



## **TRABAJO DE GRADO**

# **EFEECTO DEL CaO COMO AGENTE DE DESINFECCIÓN DE DOS SUSTRATOS (BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR Y HENO) PARA LA PRODUCCIÓN DE ORELLANAS (*Pleurotus Ostreatus*).**

**Presentado por:**

**Juan Pablo Salamanca  
Código 19100093**

**Director:**

**Jorge Eliécer Carrillo Velásquez**

**Co-director:**

**Pedro Adolfo Jiménez Morales**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS Y APLICADAS  
TECNOLOGÍA EN HORTICULTURA  
CAJICÁ  
OCTUBRE DE 2018**

# **EFFECTO DEL CaO COMO AGENTE DE DESINFECCIÓN DE DOS SUSTRATOS (BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR Y HENO) PARA LA PRODUCCIÓN DE ORELLANAS (*Pleurotus Ostreatus*).**

## **EFFECT OF CaO AS A DISINFECTION AGENT OF TWO SUBSTRATES (SUGAR CANE AND HAY BAGAZO) FOR THE PRODUCTION OF ORELLANAS (*Pleurotus ostreatus*).**

**Juan Pablo Salamanca<sup>1</sup> Jorge Carrillo Velásquez<sup>2</sup> Pedro A. Jiménez Morales<sup>3</sup>**

### **RESUMEN**

En este proyecto se evaluó la efectividad del CaO como agente desinfectante en dos sustratos para el cultivo de orellana (*Pleurotus ostreatus*): bagazo de caña de azúcar y heno de pangola. Para esto se evaluaron las cantidades de agua y CaO efectivas en la desinfección. Esto se determinó evaluando el crecimiento micelial de la orellana en los dos sustratos desinfectados por este método. A cinco unidades experimentales de 300 g triplicadas, se les aplicó diferentes porcentajes de CaO a cada tratamiento tomando por base los 52.64g de CaO y el 17% de humedad, determinado por medio del cálculo teórico requerido al (100%, 75%, 50%, 25% y 0%), el experimento se repitió tres veces para heno y dos para bagazo de caña. De este experimento se desprendió que se debía utilizar una dosis de 60% para el bagazo de caña y de 75% para el heno, dada su habilidad para inhibir el crecimiento de microorganismos indeseados. Sin embargo, el uso de estos porcentajes de CaO resultó en un exceso de Ca(OH)<sub>2</sub> y falta de H<sub>2</sub>O en la primera siembra. En consecuencia, se saturaron los sustratos en una solución de CaO al (3%) tanto para el bagazo de caña como para el heno (ver Tabla 6). Finalmente, se logró la desinfección de los dos sustratos utilizados y la más alta producción ocurrió en este segundo ensayo, cuando se evaluó como sustrato el heno. El resultado de este proyecto abre una alternativa para los pequeños productores artesanales con la cual se pueda sustituir el método de pasteurización y esterilización utilizada actualmente en la producción de la orellana.

### **Palabras claves:**

Esterilización, Inmersión, Estructura, Hongos Comestibles.

### **ABSTRACT**

In this project, the effectiveness of CaO as a disinfectant agent was evaluated in two substrates for the cultivation of orellana (*Pleurotus ostreatus*): sugar cane bagasse and pangola hay. For this purpose, the amounts of water and CaO effective in disinfection were evaluated. This was determined by evaluating the mycelial growth of orellana in the two substrates disinfected by this method. To five experimental units of 300 g tripled, different percentages of CaO were applied to each treatment taking as base the 52.64g of CaO and the 17% of humidity, determined by means of the theoretical calculation required at (100%, 75%, 50%, 25% and 0%), the experiment was repeated three times for hay and two times for cane bagasse. This experiment showed that a dose of 60% should be used for cane bagasse and 75% for hay, given its ability to inhibit the growth of unwanted microorganisms. However, the use of these CaO percentages resulted in an excess of Ca(OH)<sub>2</sub> and a lack of H<sub>2</sub>O in the first sowing. Consequently, the substrates were saturated in a

---

1 Estudiante Tecnología En Horticultura, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

2 Msc, Docente O.T.C Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

3 Bsc., Phd. Docente Titular programa Biología Aplicada, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

3% CaO solution for both cane bagasse and hay (see Table 6). Finally, the disinfection of the two substrates used was achieved and the highest production occurred in this second trial, when hay was evaluated as a substrate. The result of this project opens an alternative for small artisanal producers with which the pasteurization and sterilization method currently used in the production of orellana can be substituted.

**Keywords:**

Sterilization, Immersion, Structure, Edible Mushrooms.

## INTRODUCCIÓN

Los hongos comestibles son considerados como un alimento completo y apto para el consumo humano con un alto contenido de proteínas, fibra y vitaminas C, B, tiamina, B1 y B12 (Vega & Franco, 2013). Según López Pino, (2016). Hay cerca de 2300 especies de hongos comestibles a nivel mundial, y solo 200 son utilizadas, de estas, se cultivan solo el 10%; son una alternativa a la bioconversión de los residuos agroindustriales (Rivera et al., 2013). Entre las especies más conocidas podemos encontrar las siguientes: *Agaricus bisporus* (champiñón), *Lentinus edodes*, (shitake), *Pleurotus ostreatus* (orellanas). Este resulta ser un producto orgánico con excelentes características organolépticas, su desarrollo se lleva a cabo sobre residuos vegetales, de donde toma sus nutrientes, lo que permite obtener un producto sano para el consumidor, generalmente su cultivo es desarrollado por pequeños productores (Fernández, 2014).

En diferentes partes del mundo se utilizan una variedad de sustratos lignocelulósicos para el desarrollo de *Pleurotus* spp. Entre los que se incluyen: tamo de trigo, de cebada, de arroz, pasto elefante y aserrín de madera (Pineda-Insuasti et al., 2014; Romero et al 2010). Estos sustratos permiten que las orellanas, se produzcan de manera simple y económica (Garzón et al., 2008). Un ejemplo interesante de fuente de sustrato es el producido por la industria azucarera colombiana. Esta produce 5 millones de toneladas de bagazo de caña al año para la fabricación de papel y para la

producción de etanol (Asocaña. 2016), sin embargo, los pequeños productores utilizan el bagazo de caña como combustible para cocinar la panela, causando con esta práctica un impacto ambiental considerable (Aguilar Valencia, 2011), en el caso del heno es un producto que se emplea como fuente alternativa en la alimentación de equinos o bovinos, dadas sus características lignocelulósicas se puede emplear para la producción de orellanas.

La producción de estos hongos pasa por la preparación de un sustrato estéril, para evitar la contaminación con otros microorganismos que afecten el desarrollo del hongo, la pasteurización o esterilización de los sustratos. Según Albertó, (2008) la pasteurización y esterilización son los métodos más usados en el mundo para la producción de hongos para eliminar todos los organismos competidores. En el método de esterilización se somete al sustrato a temperaturas entre 115 y 120°C por algunas horas a una presión de 15 psi, este método emplea autoclaves con las cuales se logra preparar o esterilizar importantes cantidades de sustratos, pero son muy costosas (Nunes, 2016).

Por otra parte, el uso de hipoclorito de sodio como agente desinfectante ha sido reportado por Rivera et al (2013) en la desinfección de los sustratos para la producción de orellanas, y otros autores han sugerido como posible alternativa el uso de peróxido de hidrogeno y la esterilización en frío (hielo) (Guarín Barrero y Ramírez Álvarez, 2004). En

---

1 Estudiante Tecnología En Horticultura, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

2 Msc, Docente O.T.C Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

3 Bsc., Phd. Docente Titular programa Biología Aplicada, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

Colombia, a nivel regional se emplea la pasteurización y esterilización como método de desinfección de los diferentes sustratos para la producción de hongos comestibles.

Nunes (2016) reporta que, en el estado de Chiapas, México, los productores de orellanas han utilizado un método alternativo con éxito y además es muy económico y simple, consiste en remojar los sustratos en una solución con cal, la cual tiene un efecto bactericida y fue usada en los años 1990 y 1993 en la epidemia del cólera (González, 2013). Por último, el CaO se ha empleado para el control de microorganismos y larvas de insectos y para eliminar el exceso de agua en el abono orgánico (gallinaza) en galpones en Brasil (Wolf et al., 2014). En la actualidad, en Colombia, se ha detectado el uso de esta sustancia como método alternativo en la desinfección de sustratos, por algunos pequeños productores de orellanas en la sabana de Bogotá, de manera artesanal sin ninguna estandarización y optimización.

Con la evaluación y estandarización de otras formas de desinfección en los sustratos empleados en la producción de orellanas se puede contribuir a los siguientes aspectos:

**Técnicos:** Un desarrollo tecnológico que aporta una nueva alternativa en la producción de orellanas.

**Aspectos Sociales:** al ser una alternativa de bajo costo se adapta a comunidades o personas con pocos recursos económicos, contribuyendo a su seguridad alimentaria

**Aspectos Económicos:** El método es más económico que la pasteurización y/o esterilización.

**Aspectos Ambientales:** La utilización del CaO en la desinfección de residuos orgánicos reduce el daño ecológico y la contaminación del medio ambiente, se elimina el uso de

recursos no renovables como el carbón y el gas como fuente energética (Guarín Barrero y Ramírez Álvarez, 2004).

Los principales beneficiados de los resultados obtenidos de este proyecto serán los productores a pequeña escala, que adopten esta metodología.

## **OBJETIVOS.**

**General:** Evaluar el CaO como agente desinfectante en la preparación de dos sustratos para la producción de orellana.

**Específicos:**

- Determinar las cantidades de óxido de calcio (CaO) necesarias para la desinfección de dos sustratos: bagazo de caña de azúcar y heno de pangola
- Evaluar efectividad de la desinfección con óxido de calcio aplicado en los dos sustratos en laboratorio.
- Evaluar el crecimiento micelial de la orellana en los sustratos desinfectados con CaO.

## **MATERIALES.**

Bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) proveniente de Viotá, Cundinamarca, y heno de pangola proveniente de Armero, Tolima. Óxido de calcio tipo industrial, (Calco) producido por Cales de Colombia S.A. La semilla del *Pleurotus* sp. Se adquirió de la empresa ChampinFung en la ciudad de Bogotá, en granos de trigo canadiense.

Teniendo en cuenta que este proyecto requirió de un análisis estadístico exploratorio, ya que la selección de los factores y la determinación de tratamientos no se encuentran estandarizadas aun, para el desarrollo de este proyecto se siguieron las indicaciones propuestas por (Garza-García et al. 2013).

## **METODOLOGÍA.**

---

1 Estudiante Tecnología En Horticultura, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

2 Msc, Docente O.T.C Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

3 Bsc., Phd. Docente Titular programa Biología Aplicada, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

La investigación se realizó entre los meses de abril y septiembre de 2018, en la Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas de la Universidad Militar Nueva Granada sede Campus ubicada en el km 2 vía Cajicá – Zipaquirá (Cund), Colombia a 2,580 msnm.

Adecuación de los sustratos.

Los sustratos fueron llevados al centro de acopio de la UMNG, donde se trituraron hasta un tamaño de partícula entre 5 y 20 en un molino de martillo, de un caballo de fuerza, una vez triturado se llevó el material a la planta de producción de hongos comestibles ubicada en el invernadero de Propagación Vegetal de la UMNG. (campus)

### **Determinación de peso seco de los sustratos.**

Dado que la determinación del contenido de humedad de los sustratos es un factor crítico para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, y en general para el cultivo de hongos comestibles, ya que demasiada humedad puede producir ahogamiento del hongo, porque el agua ocuparía todos los espacios donde hay aire en el sustrato, por el contrario, si el sustrato contiene escasa humedad el micelio no se desarrolla correctamente siendo su velocidad de crecimiento muy lenta redundando en una escasa producción; se recomienda entonces determinar los pesos secos. Cuervo y Rodríguez. (2013).

Se determinó el peso seco de los sustratos modificando el procedimiento de Cuervo y Rodríguez (2013). Así: se pesaron 100 g de sustrato en una balanza electrónica (DENVER INSTRUMENT REF, APX-200) se depositaron en bandejas de aluminio previamente pesadas, antes de llevarlas al horno de secado (ESCO Isotherm) a 90°C. Transcurrida una hora, se extrajeron las bandejas con pinzas, se depositaron en desecador por 20 minutos, luego fueron

pesadas y se registraron los datos, se repitió el proceso hasta peso constante.

Luego se procedió a realizar los cálculos para determinar la cantidad de CaO y de agua necesarias para lograr desinfectar los sustratos, la ecuación 1 nos indica que 56 g de CaO reaccionan con 18ml de H<sub>2</sub>O, se tomó el porcentaje menor de humedad (17%) de los dos sustratos se divide 17 ml H<sub>2</sub>O en los 18 ml H<sub>2</sub>O y como resultado se obtuvo 0.94 moles de H<sub>2</sub>O y se realizó una regla de tres, el resultado es 52.64g de CaO estos reaccionan con los 17ml de H<sub>2</sub>O que tienen los 100 g de cada sustrato, y dado que el contenido de humedad en los sustratos debe estar en promedio al 70% se le adiciona H<sub>2</sub>O para completar ese porcentaje.



**Ecuación 1 Cálculos Teóricos.**

De acuerdo a la ecuación 1 se realizaron los cálculos para la reacción completa del óxido de calcio y su transformación en hidróxido de calcio Ca(OH)<sub>2</sub>

### **El desarrollo del trabajo se completó en tres etapas.**

- 1. Determinar las cantidades de óxido de calcio (CaO) necesarias para la desinfección de los sustratos bagazo de caña de azúcar y en heno de pangola.**

#### **Primera desinfección.**

Se establecieron 5 tratamientos, con tres unidades experimentales incluyendo los controles para cada uno de los sustratos, para un total de 15 unidades experimentales por sustrato cada una con 300 gramos de bagazo de caña de azúcar y 300 gramos de heno (Tabla 1). A los controles no se les aplicó CaO pero sí agua corriente (H<sub>2</sub>O). En los

1 Estudiante Tecnología En Horticultura, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

2 Msc, Docente O.T.C Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

3 Bsc., Phd. Docente Titular programa Biología Aplicada, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

tratamientos T1, al T4 se agregaron diferentes cantidades de CaO y de H<sub>2</sub>O (Tabla 1). El CaO se pesó en una báscula digital (Precisa) Bj 1000c, y se agregó en cada unidad experimental y el H<sub>2</sub>O se midió y se agregó a cada unidad experimental y luego se

mezclaron hasta homogeneidad. Una vez terminado este proceso, se llevaron las bolsas a la planta de producción de hongos comestibles en el invernadero de propagación vegetal y se dejaron por tres días.

**Tabla 1.** Formulación de CaO para la desinfección de los sustratos bagazo de caña de azúcar y heno de pangola.

Tratamientos	Control	T1	T2	T3	T4
	0% CaO	100% CaO	75% CaO	50% CaO	25% CaO
g de Sustrato	300	300	300	300	300
g de CaO	X	157.92	118.44	78.96	39.48
ml de H <sub>2</sub> O	210	210	197	184.5	171.75
Und. Exp.	3	3	3	3	3

### Segunda desinfección

En este procedimiento se reajusto un 30% la cantidad de H<sub>2</sub>O luego se realizó el paso a

paso en cada uno de los procesos al igual que el procedimiento No.1 manteniendo los tiempos.

**Tabla 2.** Formulación de CaO para la desinfección de los sustratos bagazo de caña de azúcar y heno de pangola.

Tratamientos	Control	T1	T2	T3	T4
	0% CaO	100% CaO	75% CaO	50% CaO	25% CaO
Sustratos en g	300	300	300	300	300
CaO g	X	157,92	118.44	<b>78,96</b>	39,48
H <sub>2</sub> O ml	273	273	256	<b>239.85</b>	222,95
Und. Exp.	3	3	3	3	3

### Tercera desinfección solo con heno.

De acuerdo con el resultado de la segunda desinfección para el bagazo de caña de azúcar no fue necesario realizar una tercera prueba con este sustrato (ver Tabla 2, T3), caso contrario para el heno de pangola se procedió a una tercera desinfección para este sustrato

siguiendo el mismo protocolo de los dos procedimientos anteriores para esta prueba, se decidió aumentar las cantidades de agua al doble por tratamiento, dejando la misma cantidad de CaO, y se preparó una suspensión de CaO en el H<sub>2</sub>O y luego se agregó al

1 Estudiante Tecnología En Horticultura, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

2 Msc, Docente O.T.C Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

3 Bsc., Phd. Docente Titular programa Biología Aplicada, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

sustrato, de esta forma se busca que el H<sub>2</sub>O y el CaO lleguen a todas las partes del sustrato.

**Tabla 3.** Formulación de CaO para la desinfección del sustrato a base de heno de pangola.

Tratamientos	Control	T1	T2	T3	T4
	0% CaO	100% CaO	75% CaO	50% CaO	25% CaO
Sustratos en g	300	300	300	300	300
CaO g	X	157,92	118.44	78,96	39,48
H <sub>2</sub> O ml	546	546	512	479	445
Und. Exp.	3	3	3	3	3

### 2. Evaluar in vitro la efectividad de la desinfección.

Luego de tres días el efecto del CaO en los tratamientos de las unidades experimentales se evaluó en el laboratorio de fitopatología de la UMNG, sembrando el material tratado en 15 cajas de Petri de 90 mm de diámetro, con Agar Papa-Dextrosa (PDA). En la tabla 4, se muestran las tres réplicas por unidad experimental (U.E.) en cajas de Petri. Una vez rotuladas se tomaron en orden las U.E. y se extrajeron con unas pinzas metálicas previamente flameadas seis partículas de cada unidad experimental de acuerdo al tratamiento de diferentes lugares y se colocaron en la

superficie de la caja de Petri con (PDA), al finalizar este proceso se obtuvieron 15 cajas de Petri cada una de ellas con 6 partículas de bagazo de caña de azúcar y 15 cajas de Petri cada una de ellas con 6 partículas de heno para un total de 30 cajas, se agruparon por tratamientos y se les colocó Vinipel y se llevaron a incubadora (Mettmert) durante tres días a 25°C, transcurridos los tres días se sacaron de la incubadora todas las cajas de Petri con sus respectivas muestras se organizaron por tratamientos y se evaluó la efectividad del CaO en la eliminación de microorganismos en cada uno de los tratamientos

**Tabla 4.** Diseño experimental para las cajas Petri

T0, CONTROL	T1, CaO al 100%	T2, CaO al 75%	T3, CaO al 50%	T4, CaO al 25%
R1	R1	R1	R1	R1
R2	R2	R2	R2	R2
R3	R3	R3	R3	R3

### 3. Evaluar el crecimiento micelial de la orellana en los sustratos desinfectados con CaO.

Una vez evaluada la desinfección en los dos sustratos en laboratorio de fitopatología de la UMNG, se elaboró el diseño experimental para dos siembras del *P. ostreatus*, con tres tratamientos, cada uno con cuatro unidades

1 Estudiante Tecnología En Horticultura, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

2 Msc, Docente O.T.C Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

3 Bsc., Phd. Docente Titular programa Biología Aplicada, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

experimentales incluyendo el control para un total de 12 unidades experimentales (U.E.)

**Primer ensayo:**

**Tabla 5.** Tratamientos y dosificación del diseño experimental

TRATAMIENTO		Control	R1	R2	R3
1	Sustrato	Bagazo de caña	Bagazo de caña	Bagazo de caña	Bagazo de caña
	CaO al 60%	x	631.68 g	631.68 g	631.68 g
	H <sub>2</sub> O	3000 ml	3000 ml	3000 ml	3000 ml
2	Sustrato	Heno	Heno	Heno	Heno
	CaO al 75%	x	789.6 g	789.6 g	789.6 g
	H <sub>2</sub> O	3413 ml	3413 ml	3413 ml	3413 ml
3	Sustratos	B, caña / Heno			
	CaO al 60%	x	315.84 g	315.84 g	315.84 g
	CaO al 75%	x	394.8 g	394.8 g	394.8 g
	H <sub>2</sub> O	1500 ml	1500 ml	1500 ml	1500 ml
	H <sub>2</sub> O	1706 ml	1706 ml	1706 ml	1706 ml

Los controles se esterilizaron por medio de autoclave vertical (LABTECH) de 45 litros a una presión de 15 psi y una temperatura 121°C por 2 horas, con los controles se va a comparar el crecimiento micelial del *Pleurotus ostreatus* con las réplicas de cada tratamiento desinfectados en suspensión de H<sub>2</sub>O y CaO de acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio.

Según los cálculos teóricos para el porcentaje del 60 % de CaO se llevó a cabo la siguiente metodología: se depositaron 9 Kg de cada sustrato en dos recipientes plásticos de 50

galones, para la desinfección de los sustratos, se agregó en un recipiente (balde) 2.842 g de CaO y 7195.5 ml de H<sub>2</sub>O para el bagazo de caña; al momento de agregar la solución de CaO y H<sub>2</sub>O al bagazo de caña de azúcar se observaron zonas secas en el sustrato al realizar la prueba de puño se evidencio la falta de H<sub>2</sub>O, siguiendo las indicaciones de (Albertó, 2008). Se realizaron cálculos para el H<sub>2</sub>O, este autor recomienda aplicar entre 6.5 litros de H<sub>2</sub>O en 3.5 kg de sustrato seco, a este valor se le restan los 7.195.5 ml de H<sub>2</sub>O y el excedente se le agrega al sustrato.

$$\frac{9 \text{ kg de bagazo} * 6.5 \text{ mL H}_2\text{O}}{3,5 \text{ Kg sustrato}} = 16,714 \text{ mL H}_2\text{O}$$

**Ecuación 2 Ajuste de la cantidad de agua**

Según los cálculos teóricos para cumplir con el 75% de CaO observado en el estudio fitopatológico se adicionaron 3.553.2 g CaO y 15.360 ml de H<sub>2</sub>O para el heno, se mezcló la solución por 10 minutos y se vertió

gradualmente en cada recipiente sin dejar de mezclar, una vez vertida la solución se procedió a mezclar los sustratos homogéneamente con la solución de CaO. Completado este proceso los recipientes se cubrieron y pasadas 24 horas se

1 Estudiante Tecnología En Horticultura, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

2 Msc, Docente O.T.C Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

3 Bsc., Phd. Docente Titular programa Biología Aplicada, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

mezclaron nuevamente cambiando la posición en la que se encontraban para lograr un mayor contacto con el CaO, después se cubrieron nuevamente y transcurridas 12 horas se procedió a la inoculación con el hongo en los dos sustratos, se emplearon bolsas de polipropileno (30cm x 60cm), se aforaron a 5 kg de sustrato húmedo y se les practicó un orificio en el centro del sustrato con un tubo PVC ½ de acuerdo a lo indicado por Cuervo y Rodríguez (2013) donde se depositó el 5% del peso del sustrato seco en semilla de hongo, se cerró la bolsa y se anudó. En este proceso, se identificó un exceso de Ca(OH)<sub>2</sub> en los dos sustratos, por ello de cada tratamiento se tomó la última U.E. y se procedió a practicarles un lavado para eliminar el exceso de Ca(OH)<sub>2</sub>, se dejaron escurrir por 4 horas y se les agregó la misma cantidad semilla, se rotularon y se llevaron a la planta de producción de hongos comestibles al área de incubación o cuarto oscuro, donde se cubrieron con un plástico negro, se incubaron por 31 días a una

temperatura promedio de 15°C y una humedad relativa promedio de 76%.

### Segundo ensayo:

Al igual que el primer ensayo los controles se esterilizaron en autoclave a de 15 psi y 121°C por 2 horas. Se preparó una solución acuosa de CaO al 3%, (ver Tabla 6) este porcentaje se encuentra dentro del rango reportado por Nunes (2016), quien sumergió dos sustratos, muy similares a los empleados en este proyecto, en una solución de Ca(OH)<sub>2</sub> del 0.5 % al 2% por un tiempo de 12 a 36 horas. Para aplicar nuestra solución, los sustratos fueron depositados en recipientes y cubiertos con la solución de CaO (3%). Se les permitió remojarse en esta solución por 24 horas, cuando se escurrió el líquido, el cual se midió. Se permitió entonces la decantación del Ca(OH)<sub>2</sub> en exceso, para colocarlo en estufa hasta secado completo (Tabla 6). Se lavaron entonces los sustratos para eliminar el exceso de Ca(OH)<sub>2</sub>, se escurrieron por 12 horas para que eliminar el exceso de H<sub>2</sub>O.

**Tabla 6.** Cantidad de H<sub>2</sub>O y CaO secuestrados por 900 g de sustrato.

	Entra	Sale	Tomó
B. Caña	900 g	900 g	900 g
CaO	150 g	98,4 g	51,6 g
H <sub>2</sub> O	5000 ml	3042 ml	1958 ml
Heno de pangola	900 g	900 g	900 g
CaO	150 g	121.97 g	28 g
H <sub>2</sub> O	5000 ml	3540 ml	1582 ml

Transcurrido ese tiempo, se procedió de acuerdo a la Tabla 7 para la siembra del hongo en masa (Cuervo y Rodríguez, 2013) de esta forma la semilla del hongo queda mejor distribuida y coloniza más rápido el sustrato. Se emplearon bolsas de polipropileno (30cm x 60cm) que fueron aforadas a 1 kg de sustrato húmedo, antes de agregar 50 g (el 5% del peso) en semilla de hongo, se mezcló el sustrato con la semilla, y se colocó un anillo de PVC o filtro

de aire (4 cm x 25.4 mm de diámetro) fabricado con algodón. Una vez inoculadas las 12 U.E., se rotularon y se llevaron a la planta de producción de hongos comestibles al área de incubación o cuarto oscuro, se agruparon todas las unidades experimentales y se cubrieron con un plástico negro, se incubaron por 31 días a una temperatura promedio de 16°C y una humedad relativa promedio de 75%.

1 Estudiante Tecnología En Horticultura, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

2 Msc, Docente O.T.C Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

3 Bsc., Phd. Docente Titular programa Biología Aplicada, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

**Tabla 7. Diseño experimental para la siembra 2.**

TRATAMIENTO		Control	R1	R2	R3
1	Sustrato	31 % Bagazo de caña			
	CaO	X	2,0 %	2,0 %	2,0 %
	H <sub>2</sub> O	69 %	67%	67%	67%
2	Sustrato	36 % Heno	36 % Heno	36 % Heno	36 % Heno
	CaO	X	1%	1%	1%
	H <sub>2</sub> O	64%	63%	63%	63%
3	Sustratos	Bagazo 15.5%	Bagazo 15.5%	Bagazo 15.5 %	Bagazo 15.5%
		Heno 18%	Heno 18%	Heno 18%	Heno 18%
	CaO	Bagazo 0,0 %	Bagazo 1 %	Bagazo 1 %	Bagazo 1 %
	CaO	Heno 0,0 %	Heno 0,5 %	Heno 0,5 %	Heno 0,5 %
	H <sub>2</sub> O	Bagazo 34,5%	Bagazo 33,5%	Bagazo 33,5 %	Bagazo 33,5%
	H <sub>2</sub> O	Heno 32,0%	Heno 31,5 %	Heno 31,5 %	Heno 31,5

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### Determinación de peso seco de los sustratos.

Como resultado del proceso en la determinación de los pesos secos para los sustratos se obtuvo un 17% de húmeda para

el heno de pangola y para el bagazo de caña de azúcar un 20% de humedad.

### Evaluación de la desinfección con CaO, en laboratorio.

*Primera desinfección.*

1 Estudiante Tecnología En Horticultura, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

2 Msc, Docente O.T.C Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

3 Bsc., Phd. Docente Titular programa Biología Aplicada, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

Como era de esperarse, los controles de los dos sustratos al no tener CaO presentaron una gran cantidad de microorganismos en todas las réplicas. El sustrato que presentó la mayor cantidad de microorganismos fue aquel preparado en base a heno, esto se determinó sólo visualmente pues no resultaba simple cuantificarlo. Por su parte, el sustrato en base a caña de azúcar presentó menor contaminación. Para este caso, el T1, al 100% de CaO, presentó un único microorganismo contaminante por réplica, y en los demás tratamientos, a medida que va disminuyendo la cantidad de CaO y de H<sub>2</sub>O hay mayor invasión de microorganismos, resultando el T4, el más contaminado. Estos resultados nos llevaron a realizar ajustes en la dosificación de H<sub>2</sub>O y CaO para las siguientes pruebas.

### *Segunda desinfección.*

Con estos tratamientos (Tabla 2) el bagazo de caña presentó los relativamente mejores resultados, en términos de disminuir drásticamente la presencia de microorganismos. Así, en los tratamientos **T1** (100% de CaO) y **T** (75% de CaO) no se detectó presencia de microorganismos; en el tratamiento **T3** (50% de CaO) en la réplica #2 se observó una leve contaminación por microorganismos y finalmente el **T4** (25% de CaO) en todas las réplicas se detectó presencia de agentes contaminantes. A la luz de estos resultados, se decide utilizar el tratamiento **T3** (50% de CaO) para comenzar a realizar algunos ajustes de concentración afectando en la menor medida el pH del sustrato, en consecuencia, se hace un ajuste al **60%** de CaO. Esta actividad trajo como consecuencia, al implementar en condiciones de campo, la inhibición del micelio del hongo a cultivar, lo cual fue similar con todos estos tratamientos.

En el experimento con heno, los resultados obtenidos muestran que los tratamientos no

logran controlar la contaminación. Las posibles causas por las cuales no funcionó la formulación se explicaron así:

1) Que el CaO no está desinfectando correctamente pues no alcanza todos los tejidos, en especial si se considera la anatomía de esta planta. En este caso hay una alta presencia de estructuras tubulares, las cuales pueden presentar embolias que impiden el ascenso de la solución desinfectante.

2) El sustrato no cuenta con suficiente humedad.

En vista de estos resultados, se decidió un nuevo cambio en la metodología consistente en duplicar la cantidad de agua agregada en cada tratamiento. Además, la aplicación se realizará preparando la solución de CaO antes de agregar, y no prepararla sobre el sustrato, de esta forma se busca que la solución llegue a todo el tejido del sustrato.

### *Tercera desinfección (solo con heno).*

Con esta formulación se obtuvo baja incidencia de agentes contaminantes en los tratamientos T3 y T4 pues solo una caja de Petri presentó contaminación (solo una colonia fúngica). Se toma como base el T2, al 75% (118.44 g CaO y 512 ml de H<sub>2</sub>O), como resultado se logró iniciar el trabajo de campo, y sembrar el *P.ostreatus* para evaluar su crecimiento sobre el heno.

### **Primer ensayo:**

Cinco días después de la siembra (D.D.S) es necesario abrir orificios de 2 mm en cada una de las unidades experimentales para favorecer el intercambio gaseoso del micelio, se utilizó un tenedor metálico previamente flameado y, una vez frío se procedió a abrir los orificios en las unidades

---

1 Estudiante Tecnología En Horticultura, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

2 Msc, Docente O.T.C Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

3 Bsc., Phd. Docente Titular programa Biología Aplicada, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

experimentales de cada tratamiento, flameándolo nuevamente entre unidades.

Al día 13 después de la siembra, en las unidades experimentales del T1, se notó un crecimiento del micelio de 5cm en el control, mientras en las R1 y R3 no se observó crecimiento alguno, en la R3 (Lavada) el crecimiento del micelio fue de 4.8 cm en la parte superior de la U.E.

El T2, en el control se observó crecimiento del micelio en la parte superior de la U.E. con un buen desarrollo, midiendo 11cm de diámetro, en las demás réplicas de este tratamiento no se observó crecimiento excepto en la R3 (lavada), que presentó crecimiento del micelio (6cm) en la parte superior. El T3, en la U.E control y en las R1 y R2 no presentó crecimiento del micelio, y en la R3 (lavada), se observó crecimiento de micelio en la parte superior de 3 cm.

Al día 26 después de la siembra, en las unidades experimentales del T1 aumentó el crecimiento del micelio a 10.8 cm, en el T2 en el control hay presencia de plagas, se observa el cambio del color blanco del micelio con puntos de color negro a un costado de la U.E se aísla de las demás unidades y se lleva a la sala de fructificación. Allí se inspecciona cuidadosamente y se extraen cuatro pupas de color marrón y se depositan en una cámara húmeda, pasados dos días de las cuatro pupas emerge una mosca de color negro, posiblemente pertenece a la familia **Musidae**.

Las R1 y R2 continúan sin cambios, no se evidencia crecimiento del micelio. En T3, el crecimiento del micelio de la R3 (lavada) continuó y alcanza 15.25 cm, en las demás réplicas no se detecta crecimiento.

Al día 31 para el T1, en las diferentes réplicas el micelio continúa sin cambios. Para el T2, en la unidad experimental control heno, el micelio cubrió el sustrato en su totalidad, se abrieron orificios en forma de cruz de 3cm en los costados de la U.E, donde no hay presencia del daño de las larvas de mosca, para inducir la fructificación de las orellanas. En el T3, el crecimiento del micelio en la R3 (lavada), no hay cambios en el crecimiento, en las demás replicas no hubo crecimiento del micelio.

Al día 38 el micelio en los sustratos detuvo su crecimiento, se descartan todas las unidades experimentales del T1 y T3, y las réplicas del T2, se llevaron al área de compostaje, dejando solo el control del T2.

Al día 45 en el control del T2, se observan pequeños fructificaciones o primordios de orellanas en algunos orificios de esta unidad experimental.

Al día 52 se cosechan las orellanas de la unidad experimental control heno como se muestra en la (Tabla 11).

**Tabla 8.** Crecimiento del micelio T1.

<b>D.D.S. – T1</b>	<b>Crecimiento micelio Control</b>	<b>Crecimiento micelio R1</b>	<b>Crecimiento micelio R2</b>	<b>Crecimiento micelio R3, Lavada</b>	<b>plagas</b>	<b>Agentes infecciosos</b>
<b>0</b>	-	-	-	-	-	-
<b>13</b>	<b>5 cm</b>	-	-	<b>4.8 cm</b>	-	-
<b>26</b>	<b>7.5 cm</b>	-	-	<b>10.8 cm</b>	-	-

1 Estudiante Tecnología En Horticultura, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

2 Msc, Docente O.T.C Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

3 Bsc., Phd. Docente Titular programa Biología Aplicada, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

**Tabla 9.** Crecimiento del micelio T2.

D.D.S. – T2	Crecimiento micelio Control	Crecimiento micelio R1	Crecimiento micelio R2	Crecimiento micelio R3 Lavada	plagas	Agentes infecciosos
0	-	-	-	-	-	-
13	11 cm	-	-	6 cm	-	-
26	18 cm	-	-	15.25 cm	larvas	-

**Tabla 10.** Crecimiento del micelio T3.

D.D.S. – T3	Crecimiento micelio Control	Crecimiento micelio R1	Crecimiento micelio R2	Crecimiento micelio R3 Lavada	plagas	Agentes infecciosos
0	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	3 cm	-	-
26	-	-	-	7 cm	-	-

Las tablas 8, 9 y 10 muestran el crecimiento del micelio y la presencia de plagas y agentes contaminantes del día 0 hasta 26 días después de la siembra que detuvo su crecimiento en cada uno de los tratamientos con sus respectivas réplicas. Se evidenció desarrollo del micelio del hongo en los controles de los

T1, T2 y en las U.E de la réplica 3 de cada tratamiento que fueron sometidas a lavado para quitar el exceso de Ca(OH)<sub>2</sub>, en las demás réplicas de los tratamientos no hubo desarrollo del hongo.

**Tabla 11.** Producción de orellanas y eficiencia biológica.

TRATAMIENTO		Control	R1	R2	R3
1	Sustrato	Bagazo de caña	Bagazo de caña	Bagazo de caña	Bagazo de caña
	Peso	-	-	-	-
2	Sustrato	Heno	Heno	Heno	Heno
	Peso	600g	-	-	-
	Eficiencia Biológica (EB)	30%	-	-	-
3	Sustratos 50/50	B, caña / Heno			
	Peso	-	-	-	-

Se evaluó la producción de la U.E del T2, Control Heno mediante la ecuación de eficiencia biológica (EB) en una sola oleada o cosecha, se obtuvo un 30% de eficiencia

biológica en esa U.E. La ecuación 3 representa el rendimiento de hongos frescos obtenidos en relación con la materia seca de los sustratos (Vargas et al., 2012).

$$EB = \frac{\text{peso fresco de la orellana}}{\text{peso seco del sustrato}} * 100$$

1 Estudiante Tecnología En Horticultura, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

2 Msc, Docente O.T.C Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

3 Bsc., Phd. Docente Titular programa Biología Aplicada, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

### Ecuación 3 Eficiencia Biológica

**Segundo ensayo:** Al día 10, en las unidades experimentales del T1, en el control hay crecimiento del micelio en diferentes partes del sustrato, en las réplicas el micelio se tornó de color verdoso. Para el T2, en el control se observa crecimiento del micelio en diferentes partes, en las demás réplicas de este tratamiento se observa un mejor desarrollo del micelio. Por último, el T3, en la U.E. control, la invasión micelial está en diferentes partes, en las réplicas de este tratamiento y en las réplicas del T1, los granos de trigo que portan el micelio de color blanco se tornaron de color verde.

Al día 21, al control del T1, el micelio aún no cubrió todo el sustrato, las réplicas sin crecimiento micelial son descartadas y llevadas al área de compostaje. Para el T2, en el control la invasión micelial, comparada con los demás controles es más lenta, en las réplicas de este tratamiento el micelio es más

denso y al igual que el control del T1, hay pequeñas zonas que no están cubiertas. Para el T3, en la U, E control, la invasión micelial presenta similitud con el control del T1, las réplicas del T3, al igual que las réplicas del T1, son descartadas por la misma razón.

Al día 31 la invasión micelial en los controles del T1, T3 y el T2, con sus cuatro unidades experimentales está completa, se cambian las U.E de la sala de incubación a la sala de fructificación, se abrieron orificios en forma de cruz de 3cm en los costados de las U.E. para inducir el fructificación. Al día 36 se observan pequeños fructificaciones o primordios en algunos orificios de los controles de los T1, T3, y el T2, con todas sus unidades. Al día 41 se cosechan las orellanas de las unidades experimentales de los controles T1, T3 y todas las U.E del T2 (Tabla 12).

**Tabla 12.** Producción de orellanas bajo los diferentes tratamientos.

TRATAMIENTO 1	Control	R1	R2	R3	E.B
<b>Sustrato</b>	Bagazo de caña	Bagazo de caña	Bagazo de caña	Bagazo de caña	
<b>Peso Orellanas</b>	<b>101g</b>	x	X	x	<b>8,1%</b>
TRATAMIENTO 2	Control	R1	R2	R3	
<b>Sustrato</b>	Heno	Heno	Heno	Heno	
<b>Peso Orellanas</b>	<b>186g</b>	<b>182g</b>	<b>215g</b>	<b>210g</b>	<b>55%</b>
TRATAMIENTO 3	Control	R1	R2	R3	
<b>Sustratos 50%/50%</b>	B, caña / Heno				
<b>Peso Orellanas</b>	<b>175g</b>	x	X	x	<b>13,1%</b>

1 Estudiante Tecnología En Horticultura, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

2 Msc, Docente O.T.C Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

3 Bsc., Phd. Docente Titular programa Biología Aplicada, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

Se evaluó la producción de las U, E del T1, control, T3 control y las U, E completas del T2 Heno mediante la ecuación 3 de (EB) en una sola oleada o cosecha.

### Resultados no esperados

En el desarrollo de este proyecto se encontró una plaga, o insecto, como se muestra en las imágenes 1 y 2. Las larvas de este insecto se alimentan del micelio del hongo induciendo

un cambio en el color de blanco a un color oscuro, en el lugar que se encuentra establecida la larva. Estas larvas aparecieron en una U.E de control y no en las U.E. tratadas con CaO, cuando ya se habían movido las U.E. al área de incubación. Esta ausencia de lavas en las U.E. tratadas, podría indicar que este tipo de tratamiento para la desinfección de los sustratos podría tener utilidad como método de control para este tipo de plaga.



**Imagen 1.** Pupas extraídas del Control del T2.



**Imagen 2.** Mosca emergida de una de las pupas.

---

1 Estudiante Tecnología En Horticultura, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

2 Msc, Docente O.T.C Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

3 Bsc., Phd. Docente Titular programa Biología Aplicada, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

## CONCLUSIONES.

- Según lo indicado por el cálculo teórico las cantidades de CaO empleadas en campo resultaron en un exceso de Ca(OH)<sub>2</sub> en los dos sustratos y falta de agua en el bagazo de caña de azúcar, por tal razón generó una inhibición en el crecimiento del micelio de la orellana, al lavar el exceso de Ca(OH)<sub>2</sub> en los sustratos permitió un mejor desarrollo del micelio.
- Las U.E. de 5Kg de sustrato húmedo no son adecuadas, estas se compactan y evitan la respiración del micelio.
- En los resultados no esperados se detectó la presencia de un insecto en la U.E que no fue sometida al tratamiento por inmersión con CaO. Lo cual parece indicar que el CaO inhibe el crecimiento de larvas de mosca y agentes infecciosos, como han reportado Wolf et al (2014). Sin embargo, el control del T2 heno, aun teniendo la afectación de las larvas de mosca, produjo 600 g de hongos frescos en la primera siembra.
- Fue necesario hacer una readecuación de los cálculos teóricos, lo que afectó la capacidad de apegarse al diseño experimental rigurosamente. Sin embargo, nuestros resultados son un insumo importante para posteriores estudios.
- El bagazo de caña de azúcar respondió mejor al tratamiento térmico permitiendo el desarrollo del micelio, como se puede evidenciar en los controles que contiene este sustrato T1 (B, caña) y T3 (B, caña y heno). En las réplicas de los tratamientos por inmersión con CaO donde hay presencia de bagazo de caña de azúcar,

no se desarrolló el micelio del hongo, esto se explica por su estructura esponjosa, donde posiblemente se depositan muchas partículas de Ca(OH)<sub>2</sub> afectando negativamente el desarrollo del micelio en cada tratamiento.

- El heno responde bien al tratamiento por inmersión con CaO, pues por su estructura anatómica no parece retener Ca(OH)<sub>2</sub>, y H<sub>2</sub>O. Al finalizar el proceso del segundo ensayo se obtuvo 793g de orellanas del T2 y del control del T1 101g y por último en el control del T3, se cosecharon 175 g. En las U.E del T2 se obtuvo los mejores resultados con el método de inmersión en la solución al 3% con CaO, no hubo presencia de plagas ni de agentes contaminantes, el filtro de aire con el anillo de PVC y algodón no permitió el ingreso de moscas a las U.E en los diferentes tratamientos.

## RECOMENDACIONES.

Para el bagazo de caña de azúcar se recomienda, después de la inmersión y el lavado, extraer el exceso de líquido por algún mecanismo de presión pues el exceso de H<sub>2</sub>O y de Ca(OH)<sub>2</sub> parece ser almacenado en su estructura esponjosa.

Evaluar la E. B. del tratamiento por inmersión de CaO, durante el ciclo completo del proceso de producción del hongo.

Evaluar el efecto del CaO como control de plagas en otro tipo de insectos y moluscos que afectan la producción.

## BIBLIOGRAFÍA:

---

1 Estudiante Tecnología En Horticultura, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.  
2 Msc, Docente O.T.C Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.  
3 Bsc., Phd. Docente Titular programa Biología Aplicada, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

- 1** Vega, A., & Franco, H. (2013). Productividad y calidad de los cuerpos fructíferos de los hongos comestibles *Pleurotus pulmonarius* RN2 y *P. djamor* RN81 y RN82 cultivados sobre sustratos lignocelulósicos. *Información Tecnológica*, 24(1), 69. doi:10.4067/S0718-07642013000100009.
- 2** López Pino, J. I. (2016). Propiedades funcionales de los hongos comestibles. *Ciencia Y Tecnología De Los Alimentos*, 26(1), 73.
- 3** Rivera R, Martínez C, y Velasco S. 2013. Evaluación de residuos agrícolas como sustrato para la producción de *Pleurotus ostreatus*.
- 4** Fernández Y. (2014). Cultivo de orellanas *Pleurotus ostreatus* en cinco sustratos generados en los procesos productivos agropecuarios, en dos épocas de siembra, en el municipio de Ituango.(trabajo de grado) Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. **Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Colombia.**
- 5** Pineda-Insuasti, J., & Ramos-Sánchez, L., & Soto-Arroyave, C. (2014). Producción de *Pleurotus ostreatus* por fermentación en estado sólido: una revisión. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la de Sustrato de Azúcar*, 48 (2), 13-23.
- 6** Romero, O., Huerta, M., Damián, M. A., Macías, A., Tapia, A. M., Parraguirre, J. F. C., & Juárez, J. (2010). Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* con el uso de hoja de plátano (*Musa paradisiaca* L., CV. Roatan) deshidratada, en relación con otros sustratos agrícolas. *Agronomía Costarricense*, 34(1), 53.
- 7** Garzón Gómez, J. P., & Cuervo Andrade PhD, J.L. (2008). Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. *Nova*, 6(10), 126. doi:10.22490/24629448.403.
- 8** L.F. Londoño Capurra, “Aspectos generales del sector azucarero colombiano 2015-2016”, Asocaña, Cali, Colombia, Informe anual 2016 [en línea]. Disponible en: <http://www.asocana.org/modules/ documentos/11993.aspx>
- 9** Aguilar Valencia, D. M. (2011). Producción de etanol a partir de bagazo de caña panelera mediante un sistema híbrido de fermentación y pervaporación Retrieved from <http://www.bdigital.unal.edu.co/4443/>
- 10** Albertó, E. (2008). Cultivo intensivo de los hongos comestibles. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires.
- 11** Guarín Barrero, J. A., & Ramírez Álvarez, A. A. (2004). Estudio de factibilidad técnico-financiero de un cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10554/7146>.

1 Estudiante Tecnología En Horticultura, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

2 Msc, Docente O.T.C Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

3 Bsc., Phd. Docente Titular programa Biología Aplicada, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

**12** Nunes, Mateus Dias, 1985- N972t 2016 Tratamento de substrato com cal hidratada para cultivo de *Pleurotus* spp. : Visão microbiológica, química e econômica / Mateus Dias Nunes. - Viçosa, MG, 2016.vii, 85f. : il. ; 29 cm.

**13** González, J.(2013) aprovechamiento de la cal de piedra en el cultivo del hongo comestible *Pleurotus djamor* sobre olotes en Actopan, Hidalgo.

**14** Wolf, J., de Gouvea, A., Lozano da Silva, Everton Ricardi, Potrich, M., & Appel, A. (2014). Métodos físicos e cal hidratada para manejo do cascudinho dos aviários. *Ciência Rural*, 44(1), 161.

**15** De-la-Garza-García, J., Morales-Serrano, B.N. y González-Cavazos,

B.A. (2013). *Análisis Estadístico-Multivariado: Un enfoque teórico y práctico*. Monterrey, México: McGraw Hill.

**16** Cuervo, J. y Rodríguez, J. (2008) Cultivo del hongo comestible (*Pleurotus ostreatus* JACQ.KUMAN) sobre residuos agroforestales. Produmedios. Bogotá. Colombia.

**17** Vargas, S.P., Hoyos, L.J., & Mosquera, A.S. (2012). Uso de hojarasca de roble y bagazo de caña en la producción de *Pleurotus ostreatus*. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 10(1), 136-145. Retrieved from <https://doaj.org/article/171b5ad3c66b44768c004ba439bb2abb>.

---

1 Estudiante Tecnología En Horticultura, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

2 Msc, Docente O.T.C Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.

3 Bsc., Phd. Docente Titular programa Biología Aplicada, Facultad De Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, Campus Cajicá, Colombia.