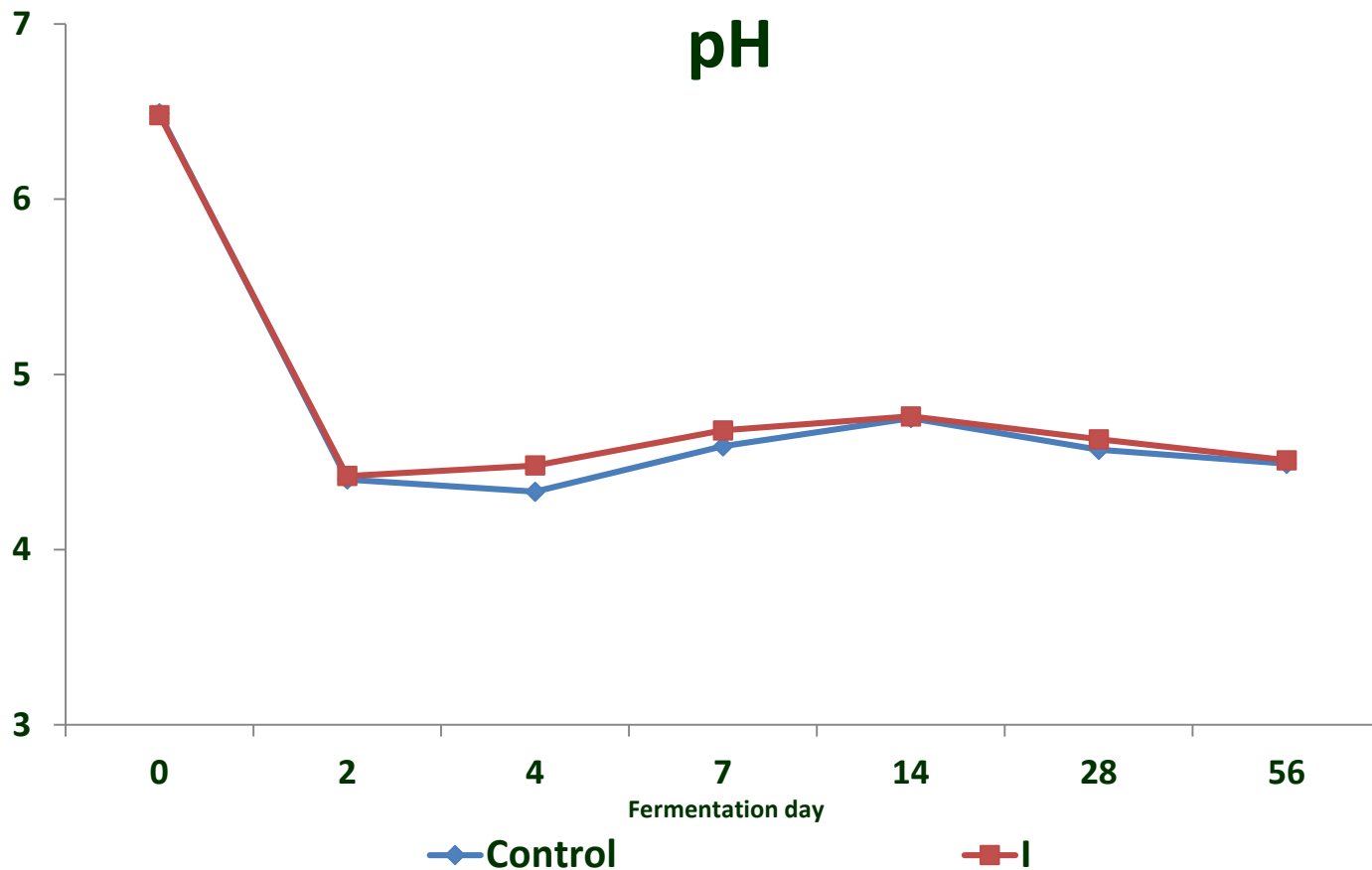


## Microorganismos Epifíticos

ufc/g material fresco

Coliformes	8.56
BPAL	4.56
Hongos y levaduras	4.92

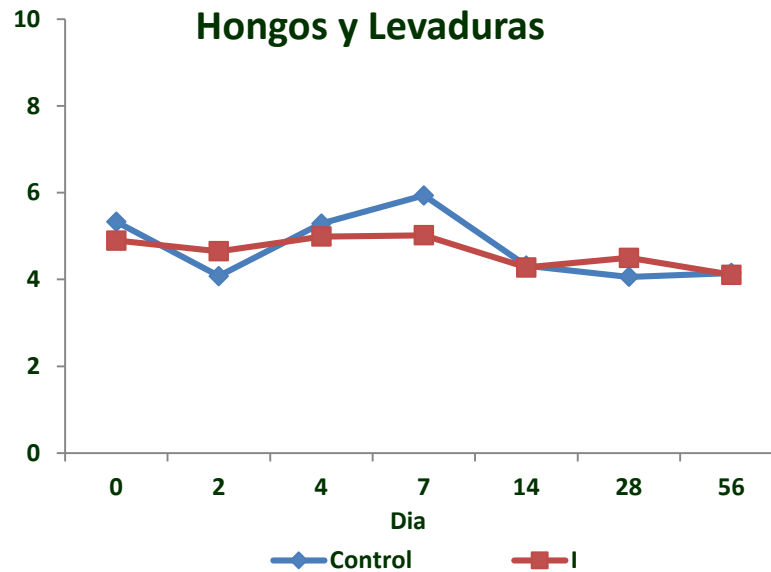
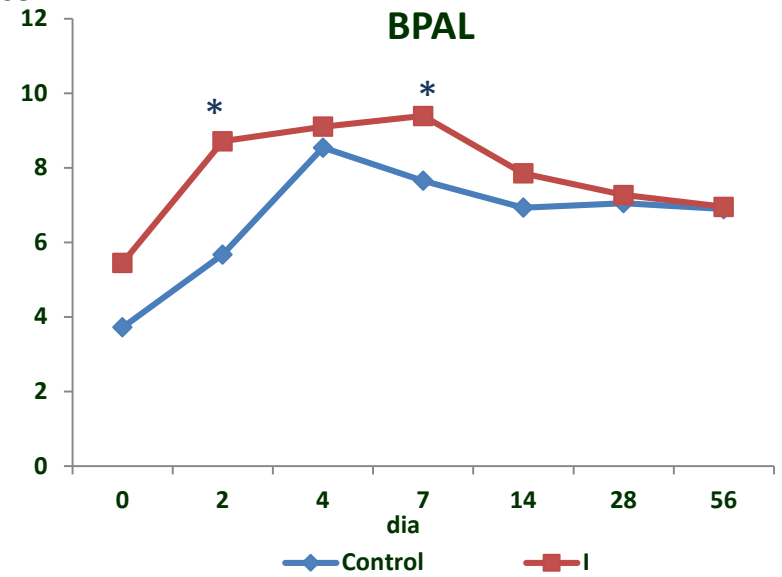
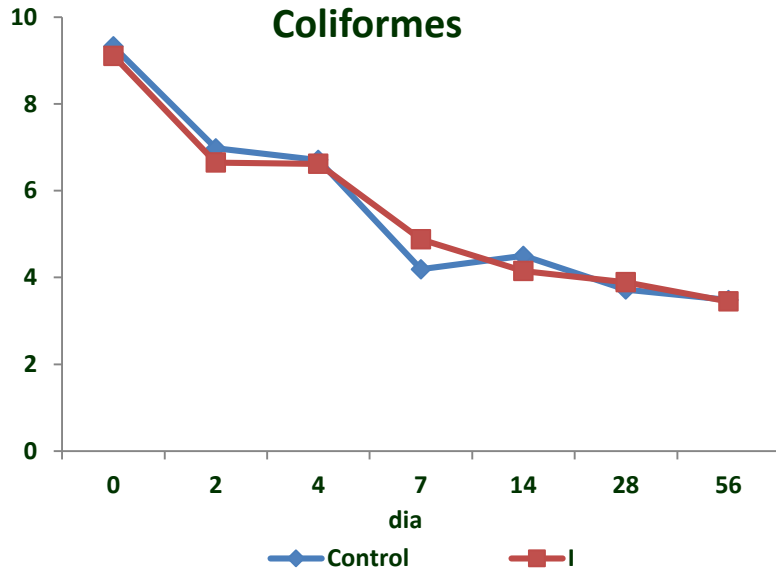
# Inóculo Microbiano en Ensilaje de Hierba Guinea



# Inóculo Microbiano en Ensilaje de Hierba Guinea

## Poblaciones Microbianas

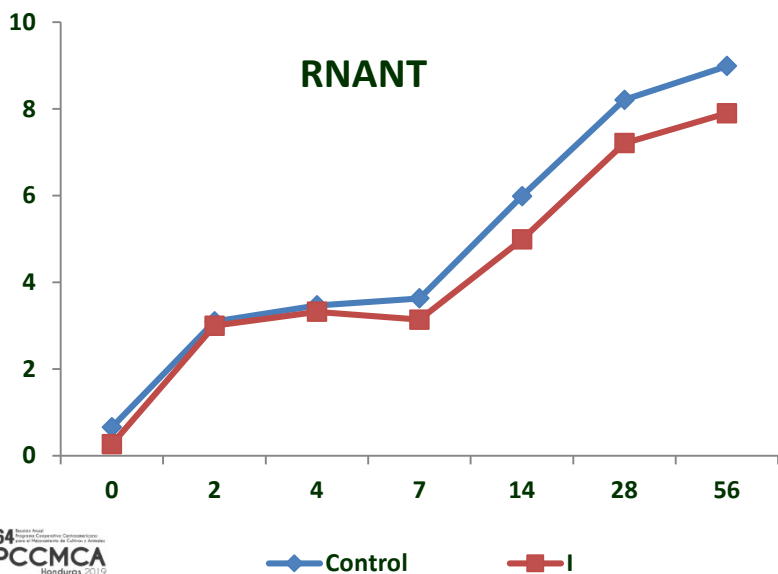
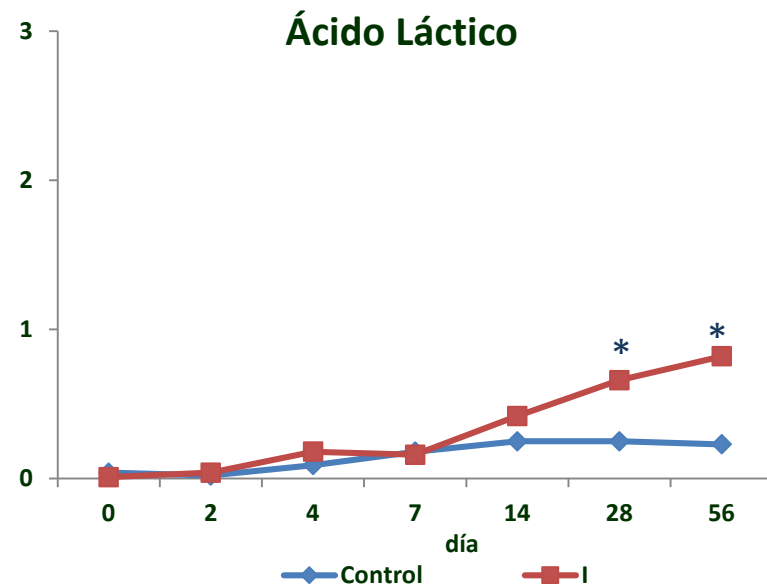
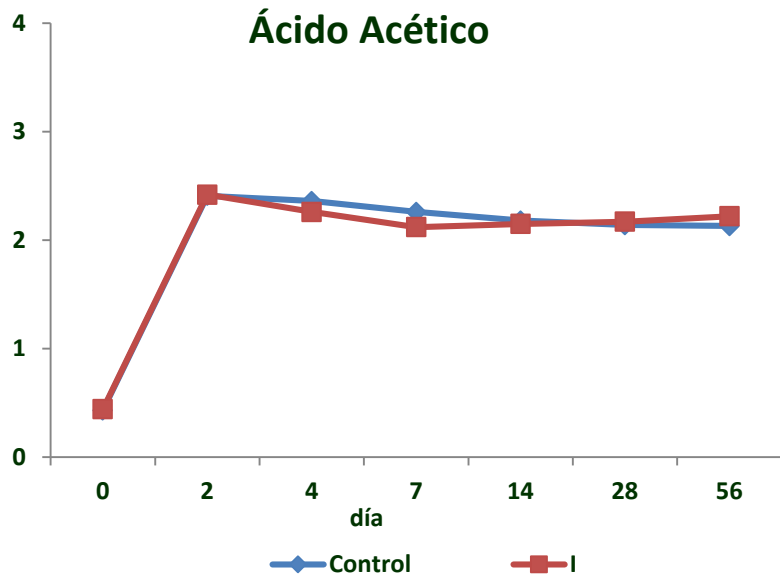
ufc/g material fresco



# Inóculo Microbiano en Ensilaje de Hierba Guinea

## Productos de Fermentación

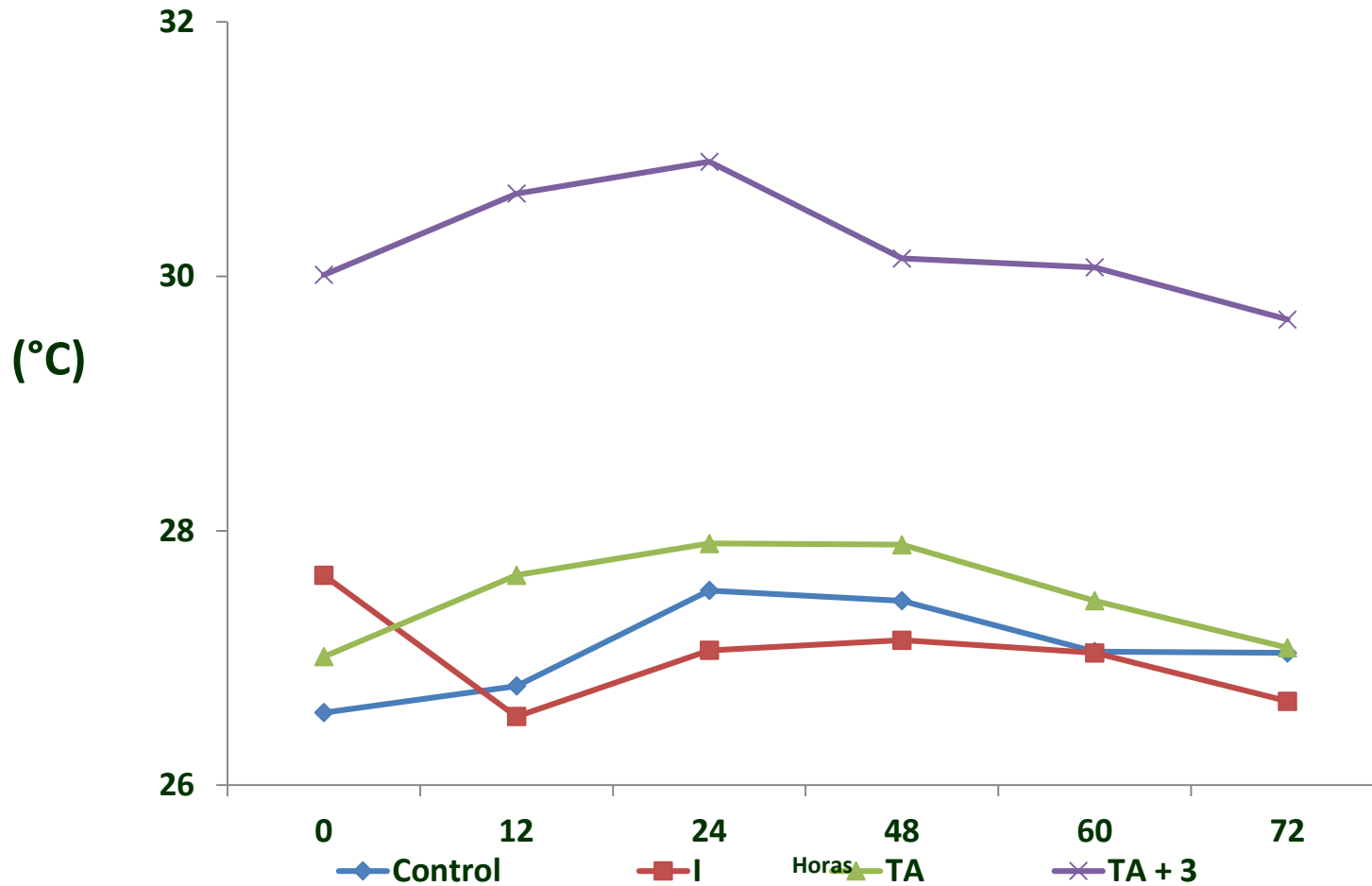
g/100 g MS



El contenido de AL en HG tratado con IBHO fue mayor (0.82%) que en el control (.23%), pero no se detectaron diferencias en otros parámetros fermentativos

# Inóculo Microbiano en Ensilaje de Hierba Guinea

## Estabilidad Aeróbica



# Inóculo Microbiano en Ensilaje de Hierba Guinea y Hierba Elefante

## Experimento 2 Hierba Guinea (*Panicum maximum*)

<u>Composición Química (%)</u>	<u>Valor</u>
MS	25.90
PB	5.41
FB	34.16
FDN	72.18
FDA	50.15
CSA	0.45
<u>pH</u>	7.06

### IBMM

*Lactobacillus plantarum*

*Pediococcus acidilactici*

*Lactococcus lactic*

*Enterococcus faecium*



# Inóculo Microbiano en Ensilaje de Hierba Guinea y Hierba Elefante

## Poblaciones Microbianas

Bacterias Productoras de ácido láctico  
Hongos y Levaduras  
Clostridia

## Productos de Fermentación

Ácido Láctico (AL)  
Ácido Acético (AC)  
Ácido Propiónico  
Ácido Butírico  
AL:AC

Relación Nitrógeno Amoniacal/Nitrógeno Total

pH



## Nivel de probabilidad de los efectos del inóculo sobre las características fermentativas de ensilaje de hierba guinea (*Panicum maximum*)

Componente	Ensilaje	
	Guinea	Elefante
<i>pH</i>	.456	.002
<i>Poblaciones Microbianas (log ufc/g)</i>		
BPAL	.269	.017
HL	.001	.002
Clostridia	.729	.345
<i>Productos de Fermentación (g/100g)</i>		
AL	.241	.121
AC	.001	.001
AL:AC	.001	.003
AP	.001	.001
AB	.008	.025
NH <sub>3</sub> -N/Total-N (RNANT)	.001	.349

## Experimento 2

### Hierba Guinea

*(Panicum maximum)*

**Inocular hierba guinea con IBMM redujo las poblaciones de hongos y levaduras después de 45 días de fermentación**

**El contenido de AC (1.8 vs .75%) y la RNANT (7.12 vs 11.84%) fue menor en el material fermentado con IBMM que en aquel sin tratar, pero el pH y el contenido de AL fue similar**



# Experimento 3

## Hierba Elefante

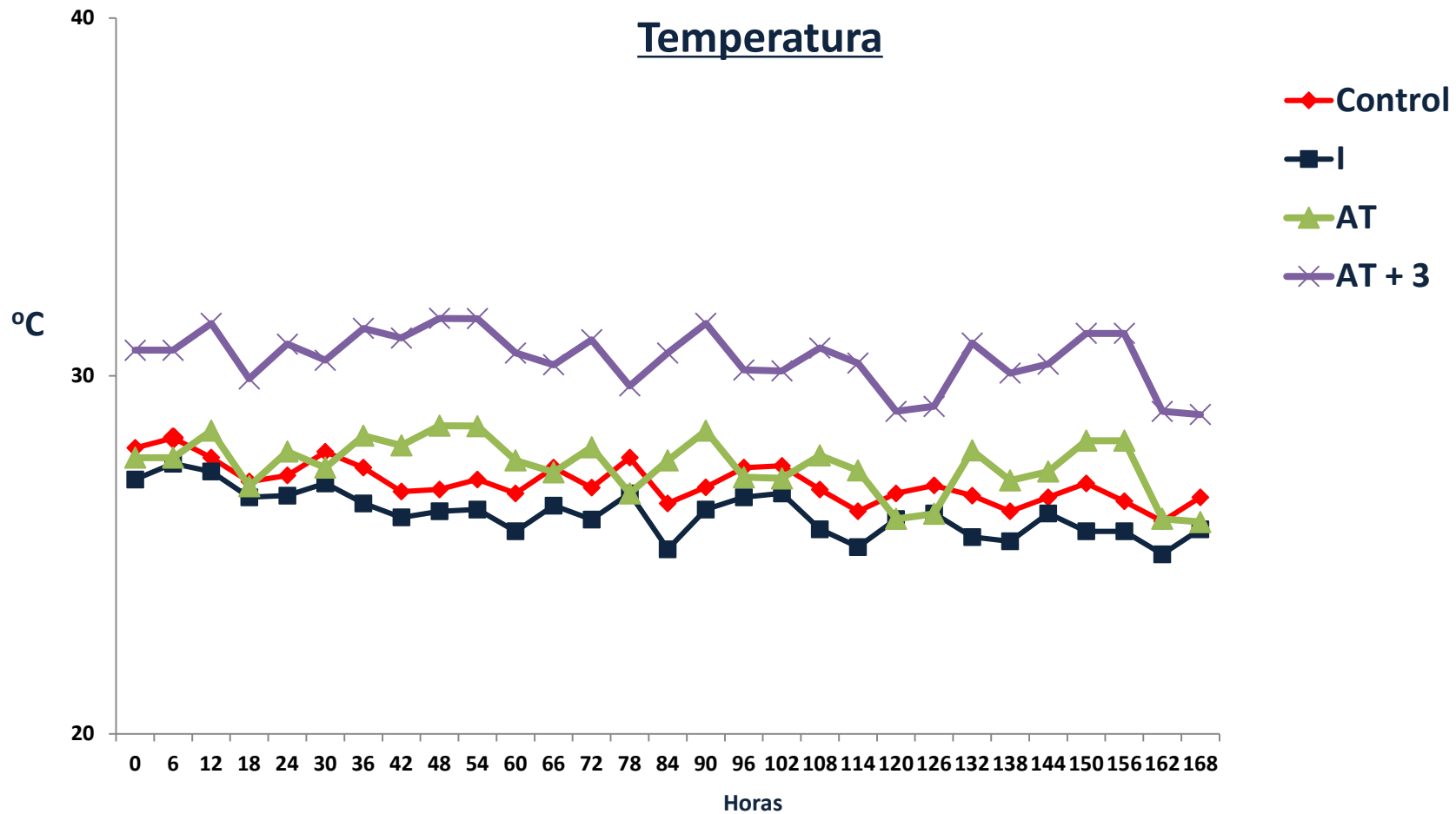
(*Pennisetum purpureum*)

**Inocular hierba elefante con IBMM aumento las poblaciones de BPAL y redujo las poblaciones de hongos y levaduras después de 45 d de fermentación**

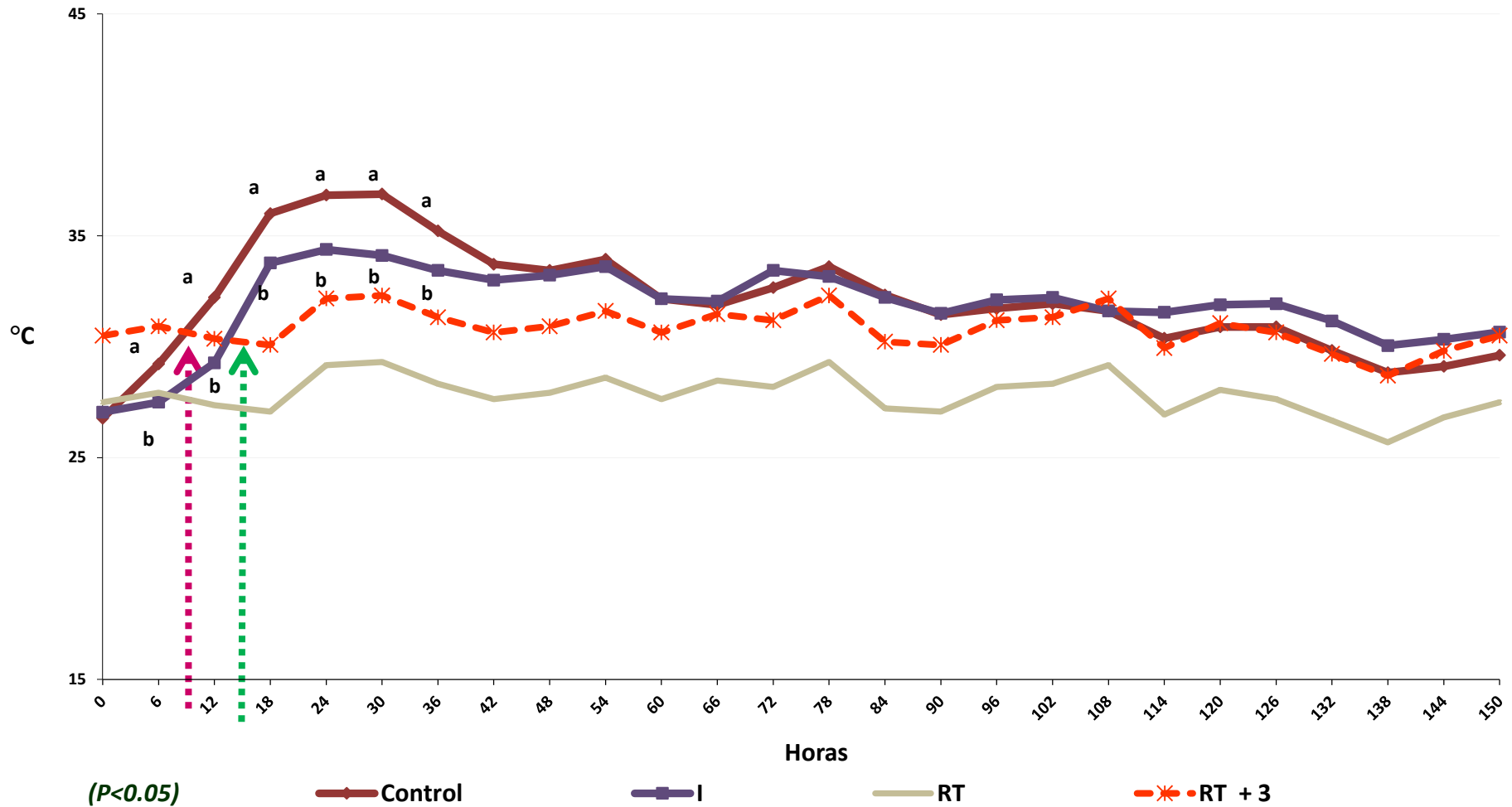
**El pH (4.67 vs 4.87) y el contenido de AC (.51 vs 1.13%) fue menor en HE tratada con IBMM que el ensilaje sin tratar, pero el contenido de AL y la RNANT fue similar.**



## Estabilidad Aeróbica de ensilaje de hierba guinea tratado con IBMM



## Estabilidad Aeróbica de ensilaje de hierba guinea Elefante con IBMM



El ensilaje con IBMM también alcanza la TA3 16 h después de expuesto al aire comparado con 8 h del ensilaje sin aditivo

# Conclusiones

**Aditivos que contienen IBH mostraron una respuesta limitada para mejorar las características de fermentación de ensilaje pastos tropicales perennes con bajo contenido de CSM (<1.0%)**

**El ensilaje de pasto tropical perenne con contenidos de CSA < de 1% es estable a las condiciones aeróbicas**

**Aditivos IBMM pueden mejorar el perfil de fermentación al disminuir el pH y el contenido de ácido acético de ensilaje pastos tropicales con contenido de CSA > 1%**

**Aditivos IBMM mejoran la estabilidad aeróbica de ensilaje pastos tropicales con contenido de CSA > 1%**