



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



**Evaluación del proceso de Poscosecha: secados, fermentación y características según sus variedades y su incidencia en el contenido de cadmio del cacao**

**Autora: Thalia Mercedes Avila Aguilar**

**Tutora: Ph.D. Neira Mosquera, Juan Alejandro**

**Cotutor: Ph.D. Sánchez Llaguno, Sungey Naynee**

Santo Domingo, Ecuador  
2022

# INTRODUCCIÓN



*Theobroma cacao*



Área de cultivo: zona  
Incurción en el Mercado



**Poscosecha**



Recolección  
Fermentación  
Secado



Secadora  
Cemento  
Asfalto



Cascada  
Yute  
Sin fermentar



- Origen .
- Repercusión en la salud
- Niveles máximo UE



Grasa  
Humedad  
Grado de  
Fermentación  
pH

## Objetivo General

Evaluar el proceso de Poscosecha: secados, fermentación y características según sus variedades y su incidencia en el contenido de cadmio del cacao.

## Objetivos Específicos

Establecer la influencia de diferentes métodos de fermentación en cacao en la calidad de almendras de cacao.

Estudiar la influencia de diferentes métodos de secado en las características físico-químicas de almendras de cacao.

Establecer la presencia de cadmio en pasta de cacao considerando la zona de producción, variedades y dos métodos de secado.

Determinar la relación mediante medidas de producción de materiales de cacao considerando dos zonas y dos variedades.

# Hipótesis (Puerto Quito-Buena Fe)

## Hipótesis Nula



- Las diferentes variedades no influyen sobre características físico-químicas del cacao.
- Los diferentes métodos de fermentación no influyen sobre características físico-químicas del cacao.
- Los diferentes métodos de secado no influyen sobre características físico-químicas del cacao.

## Hipótesis Alternativa



- Las diferentes variedades influyen sobre características físico-químicas del cacao.
- Los diferentes métodos de fermentación influyen sobre características físico-químicas del cacao.
- Los diferentes métodos de secado influyen sobre características físico-químicas del cacao.

# Hipótesis –Contenido de cadmio

## Hipótesis Nula



- Las diferentes zonas de estudio no influyen en el contenido de cadmio en el cacao.
- No hay inhibición de microorganismos patógenos.
- Las variedades no influyen en el contenido de cadmio en el cacao..
- Los diferentes métodos de secado no influyen en el contenido de cadmio en el cacao.

## Hipótesis Alternativa



- Las diferentes zonas de estudio influyen en el contenido de cadmio en el cacao.
- Las variedades no influyen en el contenido de cadmio en el cacao.
- Los diferentes métodos de secado influyen en el contenido de cadmio en el cacao.

# Hipótesis mediad de producción

## Hipótesis Nula



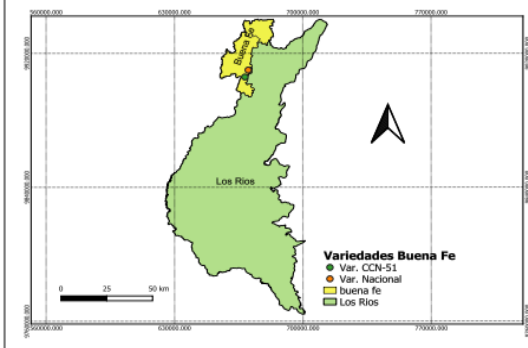
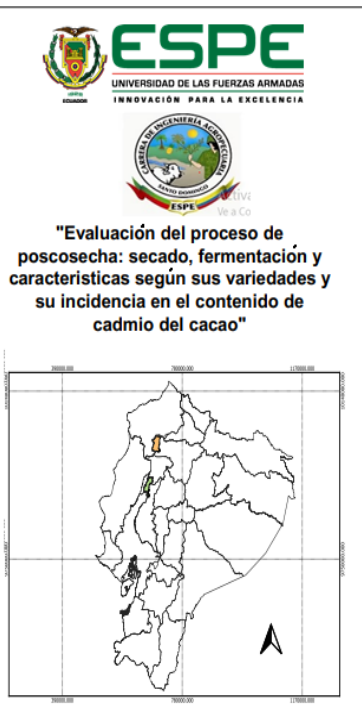
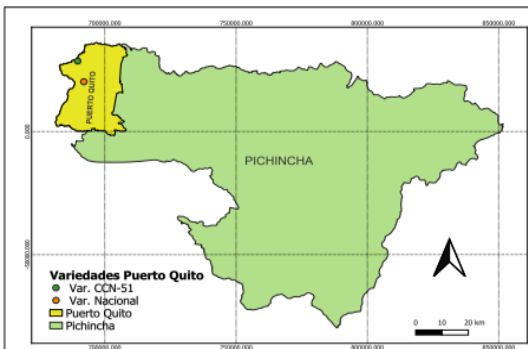
- Las diferentes zonas de estudio no influyen en las medidas de producción de diferentes variedades de cacao.
- Las diferentes variedades de cacao no influyen en las medidas de producción de diferentes zonas.

## Hipótesis Alternativa



- Las diferentes zonas de estudio influyen en las medidas de producción de diferentes variedades de cacao.
- Las diferentes variedades influyen en las medidas de producción de diferentes zonas.

# MATERIALES Y MÉTODOS



## Ubicación política



**País:** Ecuador  
**Provincia:** Pichincha  
**Cantón:** Los Ríos  
Puerto Quito  
Buena Fe

## Ubicación ecológica

Cantón	Altitud	Temperatura	Precipitación Anual	Humedad
<b>Puerto Quito</b>	135 msnm	24.5 °C	2 127 mm	94 %
<b>Buena Fe</b>	102 msnm	25.6°C	1 585 mm	85 %

## Diseño Experimental

Factores	Niveles
Factor A	A0=Nacional A1=CCN-51
Factor B	B0=Cascada B1=Yute B2= Sin Fermentar
Factor C	C0=Secadora C1=Cemento C2=Asfalto

**Diseño AXBXC con tres réplicas**

**Análisis funcional**  
Prueba de significancia de  
Tukey al 5% ( $p < 0.05$ )

Factores	Descripción
A0B0C0	Nacional-Cascada-Secadora
A0B0C1	Nacional-Cascada-Cemento
A0B0C2	Nacional-Cascada-Asfalto
A0B1C0	Nacional-Yute-Secadora
A0B1C1	Nacional-Yute-Cemento
A0B1C2	Nacional-Yute- Asfalto
A0B2C0	Nacional-Sin Fermentar-Secadora
A0B2C1	Nacional-Sin Fermentar-Cemento
A0B2C2	Nacional-Sin Fermentar-Asfalto
A1B0C0	CCN-51-Cascada-Secadora
A1B0C1	CCN-51-Cascada-Cemento
A1B0C2	CCN-51-Cascada-Asfalto
A1B1C0	CCN-51-Yute-Secadora
A1B1C1	CCN-51-Yute-Cemento



# MATERIALES Y MÉTODOS

## Diseño Experimental

Factores	Niveles
Factor A	A0=Puerto Quito A1=Buena Fe
Factor B	B0=Nacional B1=CCN-51
Factor C	C0=Secadora C1=Asfalto

**Diseño AXBXC con tres réplicas**

**Análisis funcional**  
Prueba de significancia de  
Tukey al 5% ( $p < 0.05$ )

Factores	Descripción
A0B0C0	Puerto Quito-Nacional-Secadora
A0B0C1	Puerto Quito-Nacional-Asfalto
A0B1C0	Puerto Quito-CCN 51-Secadora
A0B1C1	Puerto Quito-CCN 51-Asfalto
A1B0C0	Buena Fe-Nacional-Secadora
A1B0C1	Buena Fe -Nacional-Asfalto
A1B1C0	Buena Fe -CCN 51-Secadora
A1B1C1	Buena Fe -CCN 51-Asfalto

## Diseño Experimental

Factores	Niveles
Factor A	A0=Puerto Quito A1=Buena Fe
Factor B	B0=Nacional B1=CCN-51

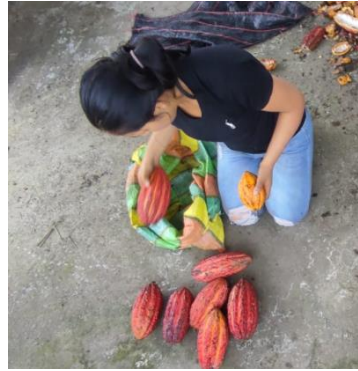
Factores	Descripción
A0B0	Puerto Quito-Nacional
A0B1	Puerto Quito- CCN 51
A1B0	Buena Fe-Nacional
A1B1	Buena Fe- CCN 51

**Análisis funcional**  
Prueba de significancia de  
Tukey al 5% ( $p < 0.05$ )

**Diseño AXB con cuatro réplicas**

# MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección y clasificación de mazorcas



Total peso almendras



Método de fermentación

Cascada



Sacos de yute



Sin fermentar



# MATERIALES Y MÉTODOS

## Método de secado



## Secado



## Cemento



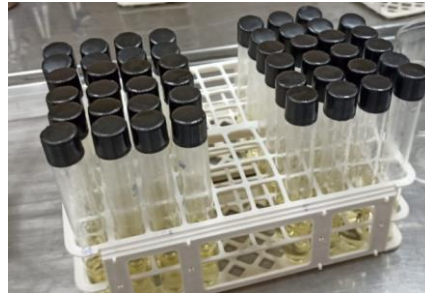
## Asfalto



## Tostado



## Siembra en petrifilm y conteo de UFC de microorganismos



### Humedad



### Proteína



### Grasa



### pH



### Acidez



# RESULTADOS

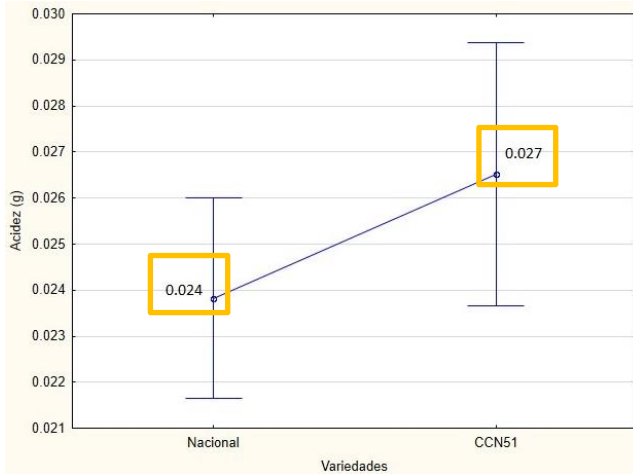
## Puerto Quito

## Factor A (variedades)



Monar Oscar      Chica & Sanchez      Lara Víctor      Avila Thalia

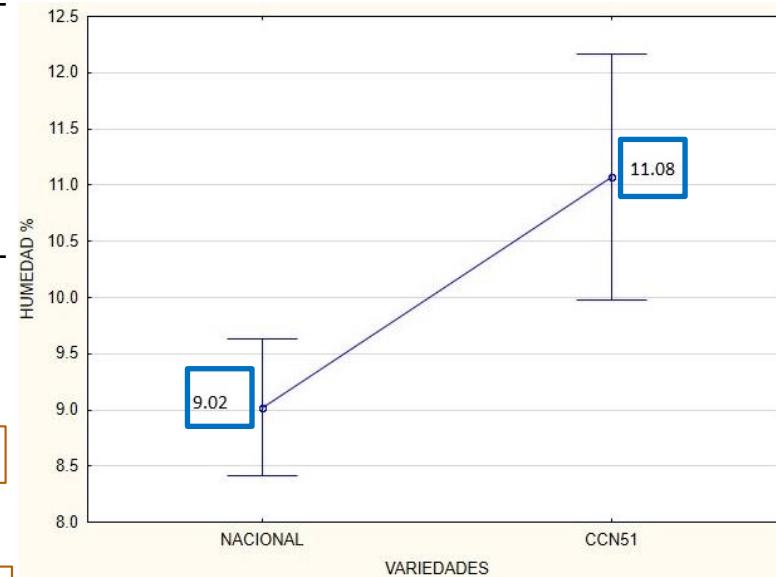
	CCN-51	5.19	6.35	5.73	5.74
pH	Nacional	5.30	6.07	6.79	6.49
	CCN-51	16.86	13.51	11.79	11.14
Proteína	Nacional	14.11	12.59	13.01	11.56



**Norma INEN 176**

**Amorim 2017 (0.060)**

**Norma INEN 620-2**



# RESULTADOS

## Puerto Quito

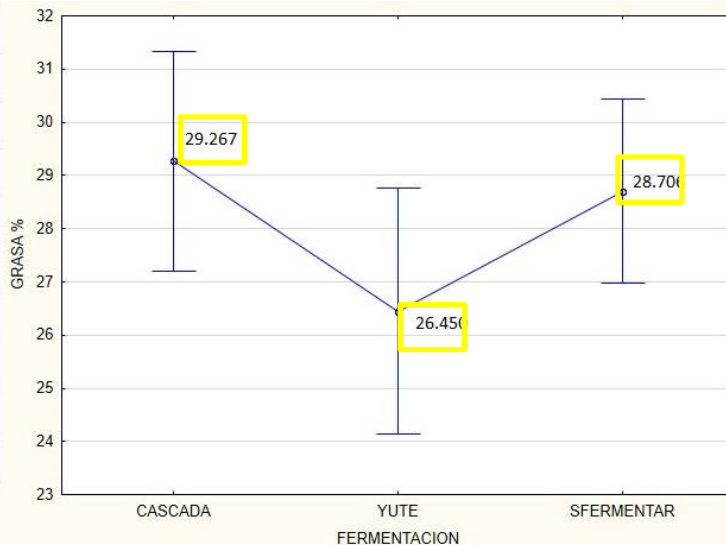
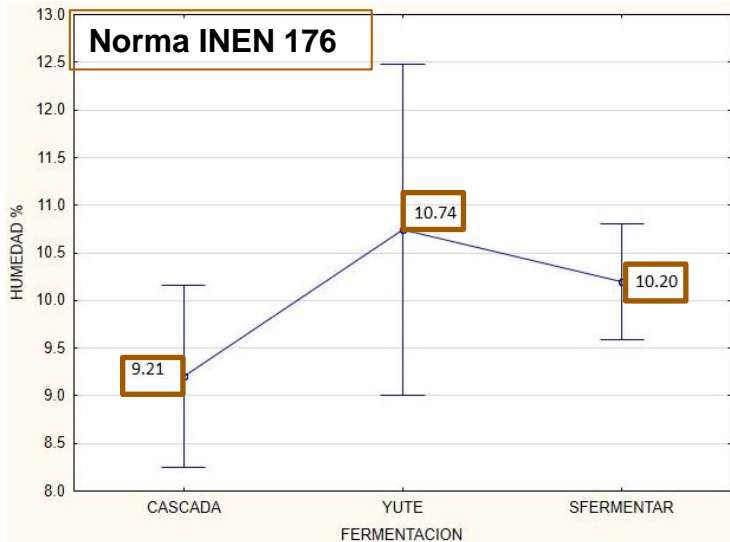
## Factor B (Método fermentación)

	C&S pH	Avila pH	C&S Proteína	Avila Proteína
Cascada	6.27	6.12	13.61	11.002
Yute	6.39	6.22	14.93	12.14
Sin Fermentar	5.97	6.00	10.61	11.06

- Cacaos forasteros= 6 días
- Cacao fino= 3-4 días
- Cacao "Arriba"= 15 a 24 horas

Métodos	Acidez
Cascada	0.023 A
Yute	0.022 A
S fermentar	0.030 B

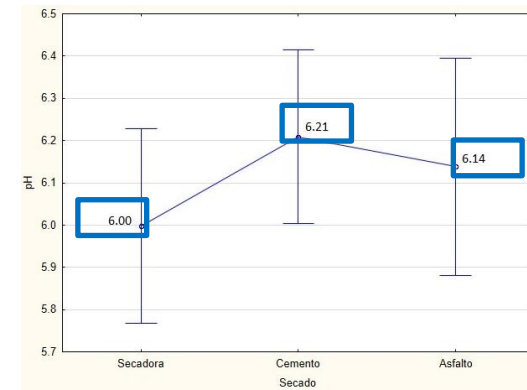
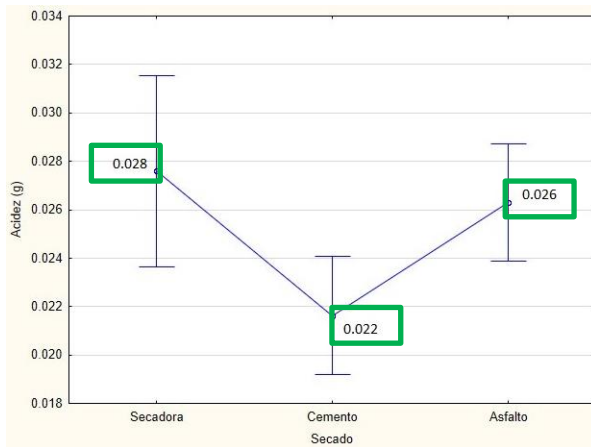
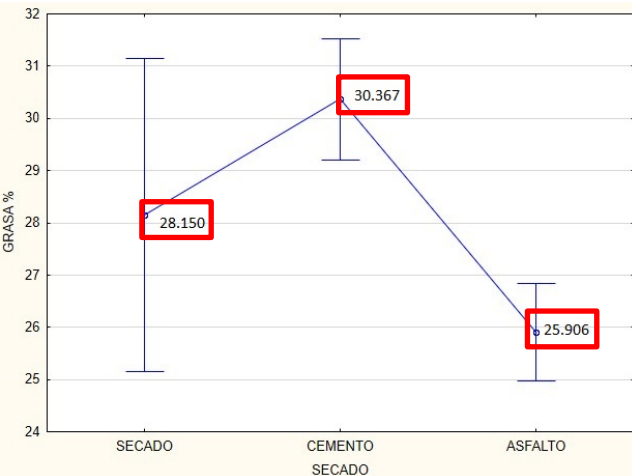
### Norma INEN 620-2



# RESULTADOS

## Puerto Quito

## Factor C (Método secado)

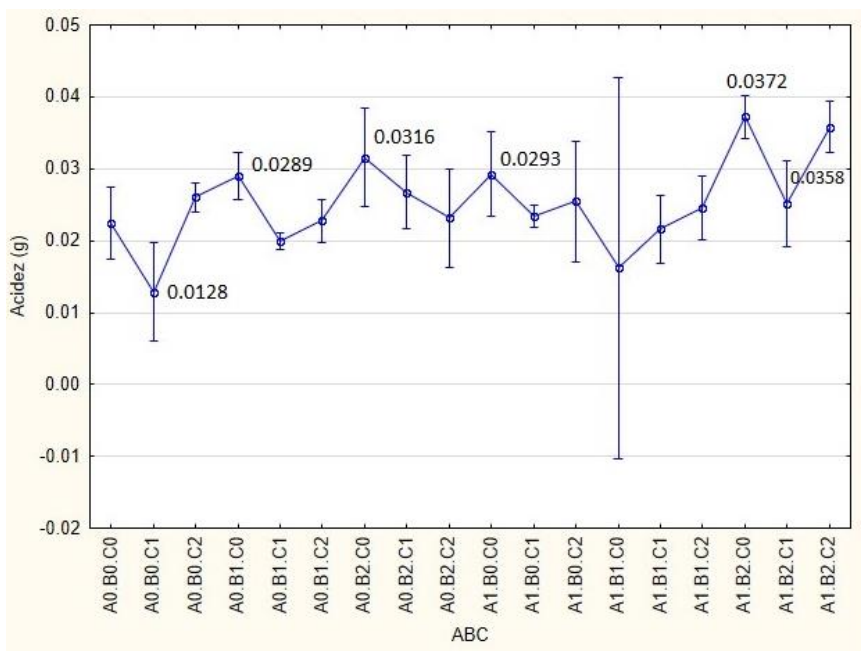


Contenido de grasa es sometiendo a un tostado por más de 30 minutos, con una temperatura no más de 50 °C.

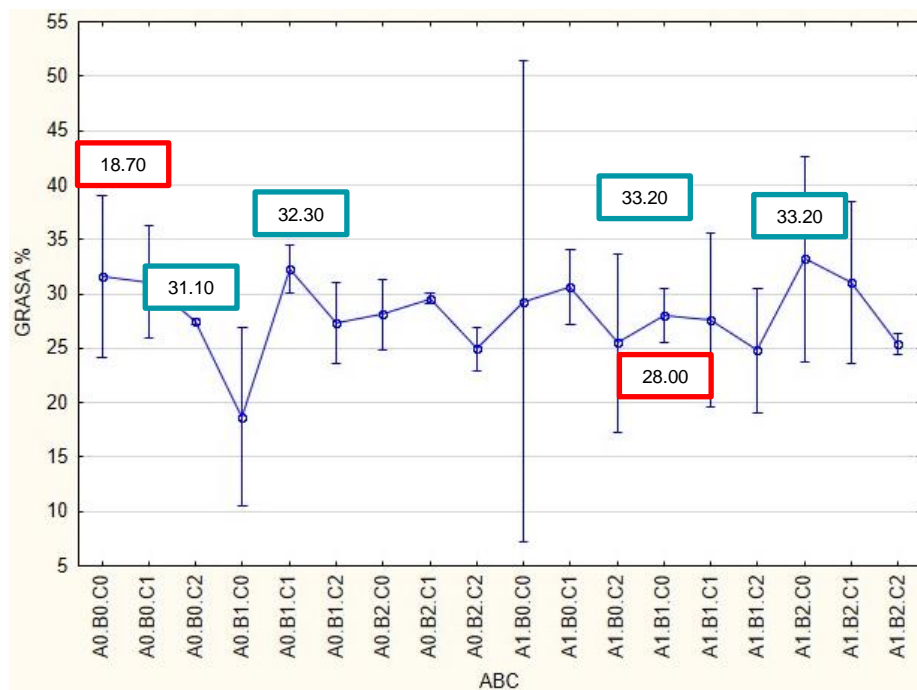
Método de Secado	Lara pH	Vega pH
Secadora	6.18	
Cemento	6.12	6.77
Asfalto		6.09



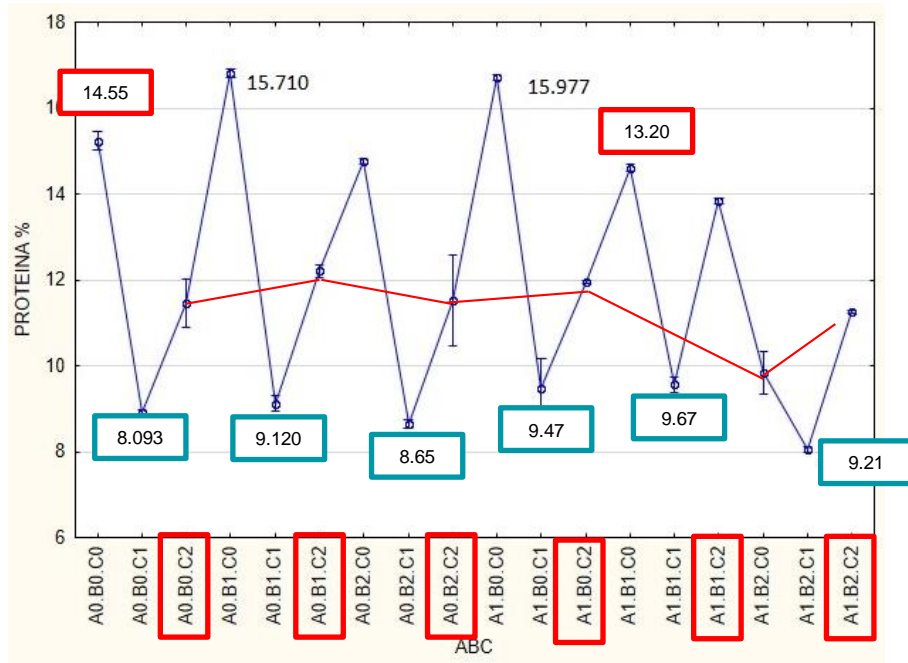
(A0-B0-C0) Nacional-Método cascada-Método Secadora



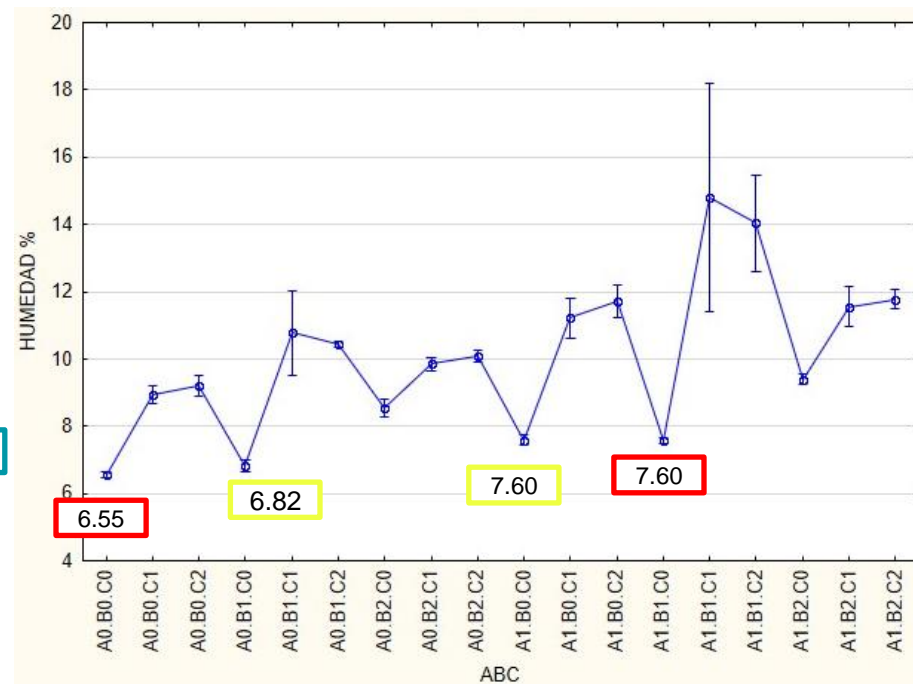
(A1-B1-C0) CCN51-Método cascada-Método Secadora



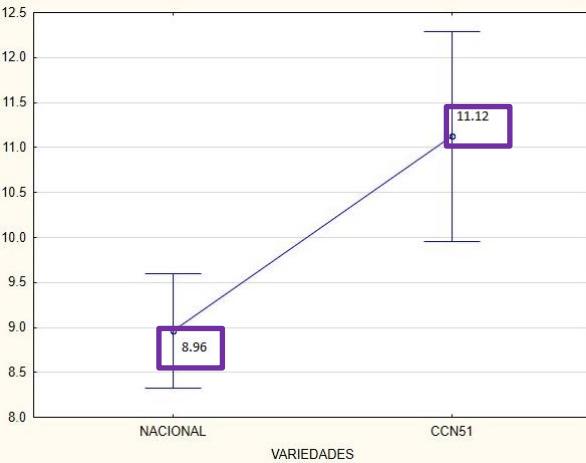
(A0-B0-C0) Nacional-Método cascada-Método Secadora



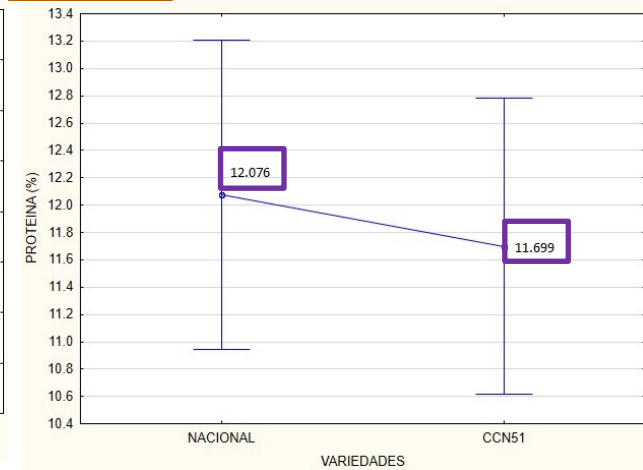
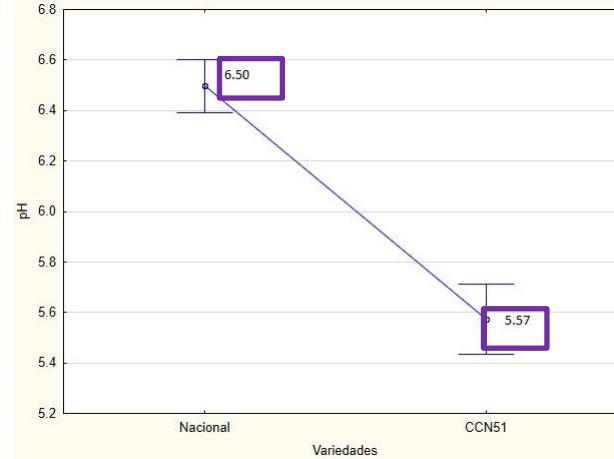
(A1-B1-C0) CCN51-Método cascada-Método Secadora



### Norma INEN 176



### Norma INEN 620-2



Humedad mayor a 7 %: mohos  
*Penicillium spp* y *Aspergillus spp*.

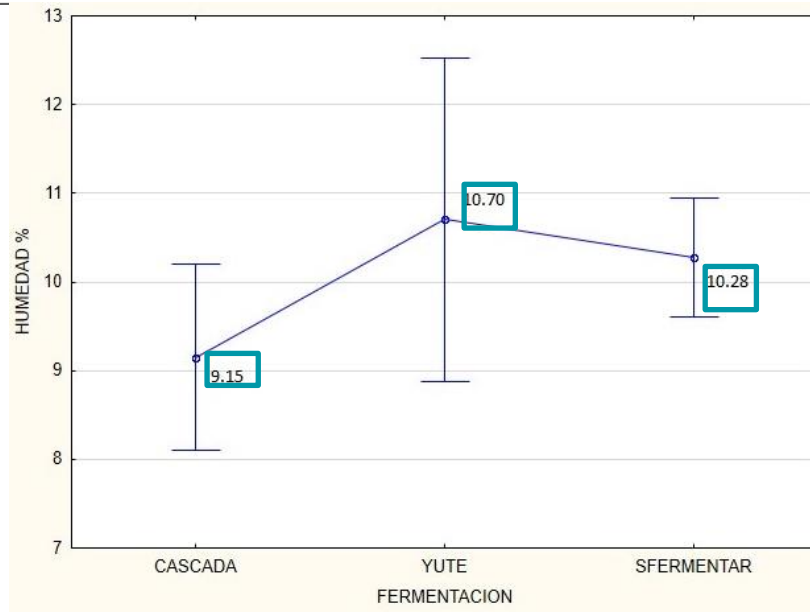
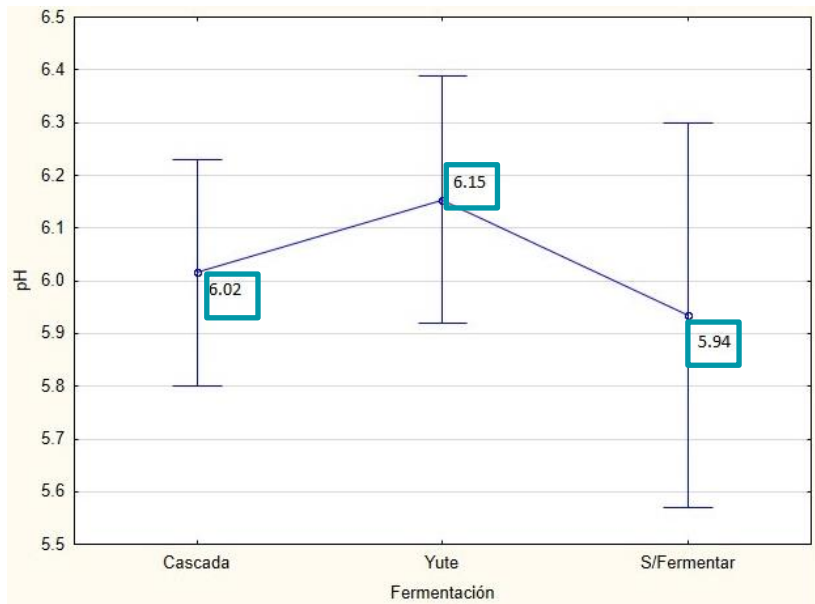
Amorin/2017:5.10 5.85  
Arango 2016:5.40 6.12  
Zambrano 2010:5.20 6.54

Genética  
Entorno  
Fermentación

# RESULTADOS

## Buena Fe

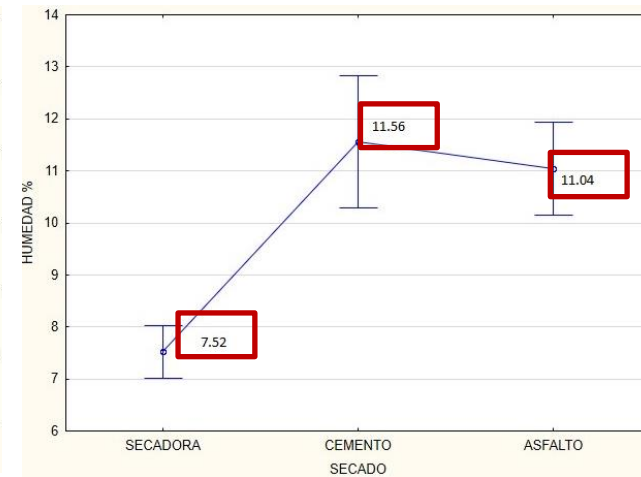
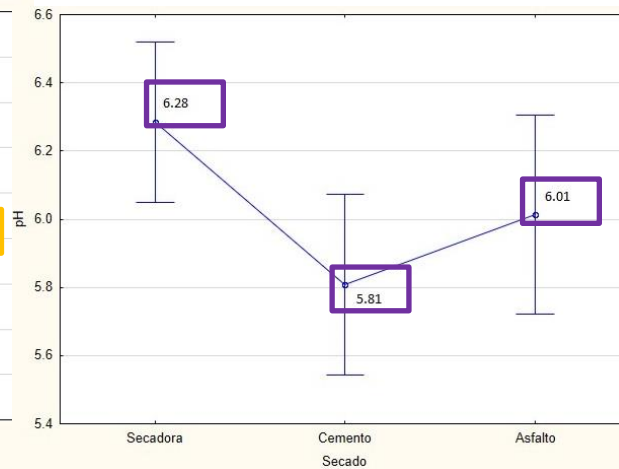
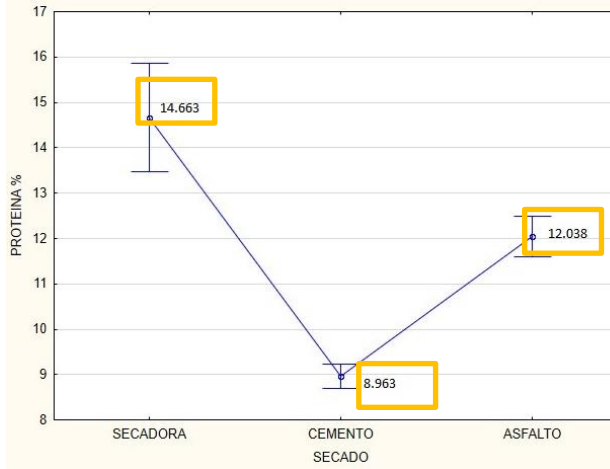
## Factor B (Método fermentación)



Método cascada: temperatura  
Método yute: eliminación de mucilago de testa  
Sin fermentar: agrietamiento de la testa

Corte de exposición al sol  
Climatología  
Método de secado

**Norma INEN 176**



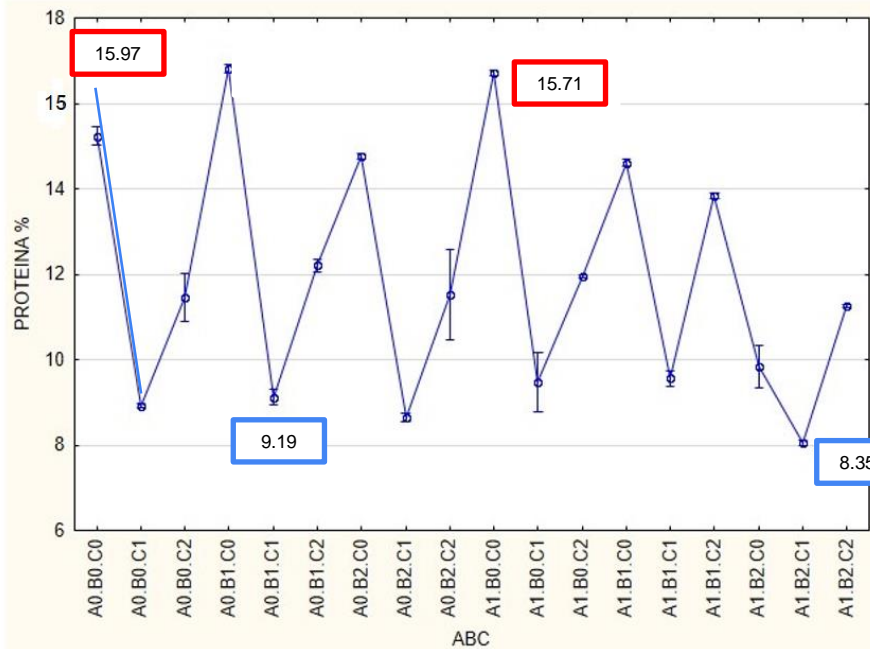
Método secadora: temperatura  
Método cemento: manejo cultural  
Asfalto: factores externos

**Norma INEN 176**

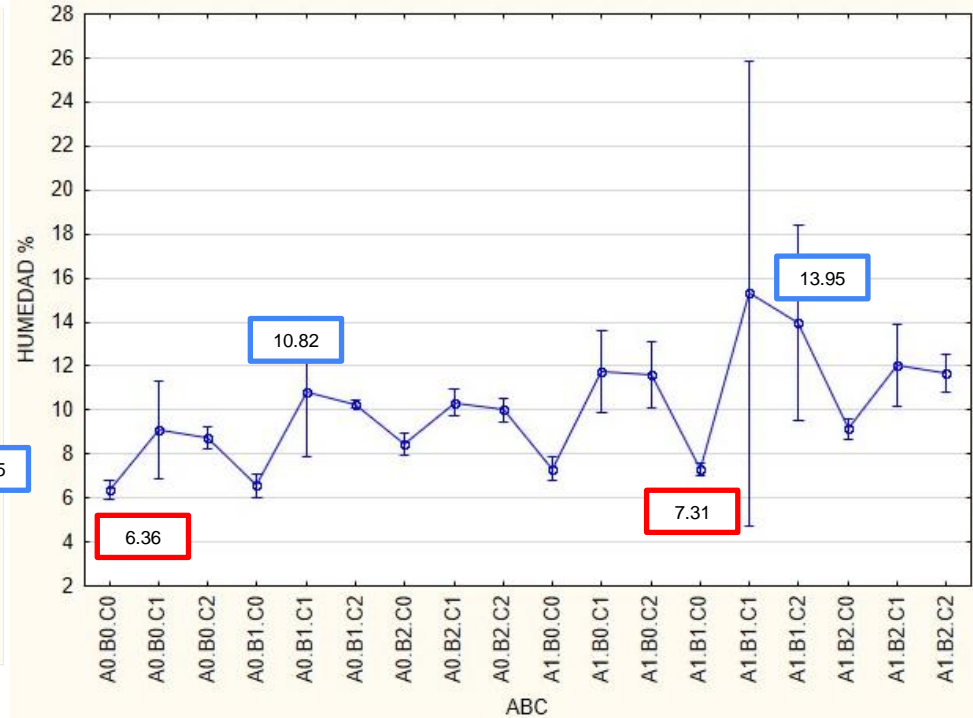
**Norma INEN 620**

- Beneficio
- Mohos
- Sabores

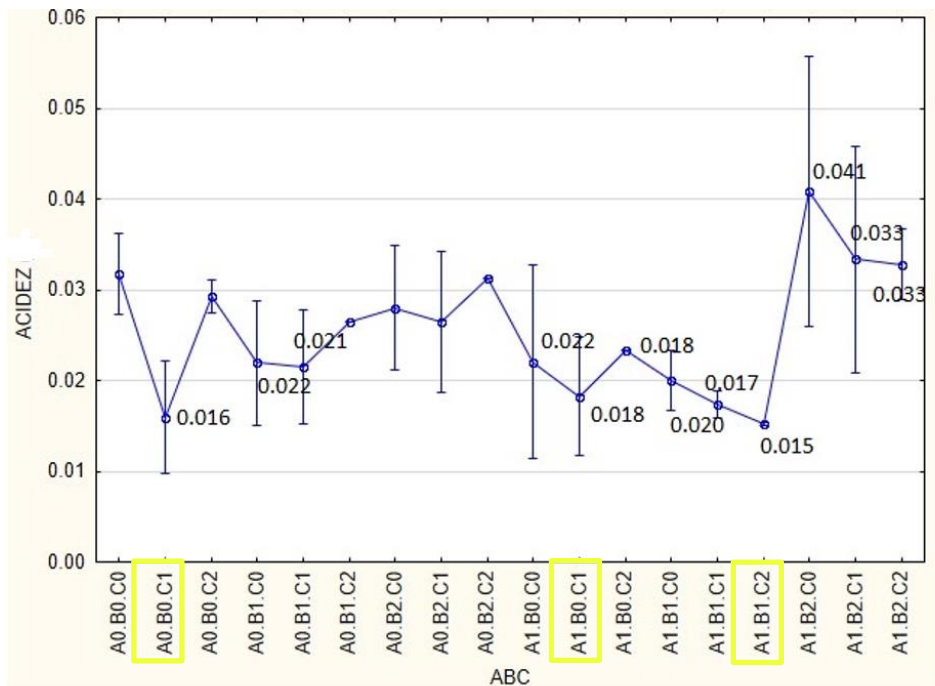
(A0-B0-C0) Nacional-Método cascada-Método Secadora



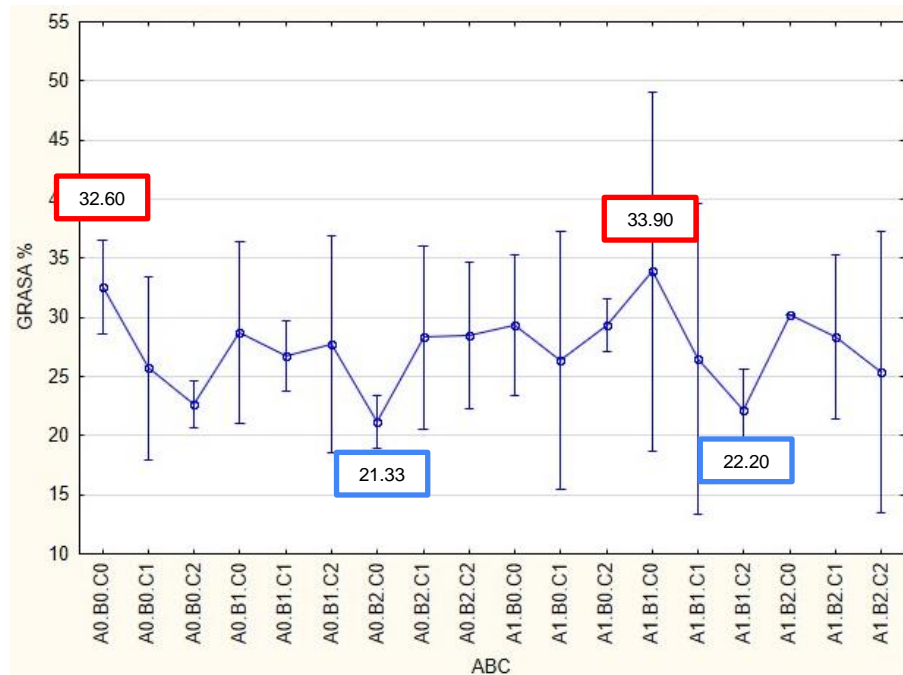
(A1-B1-C0) CCN51-Método cascada-Método Secadora



(A0-B0-C0) Nacional-Método cascada-Método Secadora



(A1-B1-C0) CCN51-Método cascada-Método Secadora



Productos específicos de cacao y chocolate enumerados a continuación (\*):

- chocolate con leche con un contenido de materia seca total de cacao < 30 % 0,10 a partir del 1 de enero de 2019
- chocolate con un contenido de materia seca total de cacao < 50 %; chocolate con leche con un contenido de materia seca total de cacao ≥ 30 % 0,30 a partir del 1 de enero de 2019
- chocolate con un contenido de materia seca total de cacao ≥ 50 % 0,80 a partir del 1 de enero de 2019
- cacao en polvo vendido al consumidor final o como ingrediente en cacao en polvo edulcorado vendido al consumidor final (chocolate para beber) 0,60 a partir del 1 de enero de 2019

Zona	Cadmio (mg/kg)
Puerto Quito	0.389 B
Buena Fe	0.323 A

Variedad	Cadmio (mg/kg)
Nacional	0.052 A
CCN51	0.659 B

M. Secado	Cadmio (mg/kg)
Secador	0.326 A
Asfalto	0.386 B

Interacciones	Cadmio (mg/kg)
A0B0C0	0.053 A
A0B0C1	0.052 A
A0B1C0	0.629 C
A0B1C1	0.722 D
A1B0C0	0.051 A
A1B0C1	0.054 A
A1B1C0	0.571 B
A1B1C1	0.616 C



# RESULTADOS

## Medidas de producción

Zona	P mazorca	P cascara	P al+mg	P almendra
<b>Puerto Quito</b>	844.470 B	638.750 B	205.953 B	182.991 B
<b>Buena Fe</b>	671.440 A	495.792 A	176.991 A	151.635 A
	P maguey	G brix	pH	
<b>Puerto Quito</b>	22.668 B	4.417 A	5.193 A	
<b>Buena Fe</b>	25.014 A	5.000 A	5.173 A	
Variedad	P mazorca	P cascara	P al+mg	P almendra
<b>Nacional</b>	610.116 A	481.483 A	128.730 A	114.053 A
<b>CCN51</b>	905.794 B	653.059 B	254.214 B	220.574 B
	P maguey	G brix	pH	
<b>Nacional</b>	14.503 A	5.000 A	5.685 A	
<b>CCN51</b>	33.178 B	4.417 A	4.682 A	



# RESULTADOS

## Medidas de producción

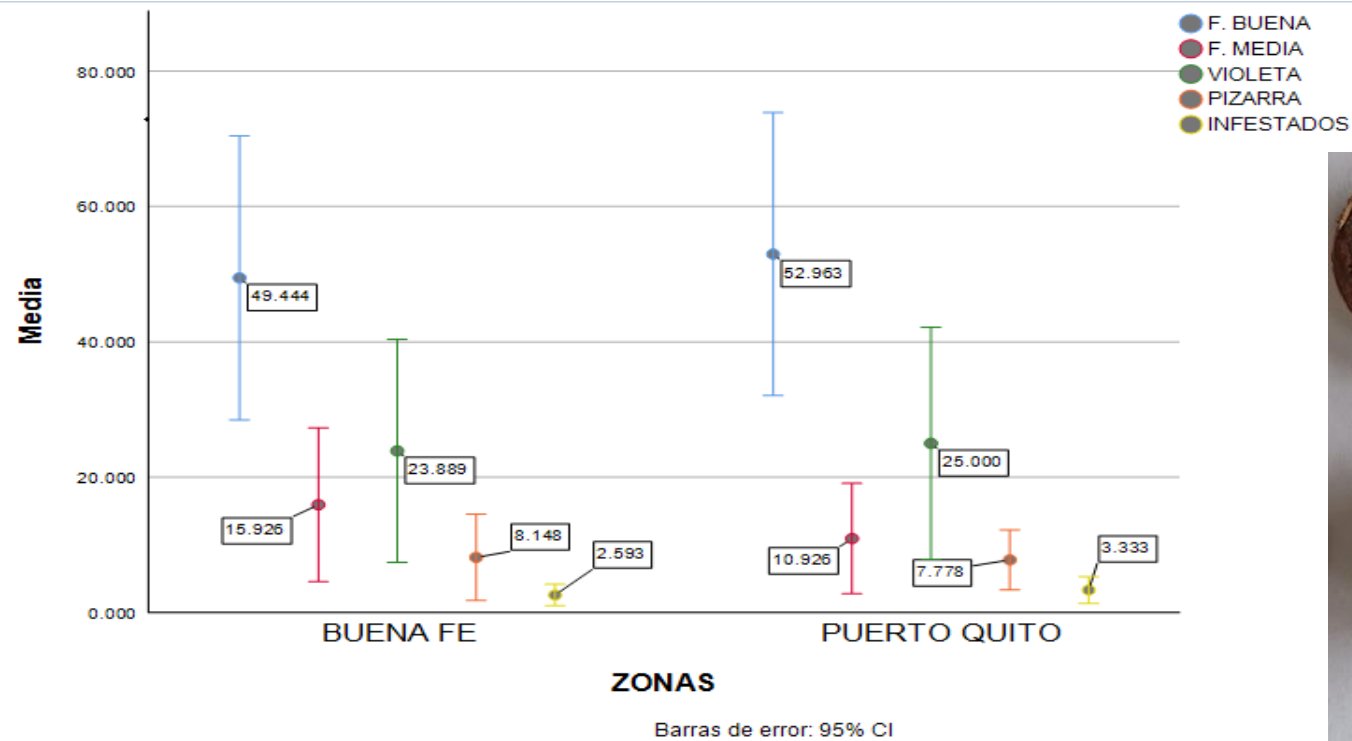
### Puerto Quito-CCN-51

Interacción	P mazorca	P cascara	P al+mg	P almendra
A0B0	774.012 B	614.778 B	159.738 B	143.856 B
A0B1	914.928 B	662.722 B	252.168 C	222.127 C
A1B0	446.220 A	348.188 A	97.722 A	84.249 A
A1B1	896.659 B	643.397 B	256.260 C	219.021 C
	P maguey	G Brix	pH	
A0B0	15.882 A	4.500 A	5.763 A	
A0B1	29.453 B	4.333 A	4.623 A	
A1B0	13.124 A	5.500 B	5.607 A	
A1B1	36.903 C	4.500 A	4.740 A	



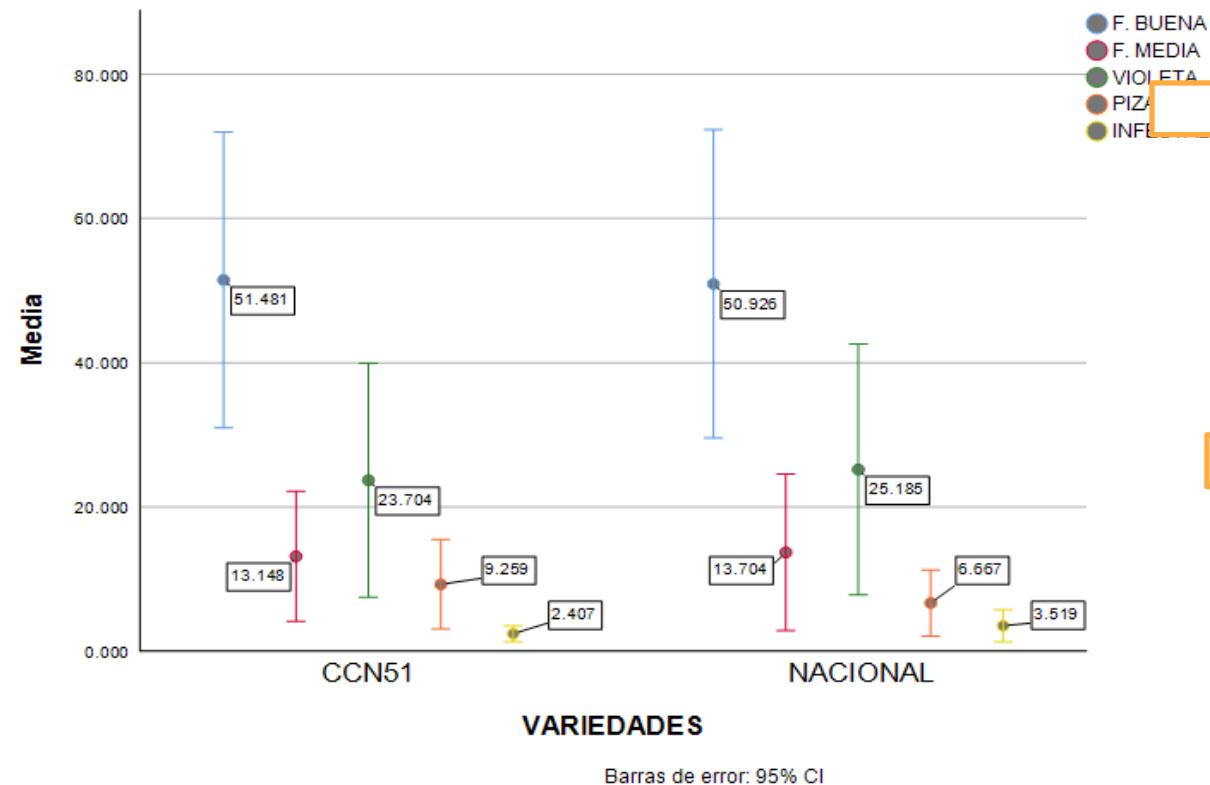
# RESULTADOS

## Grado de fermentación



# RESULTADOS

## Grado de fermentación



Nacional

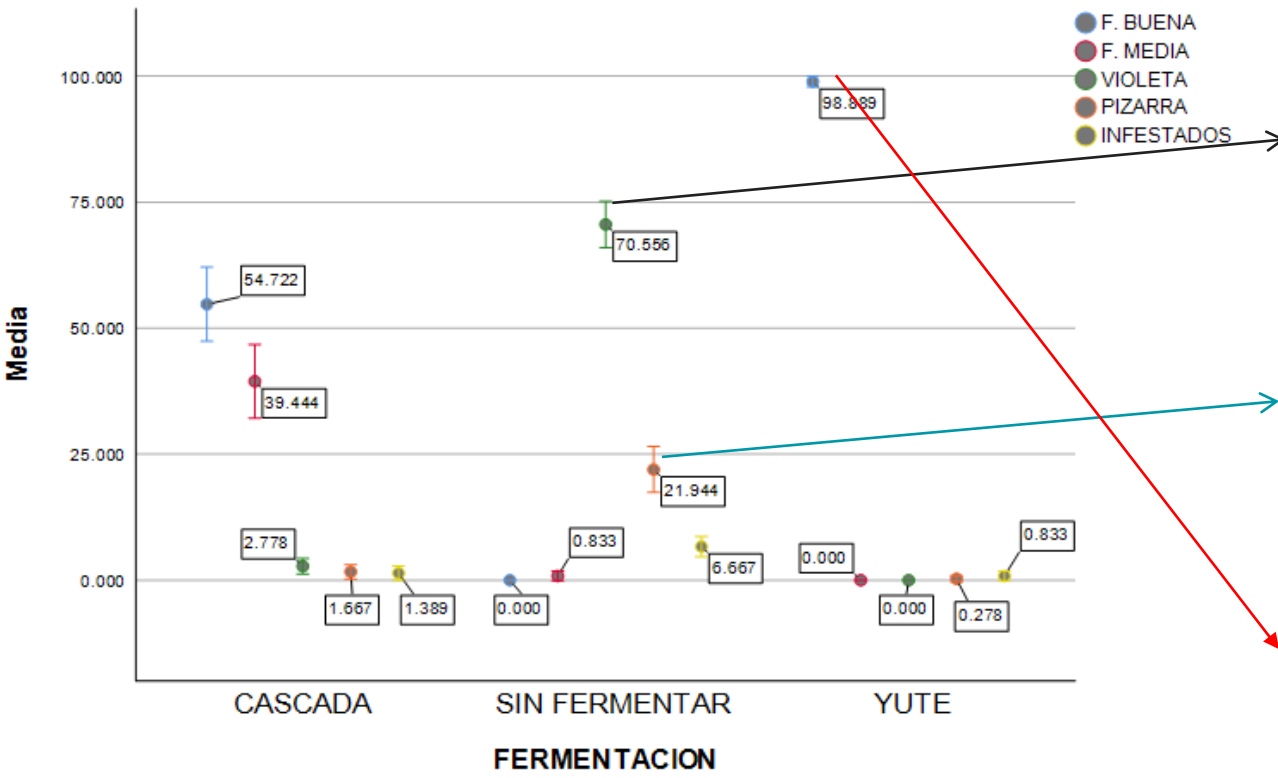


CCN 51



# RESULTADOS

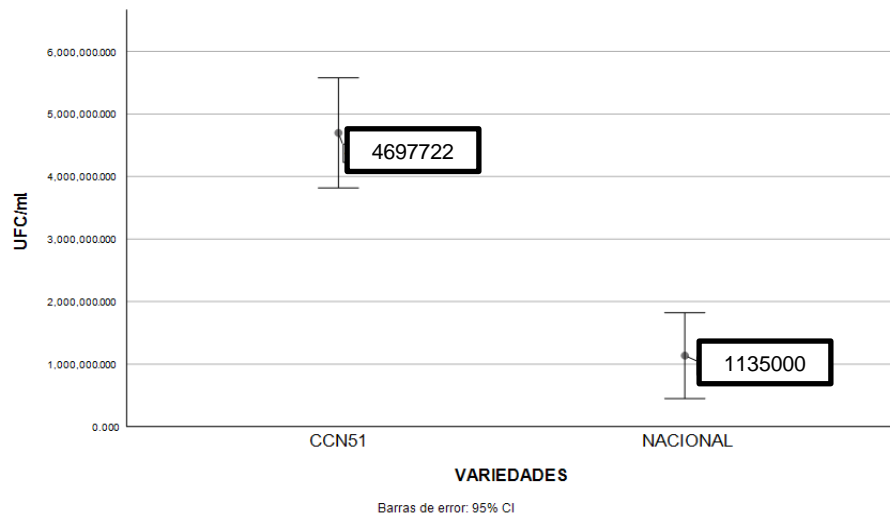
## Grado de fermentación



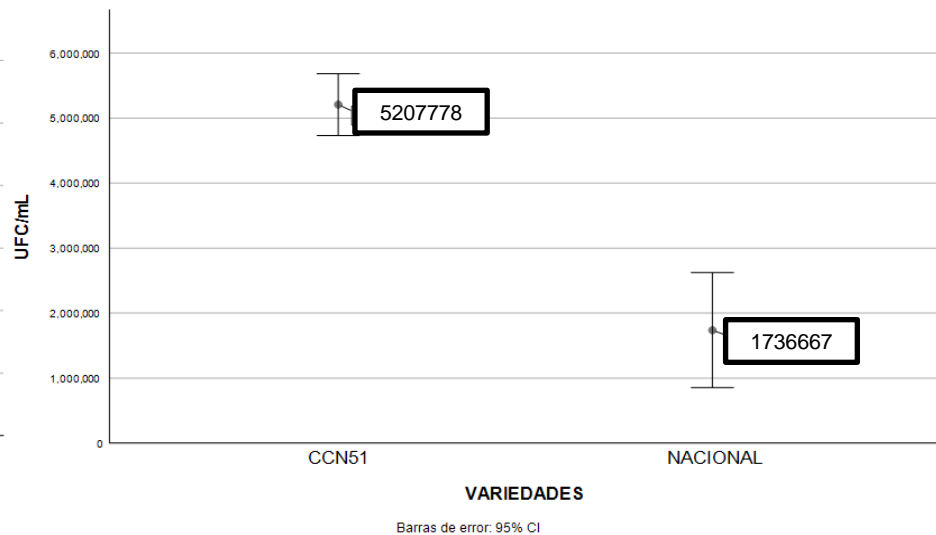
Barras de error: 95% CI



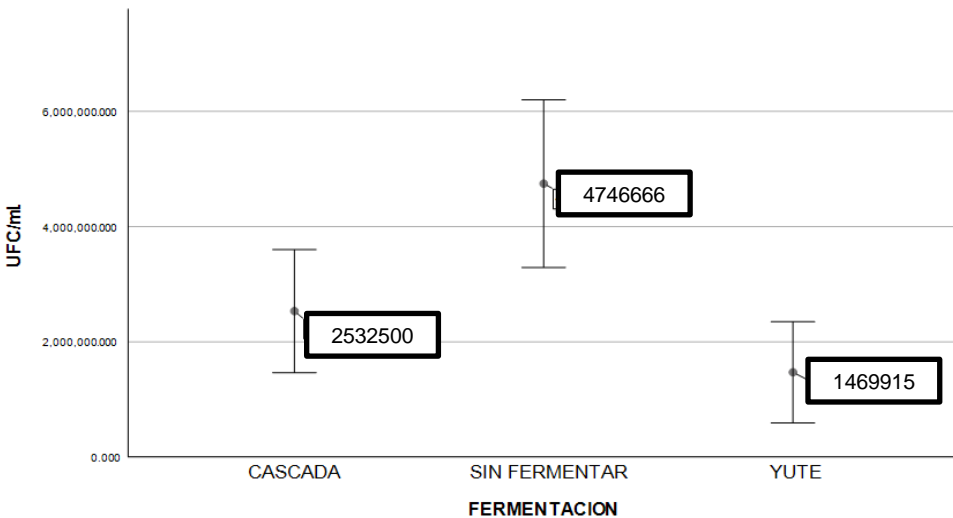
### Buena Fe



### Puerto Quito

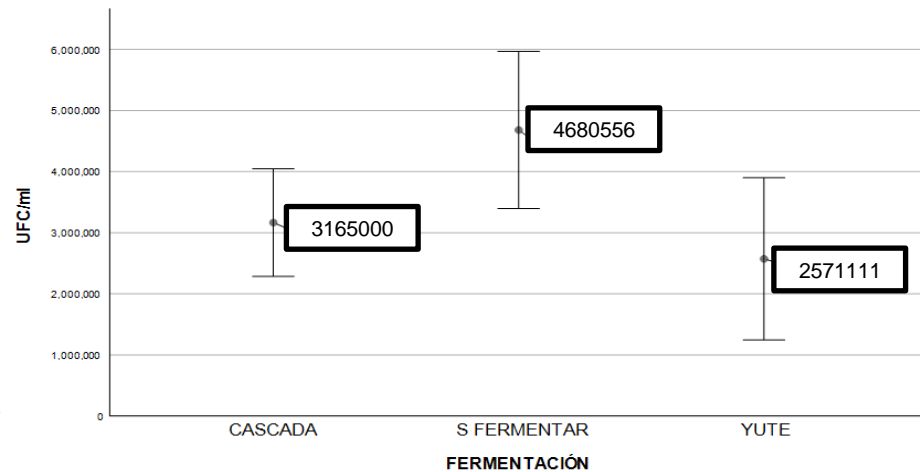


### Buena Fe



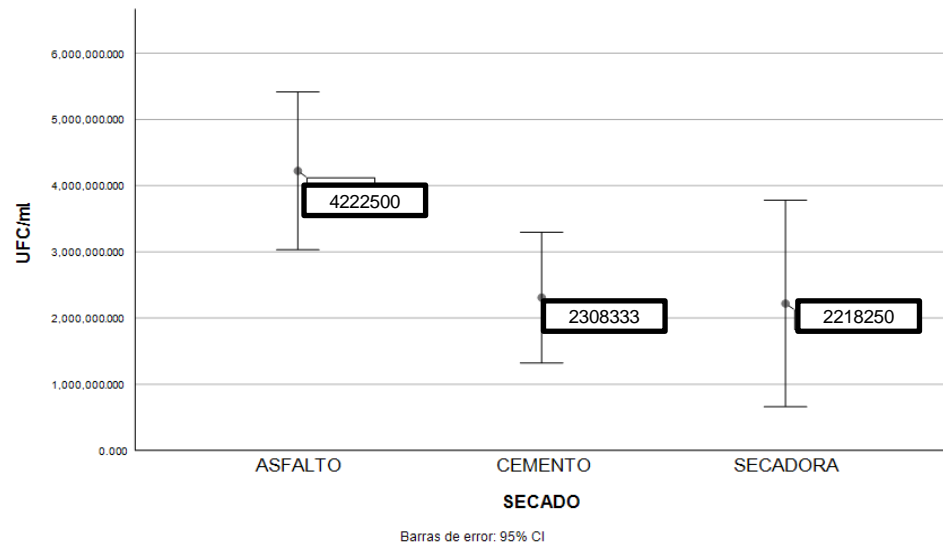
Barras de error: 95% CI

### Puerto Quito

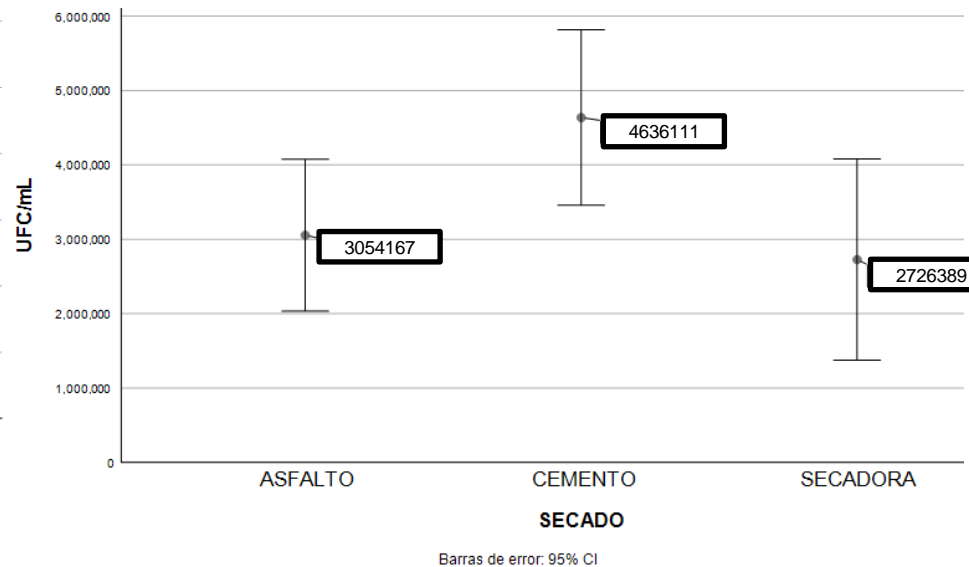


Barras de error: 95% CI

### Buena Fe



### Buena Fe





Cacao Nacional 9.02 registro un valor aproximado al porcentaje indicado, con respecto a acidez registro el menor valor 0.030, lo cual demuestra que no existió una sobre fermentación, además posee un pH 6.49 que se encuentra en el rango aceptable y una proteína de 11.65.

El mejor método de fermentación recae sobre M. yute ya que presenta características químicas optimas: alta presencia de proteína 12.14, un pH 6.22 dentro del rango de fermentación (6.86).

El método cascada también sobresalió en algunos parámetros tales como: la influencia en el contenido de grasa 29.26 y una humedad de 9.21.

El método secadora resalta sobre parámetros como: menor porcentaje de humedad 7.74 el cual es aceptable en la norma INEN, con respecto a proteína muestra el mayor valor (12.97) en comparación al resto de métodos, con relación a pH (6.00) refleja que no contiene acumulación de ácidos volátiles. Por otra parte, método cemento obtuvo mayor grasa 30.36 y un pH de 6.21.

Considerando los resultados obtenidos en la investigación la interacción: Nacional-Método cascada-Método secadora, presento menor acidez, lo cual representa menor contenido de ácidos volátiles, grasa del 18.70, proteína 14.55 y una humedad de 6.55. En cambio, Nacional-Método yute-método secadora, presentó valores adecuados de proteína 13.20, humedad de 7,20 y grasa 28.00, lo cual se encuentra en el rango establecido de la norma INEN.

Cacao nacional posee características óptimas tales como: menor contenido de humedad 8.96, menor acidez 0.025, alto contenido de proteína 12.07 y un pH 6.79 aceptable en la norma INEN 620 para elaborar cacao en polvo (mínimo 5.2- máximo 6.8), con respecto a cacao CCN-51 obtuvo mayor contenido de grasa 27.96

El método de fermentación destacado en algunos parámetros es Método yute: tiene un pH 6.15, en base a la norma INEN 620-2 es aceptable para realizar cacao en polvo, contiene mayor proteína 12.68 y un alto porcentaje de grasa 27.63. Por otro lado, método cascada mostro menor humedad 9.15 frente a los otros tratamientos de fermentación.

El método secadora presento menor humedad 7.52 el cual se encuentra en el rango establecido según la norma INEN 620-2, contiene mayor grasa 29.322 presencia de proteína 14.66 la cual óptima en el campo alimentario.

En base a los resultados obtenidos: Nacional-Método cascada-Método Secadora, presento características optimas: proteína 15.97, humedad de 635 y grasa 32.60, por otro lado CCN51-Método cascada-Método Secadora obtuvo rangos aceptables: grasa 33.90, proteína 15.71 y humedad de 7.31.

La zona que mayor contenido presentó es Puerto Quito 0.389 mg/kg, en cambio Buena Fe registro un valor de 0.323 mg/kg, lo cual no representa un peligro para la salud.

Con respecto al contenido en variedades se determinó que CCN-51 presentó un valor 0.659, en comparación a cacao Nacional con un valor menor de 0.052 mg/kg, no sobrepasa el límite máximo de 0,80 del reglamento de la Unión Europea.

El método aasfalto presento un contenido de cadmio 0.386 seguido de método secadora 0.326.

Los datos obtenidos son sobre contenido de cadmio recaen sobre la zona Puerto quito en cacao CCN 51 en el método asfalto con un valor 0.722 mg/kg, el cual se encuentra en el rango establecido por el reglamento de la Unión Europea con el código 2021/1323 en el apartado Chocolate con un contenido de materia seca total de cacao  $\geq 50$  % en cual menciona un contenido límite de 0,80 mg/kg.

Se determinó la zona de mayor producción acorde a las medias Puerto Quito posee valores superiores en los pesos: mazorca 844.470 g, cascara 638.750 g, almendra más maguey 205.953 g, almendra 182.991 g y maguey 22.668 g.

Cacao CCN-51 tiene óptimos pesos de producción: mazorca 905.794 g, cascara 653.059 g, almendra maguey 254.214, almendra 220.57, maguey 33.17 y un pH de 4.417 el cual se encuentra en un rango aceptable.

La zona de Puerto Quito con el cultivo de cacao CCN-51 presento excelentes valores de medidas de producción: peso mazorca 914.928 g, cascara 662.722 g, almendra maguey 252.168 g, y almendra 222.127 g.

Referente a la zona de Buena Fe también destaca valores altos en el cultivo de cacao CCN-51: peso almendra maguey 256.26 g y maguey 36.903 g.

En consideración a los resultados obtenidos se determinó que la zona de Puerto Quito tiene porcentajes aceptables: fermentación buena 52.96, fermentación media de 25, almendras violetas 10.92, almendras pizarras 7.78.

En base a la norma (INEN, 2006) la cacao Nacional se encuentra en los rangos aceptables: fermentación buena 50.926, fermentación media 13.704, almendras violetas 5.185 y pizarras 6.667, por el contrario, CCN-51 no presento porcentajes aceptables acorde a la norma mencionada.

Se determinó el mejor método de fermentación: método Yute debido a su alto porcentaje de fermentación buena (98.889%), fermentación media (0%), violeta (0%), pizarra (0), infestados (0%).





# CONCLUSIONES

## Mohos y levaduras

Se determinó en la zona de Puerto Quito CCN-51 5207778 UFC/g posee mayor presencia de mohos y levaduras, frente a cacao nacional 1736667 ufc/g.

**Puerto Quito**

**Buena Fe**

La zona de Buna Fe se observa similar situación, CCN-51 4697722 UFC/g posee mayor presencia de mohos y levaduras, frente a cacao nacional 1736667 UFC/g.



Zona de Puerto Quito, se encontró mayor presencia de mohos y levaduras en el método sin fermentar (4680556 UFC/g), método cascada (365000 UFC/g) y por último el método yute (2571111 UFC/g).

**Puerto Quito**

**Buena Fe**

Para la Buena Fe: el método cascada (2532500 UFC/g) y sin fermentar (4746666 UFC/g) tienen mayor presencia de mohos y levaduras.



Se determinó en la zona de Puerto Quito tiene mayor presencia de mohos y levaduras: Método cemento 4636111 UFC/g, seguido de Método Asfalto 3054167 UFC/g y por ultimo Método secadora 2726389 UFC/g.

**Puerto Quito**

**Buena Fe**

Para la zona de Buena Fe el mayor contenido lo tiene método asfalto 4222500 UFC/g y menor concentración los métodos: Cemento 2308333 UFC/g y secadora 2218250 UFC/g.

# RECOMENDACIONES

En cacao producido Puerto Quito se debe Reducir la humedad en cacao nacional, acorde a la norma INEN 176, impulsar la aplicación del método yute y cascada para fermentación . Además realizar el secado de almendras por el método secadora a una temperatura no mayor a 65°C.

En cacao producido Buena Fe se debe estimular la implantación de cultivos puros de cacao nacional, aplicar un tapado de cajones en el método cascada con hojas de plátano o sarán, además de controlar la humedad del método yute empleando mayor remoción para aumentar la aireación, establecer periodo de tiempo y temperatura para el método secadora, con el fin de fomentar la producción de grasa.

Para Puerto Quito se debe realizar monitoreos en diferentes épocas del año, para establecer dinámica de la presencia de cadmio, además emplear métodos de reducción de contenido de cadmio mediante la fermentación con método yute.

En la zona de Puerto Quito se debe aplicar un manejo integral de cultivos de cacao CCN-51 para mantener una alta producción, además de emplear planes de nutrición vegetal y manejo de enfermedades.