

Los cambios bioquímicos que se desarrollan durante el Beneficio del cacao

Ing.MS.Gladys Ramos Carranza

Central La Redoma, Tucaní  
Venezuela

## Cambios bioquímicos durante la Fermentación

- Cambios en la pulpa:  
**Fermentación microbiana:** Sucesión de microorganismos
- Cambios en el interior de los cotiledones  
**Fermentación enzimática:**



# La fermentación



Mucílago o pulpa

Cotiledón

Embrión

Es el proceso que comprende:

1. La transformación del mucílago que recubre la semilla a través de la acción de microorganismos (**Fermentación microbiana**)

➔ 2. Reacciones en el interior de los cotiledones controladas por enzimas. Estas reacciones desarrollan sustancias precursoras del aroma y sabores característicos de cada tipo de cacao y región geográfica :

(**Fermentación Enzimática**)



**Calidad**

# Cambios bioquímicos y físicos durante la fermentación

## Fermentación Microbiana



0-1 días



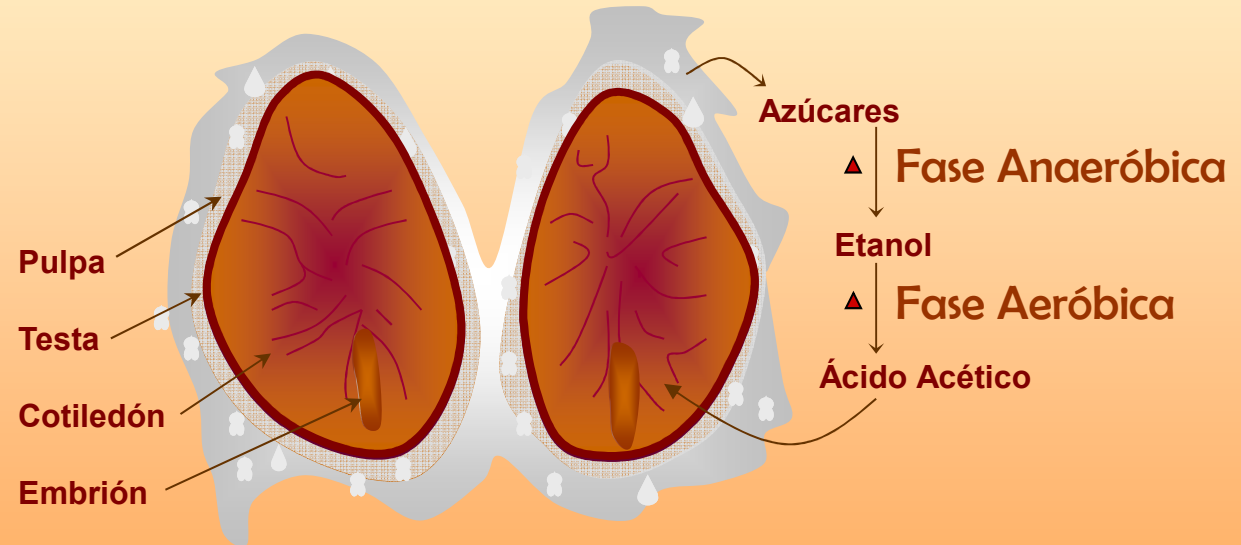
1-2 días



3-4 días



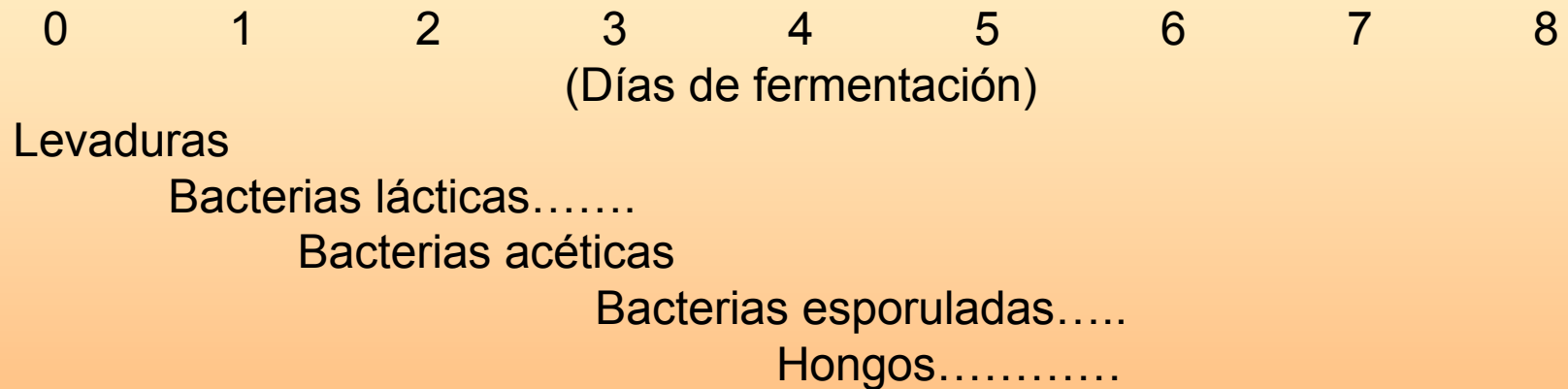
6-7 días





# Sucesión microbiana de la pulpa en cacao trinitario durante la fermentación

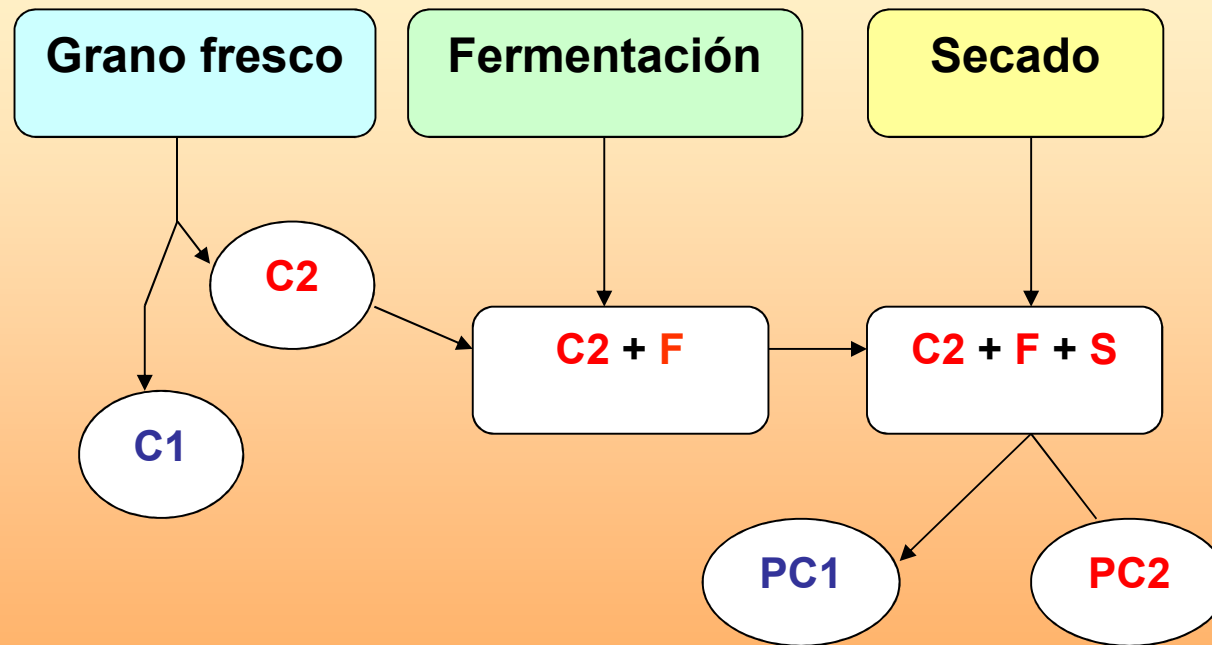
## Sucesión microbiana de la pulpa



# Influencia de la fermentación y el secado

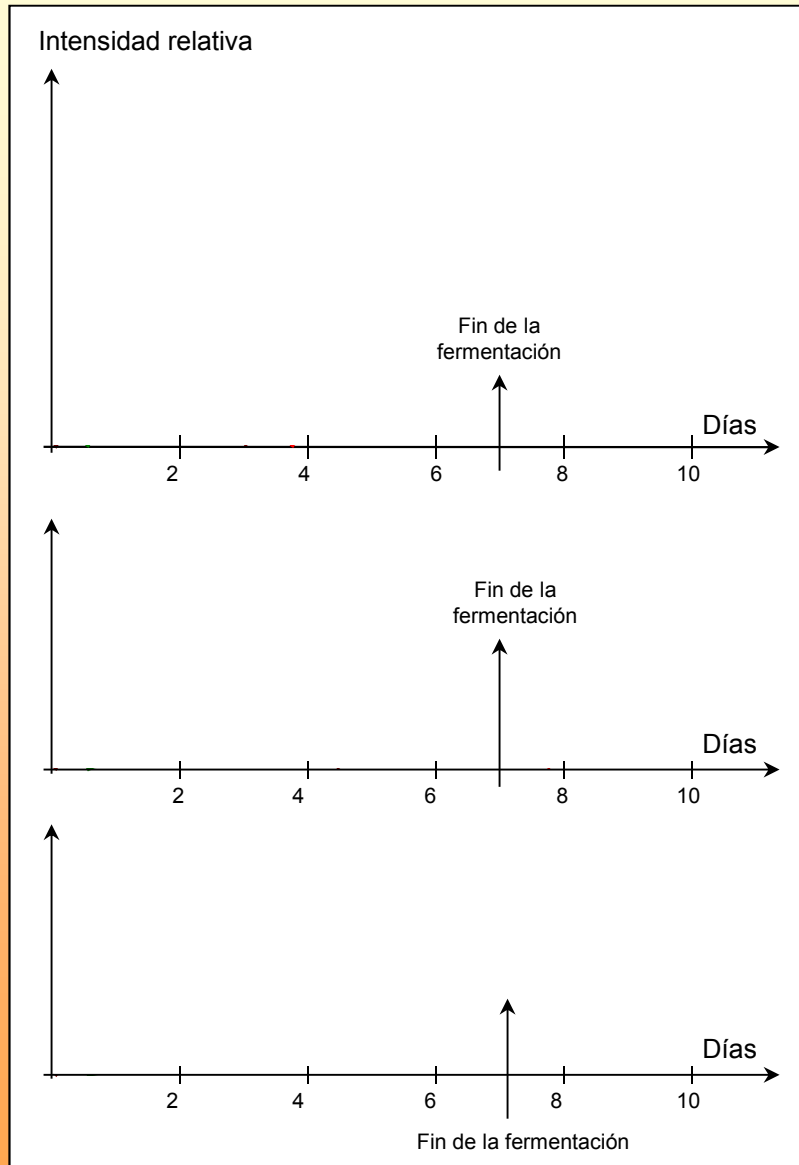
Desarrollo de una fracción volátil importante:

Precursores de aroma de origen térmico



**AROMA CACAO SECO : C1 + PC1 + PC2**

## Sucesión de microorganismos durante la fermentación de un cacao forastero (7 días)



**Aireación excesiva / volteos**

**Aireación normal / volteos**

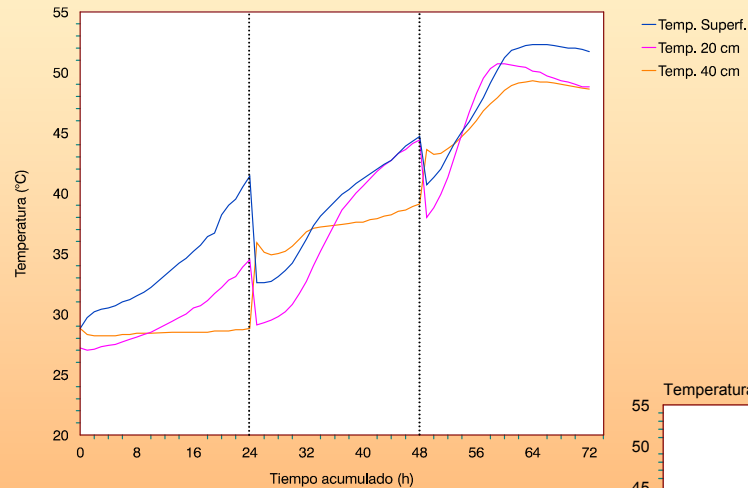
**Aireación limitada / volteos**

# Fermentación

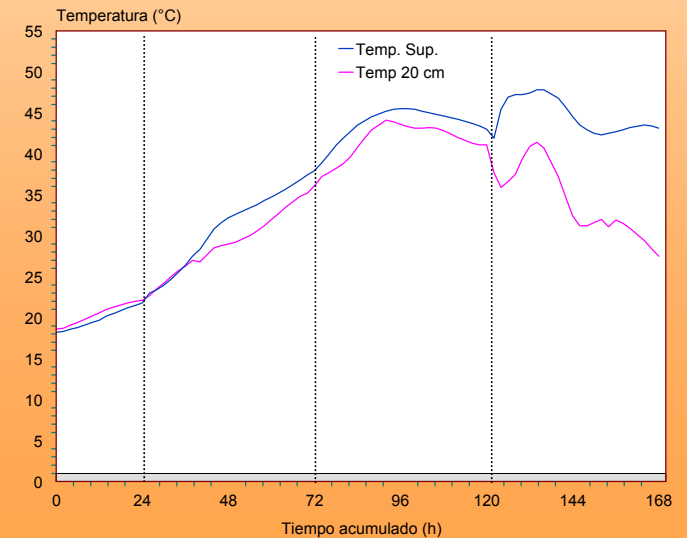
## Procesos que ocurren:

- ☀ Aumento de la temperatura por la acción de microorganismos (levaduras y bacterias), que actúan sobre los azúcares del mucílago transformándolo en alcohol y luego en ácido acético.

Cacao Criollo



Cacao Forastero

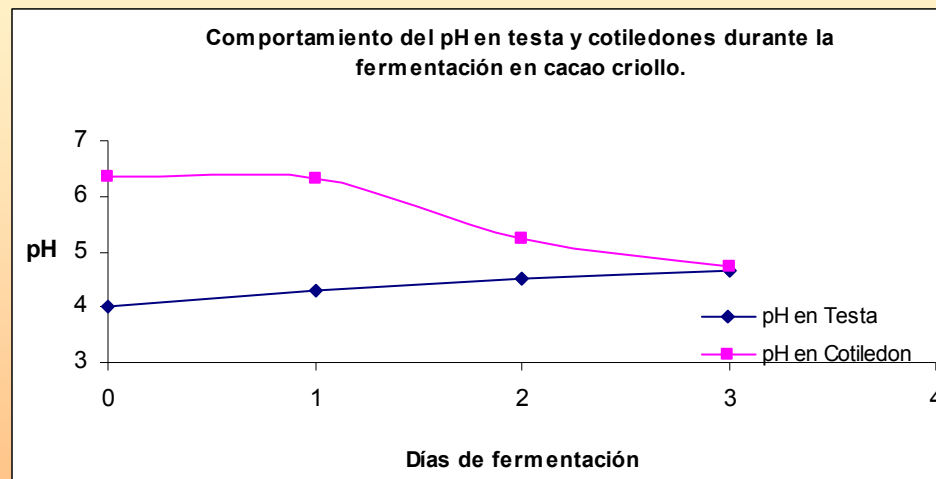




# Fermentación

## Procesos que ocurren:

- ☀ Aumento del pH de la pulpa y disminución del pH del cotiledón.



# Determinación de pH en testa y cotiledones

**Finalidad:** Determinar el momento final de la fermentación y el inicio del secado.

**Frecuencia de muestreo:** 0h, 24h, 48h, 72h, 96h,

**En cotiledones:** Se toman 10 gramos de almendras ( 5 almendras), se les quita la testa y se colocan los cotiledones en un beacker de 200 ml de capacidad. Se le colocan 100 cc de agua destilada, se licuan, se filtra y se mide el pH.

**En testa:** Se colocan las testas de las almendras anteriores en un beacker de 100 ml de capacidad y se agregan 50 cc de agua destilada, se licúan se filtra y se procede a medir el pH.



# Fermentación

Procesos que ocurren:

- ✿ Anillo periférico color pardo.



# Fermentación microbiana (1ero y 2do día)

## Fase anaeróbica

Levaduras 90%

(Desasimilación del  
Ácido cítrico de la pulpa)

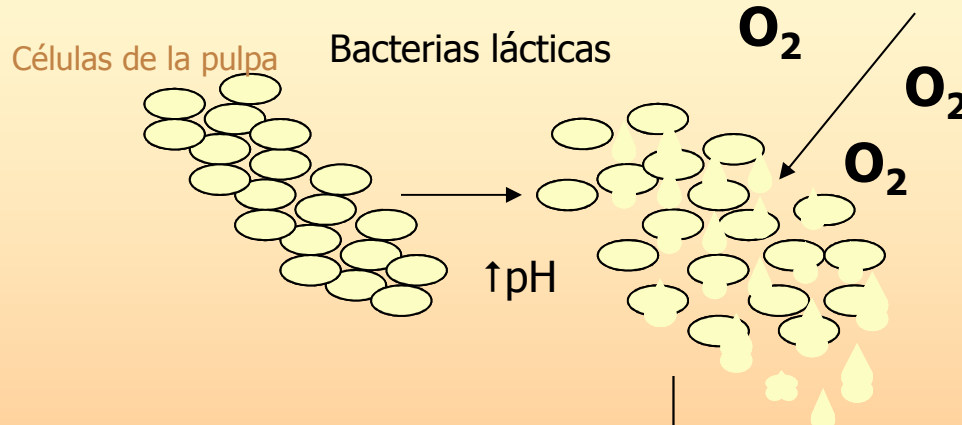
Desarrollo de bacterias  
lácticas > Concent. CO<sub>2</sub>

### Flora (Zona geograf)

Levaduras

Bacterias lácticas

Células de la pulpa



pH ~ 5 Se activan las

*Bacterias Aerobacter*

Desdoblamiento  
de proteínas

Amoníaco y aminas



Resíduos de  
ácido acético

↑pH

Alcohol etílico

40-45C

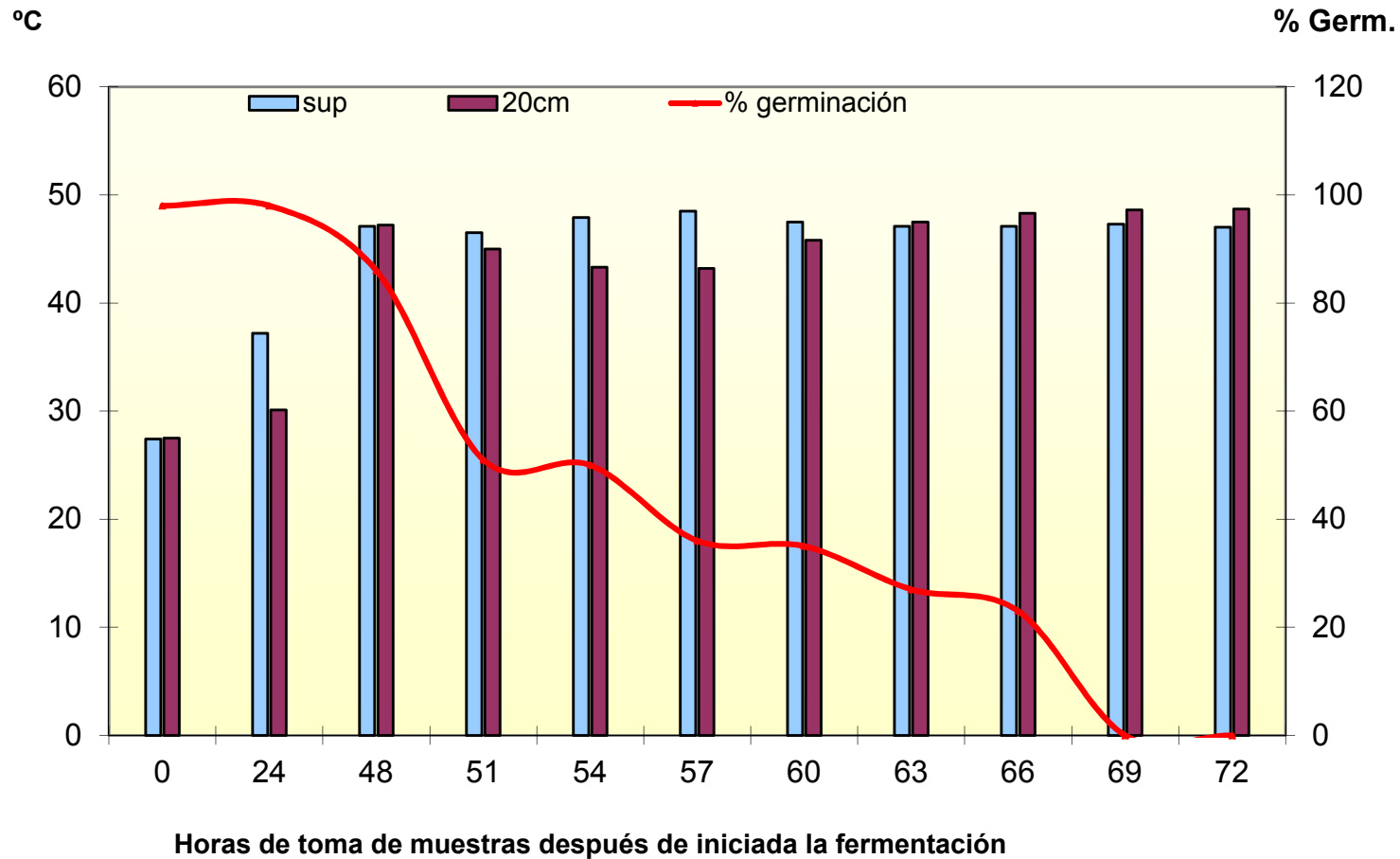
Ácido acético

**Bacterias acéticas  
inactivadas**

Oxidación

**Muerte del embrión**

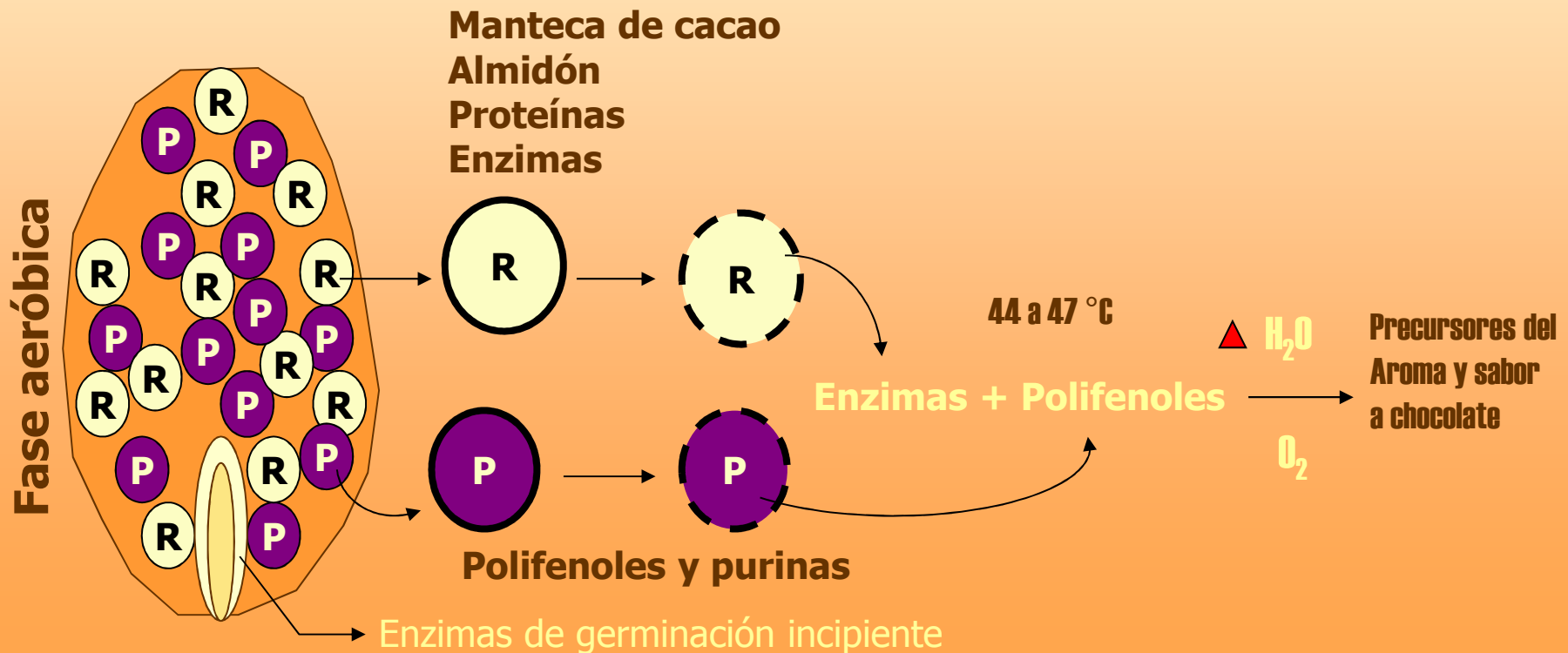
## Determinación de la muerte del embrión en almendras de cacao durante la fermentación



Después de la muerte del embrión (48 a 72 h), la masa debe permanecer a 46°C x 24 h por lo menos, para minimizar la cantidad de almendras violeta.

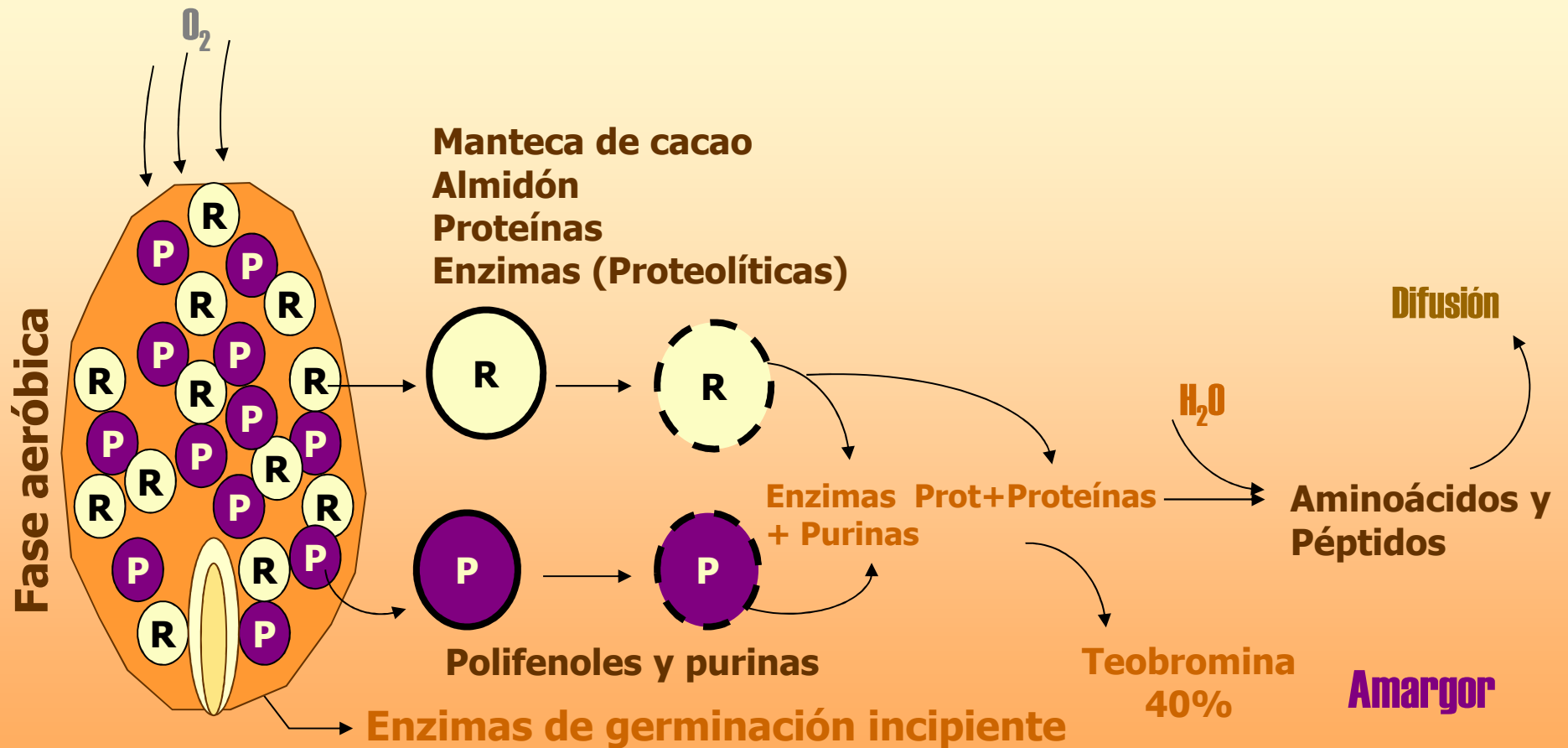
# Fermentación (3er día)

Equilibrio entre levaduras y bacterias del ácido acético.

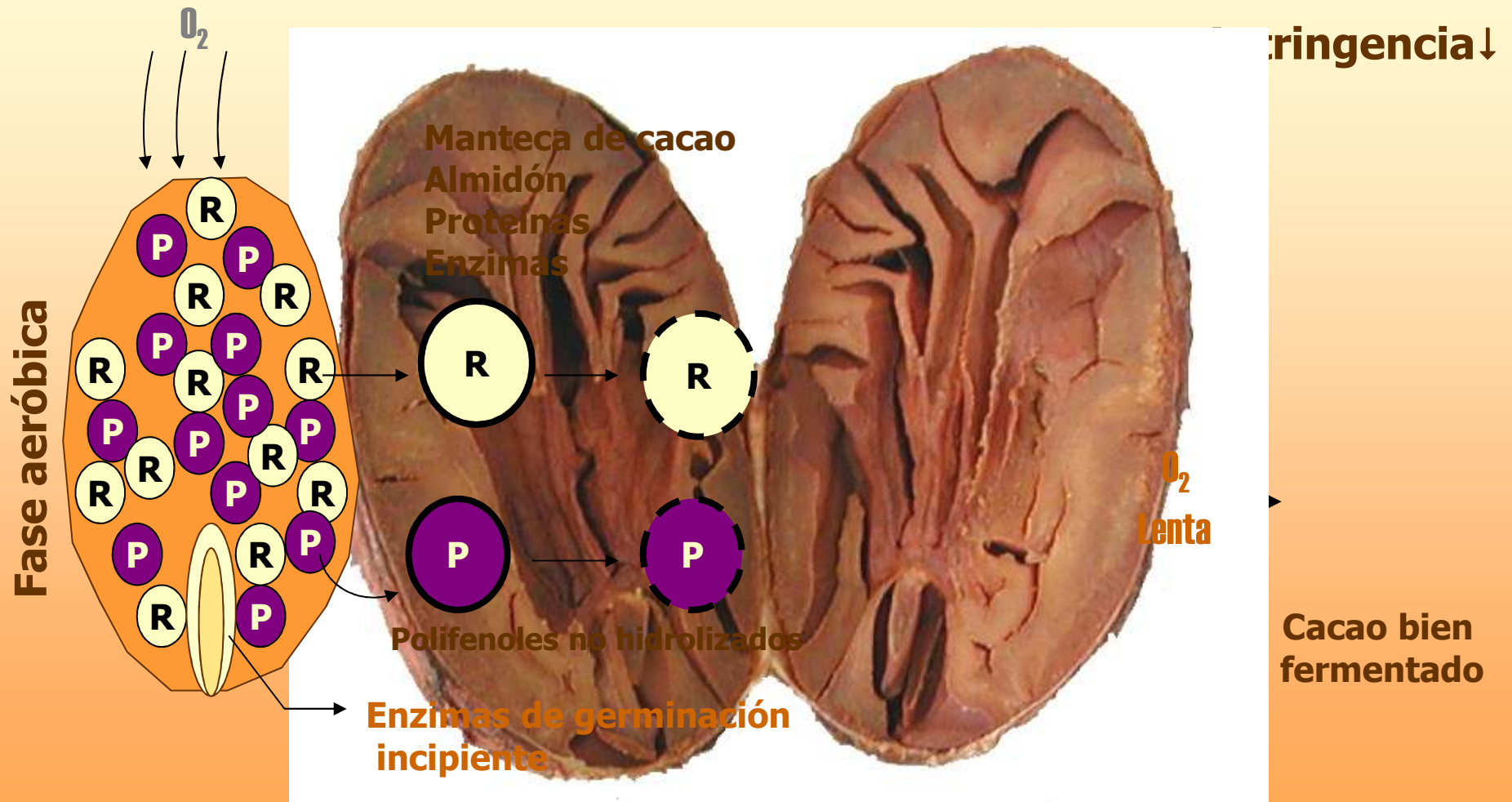




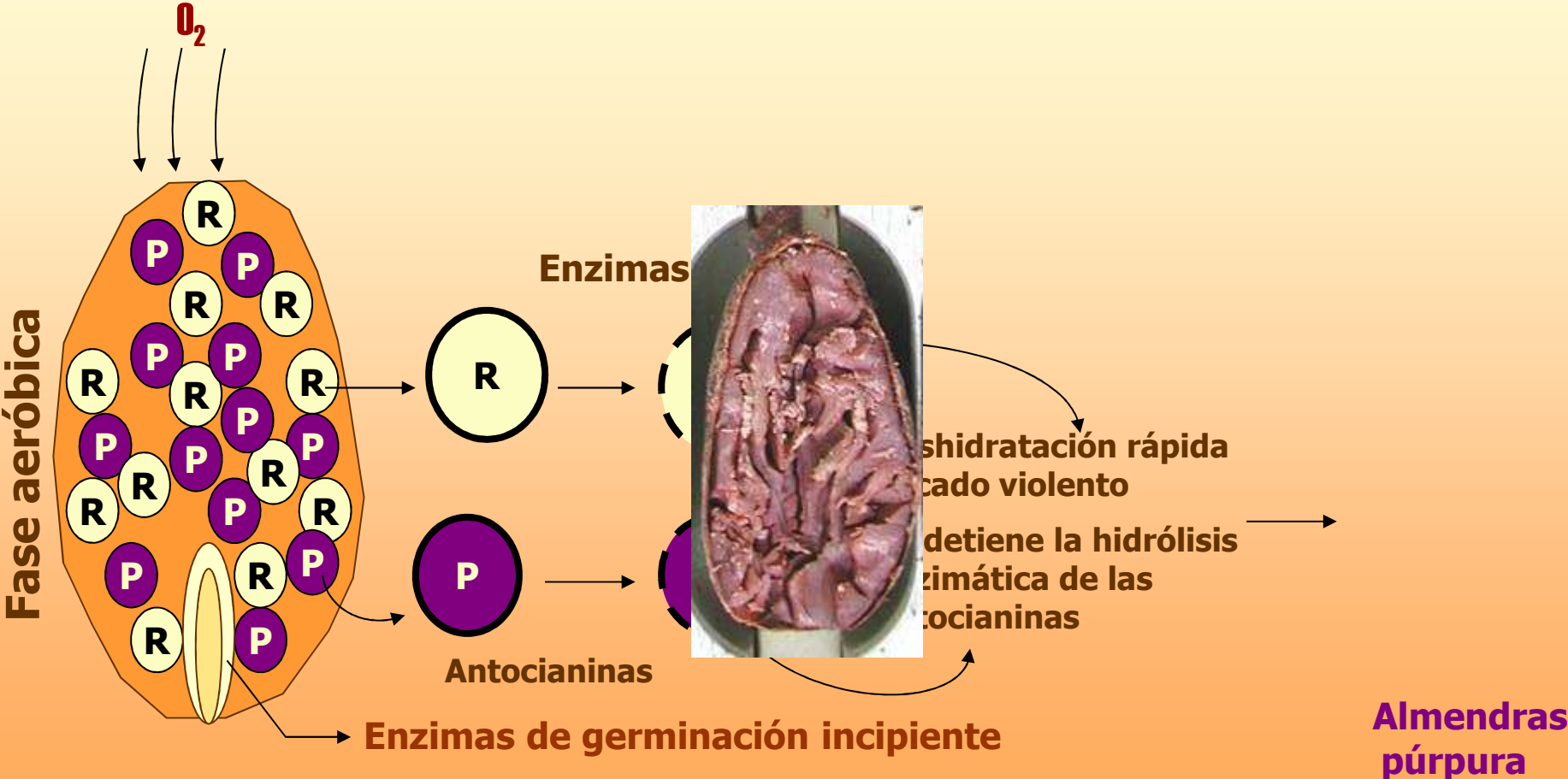
# Fermentación (3er día)



# 3er día de Fermentación y 1er día de Secado



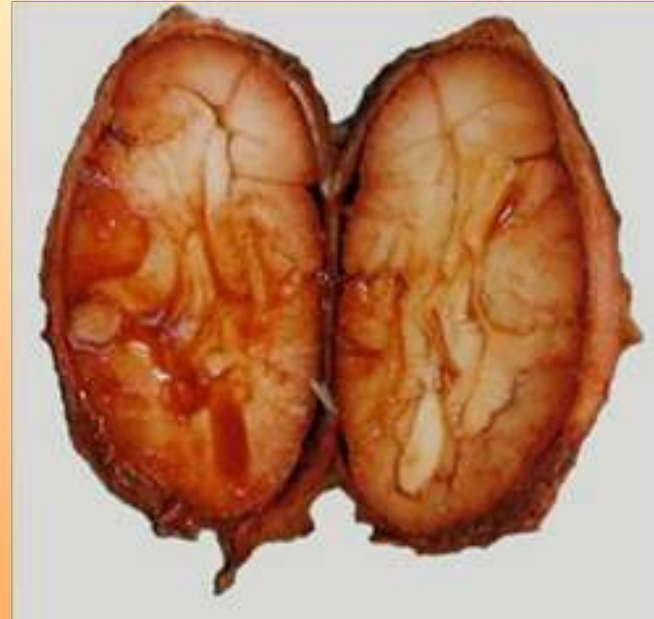
# 3er día de Fermentación y 1er día de Secado para un cacao Criollo



# Fermentación

## Procesos que ocurren:

- ✿ Acumulación de líquido color vino o pardo oscuro, en el interior de las almendras



# Fermentación

## Procesos que ocurren:

- ☀ Cambio de color en los cotiledones (pardeamiento) y en el mucílago.





## Cambios en el mucílago (Cacao Nacional)

0 horas



Color: Blanco, coco tierno  
Olor: Guaba, dulce

24 horas



Color: Melón y crema.  
Olor: Cerveza

48 horas



Color: Guayaba rosa  
Olor: alcohol

72 horas



Color: Rosado con gris  
Olor: Yogurt

120 horas



Color: Tamarindo oscuro  
Olor: Suave

96 horas



Color: Tamarindo maduro  
Olor: Suave



# Cambios bioquímicos durante el secado

## Enzimas importantes durante el secado:

**Polifenoloxidasas**, se encuentran en las células de reserva del cotiledón, en el embrión y en el tejido conjuntivo blanco que encuentra entre el embrión y el cotiledón. Ejerce una acción desactivadora sobre las enzimas proteolíticas.

**Máximo efecto:** Fases iniciales del Secado, cuando el aire puede llegar a los cotiledones por difusión a través de la testa. Cuando la mayoría de las enzimas han sido inactivadas, aún el 20% de la polifenol-oxidasas está activa.



# Cambios bioquímicos durante el secado

**Enzimas proteolíticas:** Actúan sobre las proteínas desdoblándolas, liberando aminoácidos y péptidos, los cuales son responsables de los precursores de aroma que se detectan durante la torrefacción.

Los productos de esta degradación se pierden por difusión, pero el desdoblamiento de proteínas es más rápido que la velocidad de difusión, lo que origina la formación de compuestos nitrogenados solubles. Las proteínas vegetales, al tostarse con glucosa, generan sabores desagradables.

Las enzimas proteolíticas actúan principalmente durante la fase anaeróbica y si se inicia el Secado antes de culminar esta fase, resulta perjudicial .

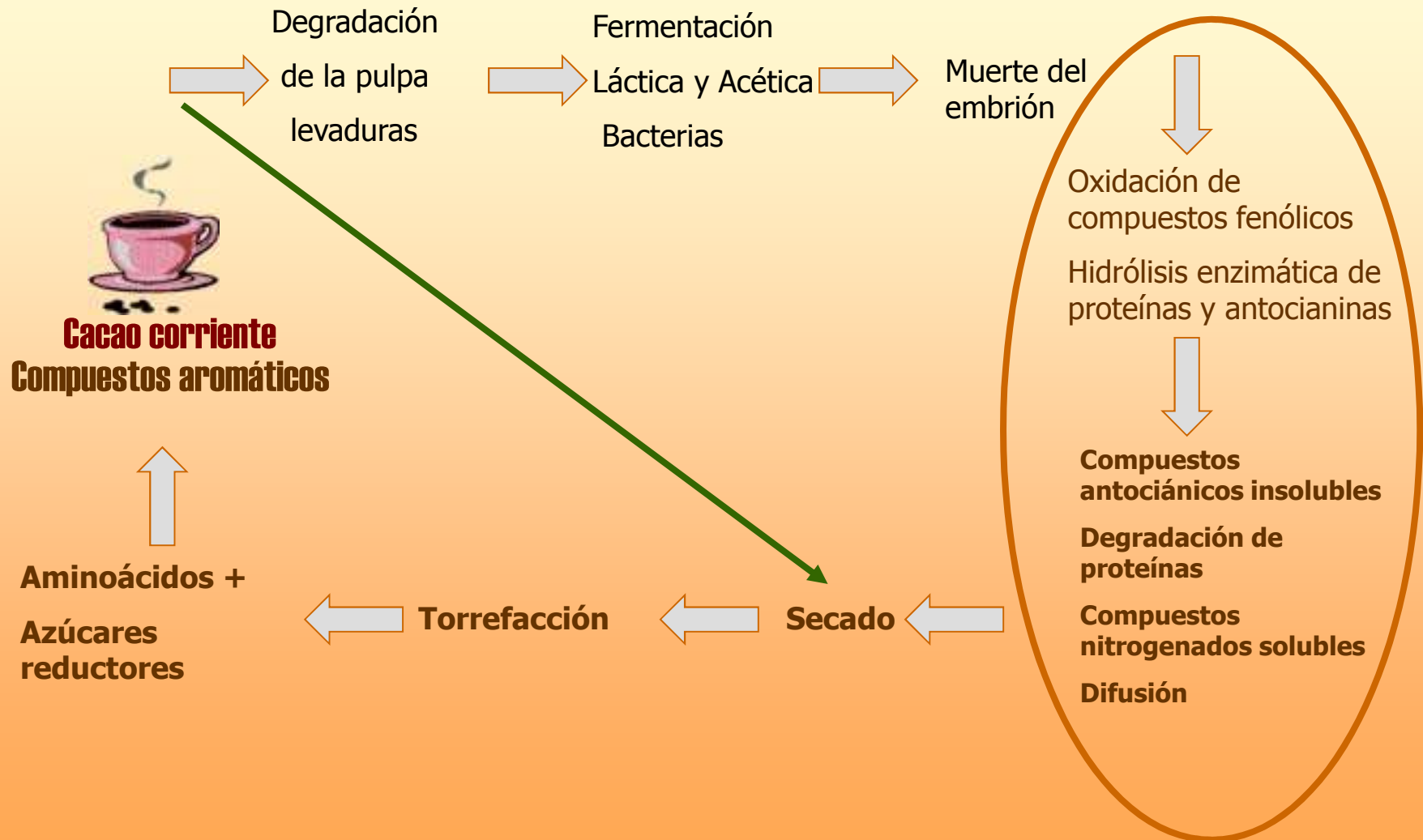
Alto contenido de Proteínas



**Baja Calidad**



# Beneficio Postcosecha



## Cambios físicos durante la fermentación y el secado en un cacao criollo.

Cambios físicos	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Final del secado
Temperatura °C	27	32	46	51	32
% Humedad	100	80	60	52	6-8
Aspecto de los cotiledones/ color	Normal/ blancos	Globosos/ blancos	Globosos Líquido pardo o vino/anillo pardo	Hinchados / anillo periférico pardo	Agrietados/ marrón
Aspecto de la testa	Gruesa adherida al cotiledón	Pastosa adherida al cotiledón	Anillo periférico pardo	Anillo pardo	Marrón óxido
Color y aspecto del mucílago	Blanco	Rosado	Rosado a pardo degradado	Rosado cremoso macerado	Pardo oscuro, seco
Flora microbiana	Levaduras 90%	Bacterias lácticas y levaduras	Bacterias acéticas	Bacterias acéticas	
% germinación	100	100-95	95-50	50-10	0

## Cambios químicos durante la fermentación y el secado en un cacao criollo.

Cambios químicos	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Final del secado
pH en testa	3	3,5	4,5	5,0	5,0
pH en cotiledones	6	5,5	5,3	5,0	5,0
Azúcares total mg glucosa/gm	55	50	45	35	25
Teobromina %	1,70	1,60	1,40	1,30	ND
Cafeína %	1,1 – 0,95	0,95 – 0,85	0,80 – 0,75	0,75 – 0,65	ND
Polifenoles mg ácido gálico/gm	60	50	40	30	28
Proteínas %	100				15

gm = gramo de muestra

## Cambios organolépticos durante la fermentación y el secado en almendras de un cacao criollo.

Cambios organolépticos	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Final secado
Aspecto	Fresco		Mucílago escaso	Hinchado	Globoso
Olor	Dulzón Flores, frutas	Alcohol, frutas fermentadas	Vinagre	Agrio, o fermento	Cacao
Sabor	Amargo y astringente	Amargor moderado Acidez moderada	Amargor moderado Acidez moderada	Amargor ligero Acidez suave	Panela Malta Nueces Caramelo
Textura	Compacta	Algo húmedo		Suave	Agrietado
Color cotiledones	Blancos	Blancos	Anillo pardo que migra al interior	Anillo pardo que migra al interior	Rosado, crema y escaso



## Compuestos de Piracinas

## Atributos de sabor



2-Methylpyrazine	Nuez, cacao, chocolate
2,5-Dimethylpyrazine	Cacao, nueces tostadas y flores silvestres
2,3-Dimethylpyrazine	Caramelo, nueces, verde, dulce, malta y chocolate
2-Ethyl-6-methylpyrazine	Mantequilla, nueces, verde, papas tostadas
2,3,5-Trimethylpyrazine	Cacao, nueces tostadas y maní
3-Ethyl-2,5-dimethylpyrazine	Aroma de maní tostado
2,3,5,6-Tetramethylpyrazine	Cacao, chocolate, café, almendras tostadas
2,3,5-Trimethyl-6-ethylpyrazine	Aromas de maní tostado y cacao

(Source: Leffingwell & Associates, 1999 and Bonvehí, 2005)



## Compuestos volátiles

2-Pentanone  
Propanoic acid  
Acetoin (3-Hydroxy-2-butanone)  
2-Pentanol  
Ethyl propionate  
n-Propyl acetate  
3-Methyl-1-butanol  
2-Methyl-1-butanol  
Isobutyric acid  
dl-sec-Butyl acetate  
2,3-Butanediol  
2-Methylpropyl acetate  
(2S,3S)-(+)-2,3-Butanediol  
Propyl-propanoate  
1,3-Propanediol  
3-Methyl-butanoic acid  
2-Methylbutyric acid

## Atributos de aroma

Acetona  
Pungente, rancio  
Mantequilla, crema  
Verde  
Jugo de frutas, ron  
Frutas, perfume  
Whisky, malta, burnt  
Malta  
Rancio, mantequilla, queso  
Olor afrutado  
Olor a frutas frescas  
Afrutado, manzanas, cambures  
?  
Afrutado, piña  
?  
Pungente, olor dulzón,  
Ácido, queso, pungente, dulce

## Cambios en los compuestos de semillas de cacao durante la fermentación y el secado.\*

Grupo de compuestos	Cantidad antes de la fermentación (%)	Cantidad después de la fermentación y secado (%)	Cambios causados principalmente	
			Durante la fermentación	Durante el secado
Antocianinas		↓ 12%	Exudación, hidrólisis, blanqueamiento	Oxidación
Catequinas y Leucocianidinas		↓ 30%	Exudación, oligomerización	Oxidación Polimerización
Purinas: Teobromina, cafeína, teofilina		↓ 85%	Exudación	
Proteínas		↓ 15%	Proteólisis	Quinonas "tannage"
Oligopéptidos y Aminoácidos		↑ 87%	Exudación proteólisis	Reacción con quinonas, Reacción de Maillard
Azúcares		↓ 64%	Exudación, absorción de la pulpa	Reacción de Maillard
Actividad enzimática (proteasas, glicosidasas)		↓ 4%	Proteólisis, inactivación por calor	
Polifenoloxidasa		↓ 12%	Proteólisis, inactivación por calor	Reacción con quinonas
Ácidos orgánicos (ácido acético, ácido láctico)		↑	Intercambio con la pulpa en fermentación	Degradación microbial, evaporación



*Gracias por su atención*