

# **Economía y Agricultura Circular en el Sector Arrocero Colombiano**

**Aprovechamiento sostenible de los residuos de cosecha. 2020**

# SECTOR ARROCERO



**500.000**  
FAMILIAS



**16.378**  
AGRICULTORES

Prod. Grandes 54%  
Prod. Medianos 31%  
Prod. Pequeños 15%

PROPIETARIOS 39 %  
ARRENDATARIOS 61 %

RIEGO 6.7 Ton/Ha  
SECANO 5.1 Ton/Ha



**42,2**  
KG CONSUMO  
PER CAPITA

**5.1%**  
PIB AGRICOLA



**131.332**  
EMPLEOS  
INDIRECTOS  
1 POR CADA 4,5 Has

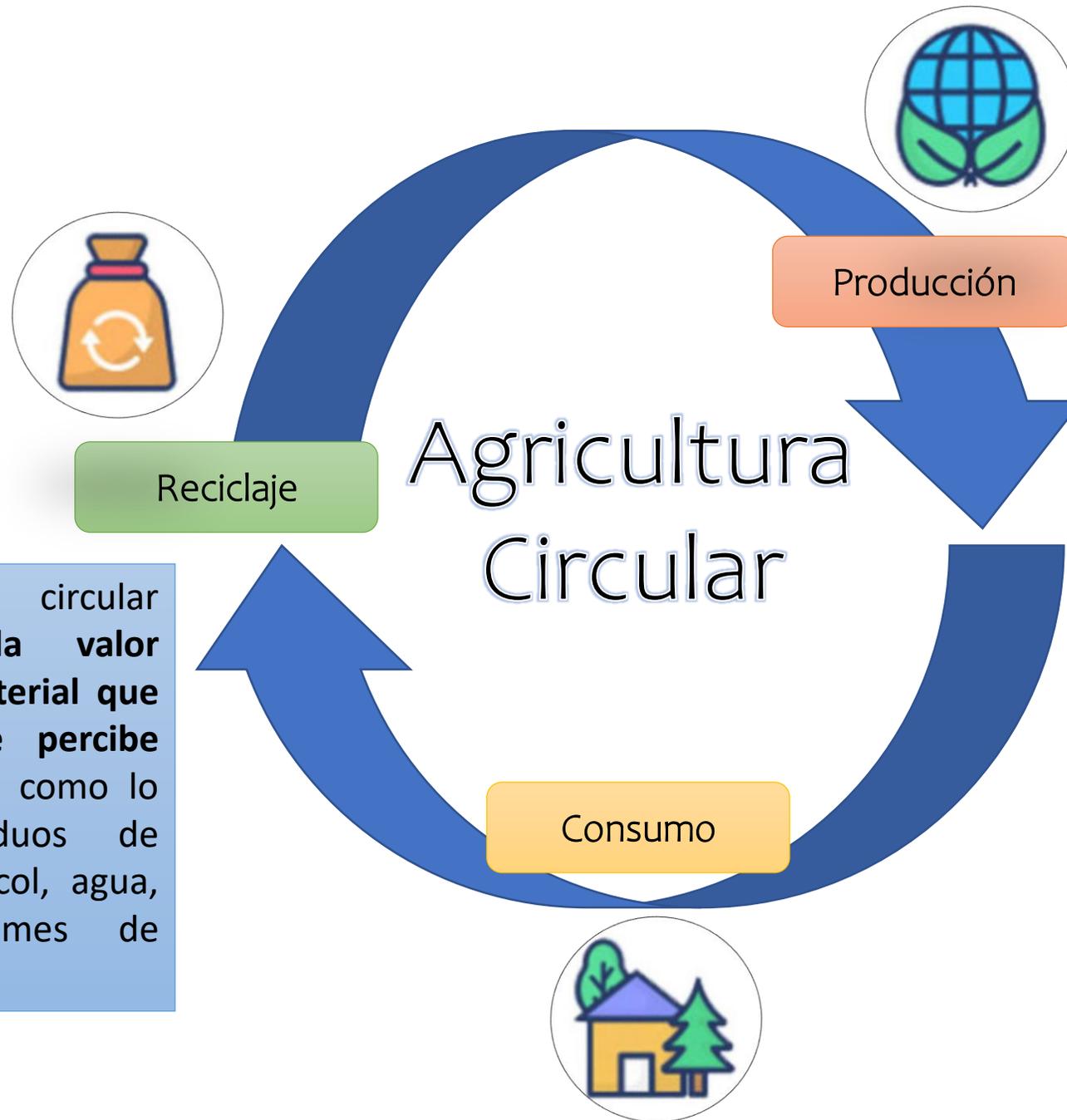


**87.555**  
EMPLEOS DIRECTOS  
1 POR CADA 6.8 Has

# ¿Que es la economía circular?

- La **Economía Circular** es un sistema de producción y consumo que **promueve la eficiencia en el uso de materiales, agua y energía**; teniendo en cuenta la capacidad de **recuperación de los ecosistemas y el uso circular de los flujos de materiales** a través de la **implementación de innovaciones tecnológicas, alianzas y colaboraciones entre actores**, y el **impulso de modelos de negocio** que respondan a los fundamentos del desarrollo sostenible.





La agricultura circular, **cierra los ciclos** de producción agrícola desde **el productor hasta el consumidor final**, reduciendo así las "fugas" del sistema.

La agricultura circular reutiliza y **da valor agregado al material que actualmente se percibe como desechos**, como lo son los residuos de cosechas, estiércol, agua, envases, derrames de alimentos, etc.

# Sostenibilidad del cultivo de arroz

La sostenibilidad es cada vez un reto que debemos asumir todos aquellos que de una u otra forma nos relacionamos con esto. El **realizar prácticas que no causen impacto en el agro ecosistema arrocero es la meta de una agricultura viable, sana** para lograr un producto que contribuye con la seguridad alimentaria de nuestro pueblo.



**Biomasa residual  
agrícola**  
5 a 7 ton/ha

**Biomasa total Arroz**  
1.5 a 3.5 millones  
ton/ año



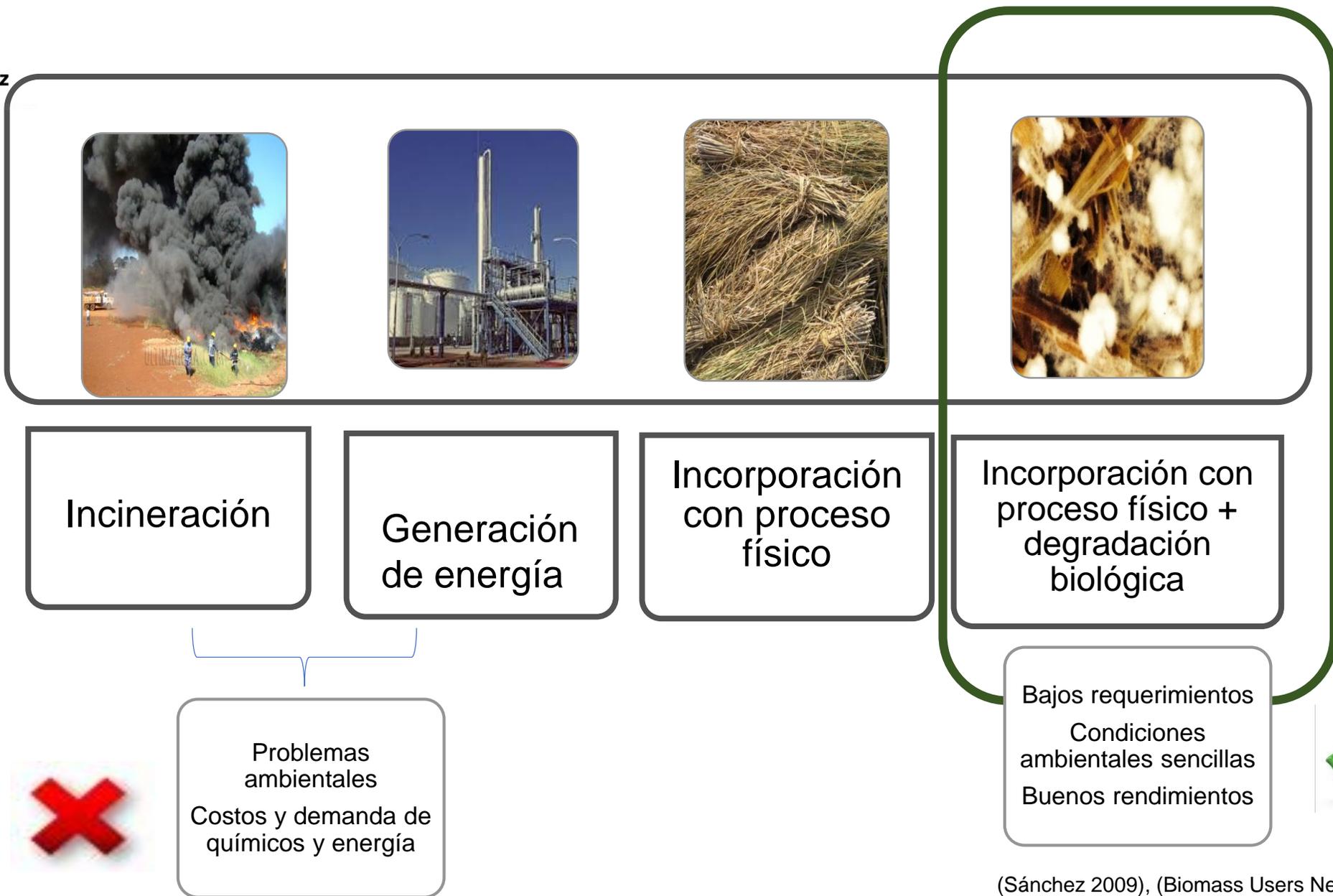
**Reciclaje de nutrientes**  
**Captura de Carbono en el suelo**

# Biomasa residual Agroindustrial

- Cascarilla de arroz
- Producción Total arroz paddy
- 5 ton/ha x 400 mil has = 2 millones ton
- 20% Cascarilla 400 mil toneladas
- COMPOST



# DISPOSICIÓN DE RESIDUOS AGRÍCOLAS



# Objetivos Desarrollo Sostenible ODS



# Subproducto cultivo arroz

## Residuos de cosecha

Los procesos productivos originan desperdicios de masa y/o energía. Los procesos que involucran biomasa como insumo generan residuos orgánicos. Si se desea moverse en dirección del aprovechamiento de los residuos orgánicos para uso agropecuario es necesario conocerlos en detalle. (Castilla, 2012)

El tamo del arroz esta conformado por todas las partes de la planta cuando ésta ha cumplido con su desarrollo hasta la cosecha se grano; lo componen los tallos, las hojas y los raquis de la espiga, sin olvidar que las raíces son aporte orgánico para el suelo. (Cuevas, 2004)



# El tamo del arroz: El subproducto de la sostenibilidad

El aporte del tamo depende de la variedad, del manejo agronómico y de la época de cosecha. Las variedades presentan diferente arquitectura en sus plantas; de hojas largas y cortas, tallos gruesos o delgados, de alto o menor Macollamiento, altas o bajas y de panículas largas o cortas.

Variedad	Rendimiento kg/ha	Relación Grano / Paja
Fedearroz 50	8721	0.40
Fedearroz 2000	8721	0.41
Fedearroz 473	7848	0.49
Fedearroz 355	8721	0.41

La cantidad de **tamo verde** producido por las variedades de arroz oscila entre 21 y 33 ton/ha, aporte importante al ser incorporado al suelo como abono verde para el mejoramiento de sus propiedades físicas principalmente. (Cuevas, 2004)

## COMPOSICIÓN DE LOS VEGETALES

Están constituidos los vegetales por agua (80%- 90%), por una gran diversidad de moléculas orgánicas y por minerales que varían en su porcentaje de acuerdo con la especie vegetal y con su edad. (Castilla, 2012)



### En Arroz la composición Bioquímica en materia seca (5 – 7 ton /Ha)

Biomolécula	% masa seca	%Humus
Celulosa	20 – 50	2 – 10
Hemicelulosa	10 – 28	2 – 20
Lignina	10 – 30	35 – 55
Materias aminadas	1 – 15	14 – 45
Grasas, taninos, ceras	1 – 8	1 - 8

## CONCENTRACION DE NUTRIENTES EN EL TAMO Y LA SOCA DEL CULTIVO DEL ARROZ

NUTRIENTE	UNIDAD	TAMO	SOCA
NITROGENO	%	2.07	1.86
POTASIO	%	1.8	2.2
SILICE	%	3.7	2.3
FOSFORO	%	0.18	0.12
CALCIO	%	0.6	0.2
MAGNESIO	%	0.59	0.56

## CONCENTRACION DE NUTRIENTES EN EL TAMO Y LA SOCA DEL CULTIVO DEL ARROZ

NUTRIENTE	UNIDAD	TAMO	SOCA
BORO	ppm	2.3	15.5
COBRE	ppm	7.3	26
ZINC	ppm	TRAZAS	5.0
HIERRO	ppm	983	890
MANGANESO	ppm	620	3.22

Ppm. mg del nutriente/kg de materia seca

## Análisis bromatológico de Tamo de Arroz

Parámetro	Fedearroz 2000	Fedearroz 50
Humedad %	12,59	12,68
Proteína bruta %	7,84	4,13
Extracto etéreo %	2,04	1,46
Cenizas %	17,45	16,65
Fibra cruda %	33,95	36,33
Extracto no nitrogenado	26,15	28,78

(Cuevas, 2004)

- Marcadores moleculares filogenéticos y funcionales
- Actividad enzimática del suelo

- Promotores de crecimiento
- Fijadores biológicos de nitrógeno
- Solubilizadores minerales de fosfato
- Descomponedores de materia orgánica
- Controladores biológicos

Estudio y manipulación de fracción biótica de microorganismos no cultivables

**Incorporación y manejo del componente biótico del suelo**

Aplicación de enmiendas microbianas para mejorar la toma de nutrientes

Fitomejoramiento dirigido a la selección de genotipos eficientes en la promoción y actividad de microorganismos promotores de crecimiento vegetal

**Agricultura sostenible**

# Beneficios de los Residuos de Cosecha – Tamo de arroz



- Materia orgánica disponible y de menor costo en el cultivo de arroz.
- Mejora la estructura del suelo al aumentar la porosidad y reducir la compactación.
- Aumenta la retención del agua, permitiendo reducir las frecuencias de riego.
- Aporta nutrientes al suelo
- Aumenta la capacidad de intercambio catiónico.
- Controlador de malezas.

(Cuevas, 2004)

# Importancia de la materia orgánica como garante de mayor productividad

Los microorganismos vivos, influyen sobre los ecosistemas y su fertilidad, interviniendo en el establecimiento de los ciclos biogeoquímicos como en la formación de la estructura de los suelos. (Harrish y Birch, 1989)

La biomasa microbiana es la principal responsable en la descomposición de los residuos orgánicos, ciclo de nutrientes y flujo de energía dentro del ecosistema suelo y tiene en general un efecto benéfico sobre el desarrollo vegetal y la calidad el suelo. (Castilla, 2009)

Todos los residuos de plantas y animales retornan al suelo y son sometidos a la descomposición, ciclado de nutrientes y transformación de la materia orgánica de los microorganismos como resultado de este proceso microbiológico. (Castilla, 2009)

# Manejo integrado de residuos de cosecha en el cultivo del arroz

La Federación Nacional de Arroceros, ha hecho diferentes investigaciones, incorporando los residuos de cosecha con implementos y aplicando microorganismos descomponedores de tamo para conocer el grado de descomposición.

## Los tratamientos que trabajaron fueron:

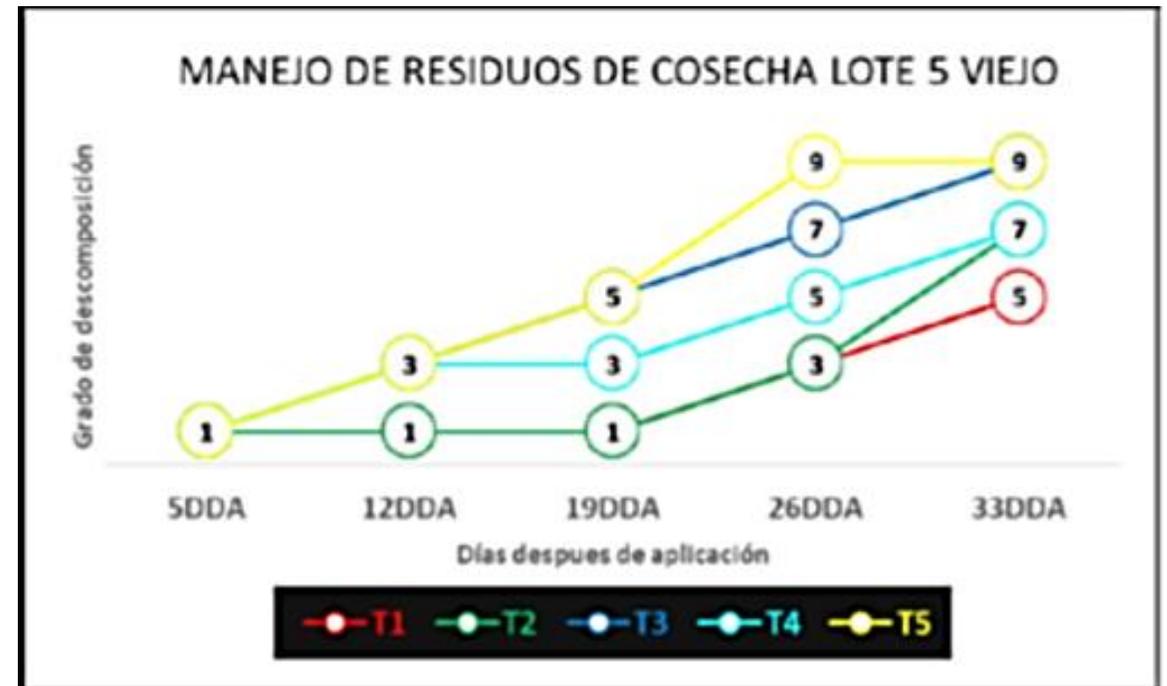
**T1:** sin aplicación de descomponedores de tamo y sin incorporación con implemento

**T2:** sin aplicación de descomponedores de tamo y con incorporación con implemento (Rolo faca)

**T3:** Aplicación de descomponedores de tamo y con incorporación con implemento (Rolo faca)

**T4:** Aplicación de descomponedores de tamo y sin incorporación con implemento

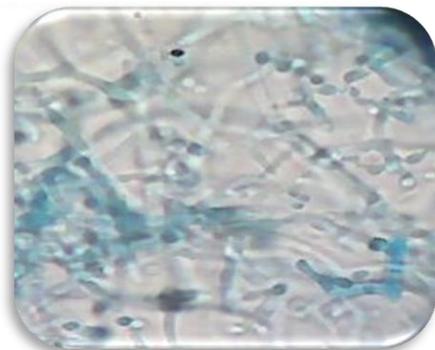
**T5:** Aplicación de descomponedores de tamo y con incorporación con implemento (Rastra)





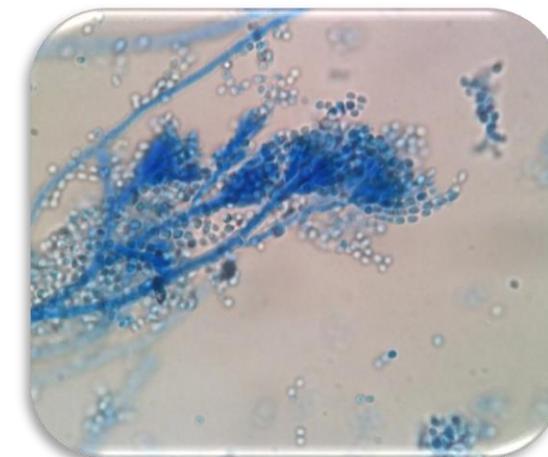
**FEDEARROZ**  
FONDO NACIONAL DEL ARROZ

# MICROORGANISMOS DEGRADADORES DE TAMO



• Hongos responsables de la mayor proporción de degradación de residuos lignocelulósicos: *Pleurotus sp.*, *Trichoderma sp.*, *Penicillium sp*

• Eficiencia y diversidad de los sistemas celulolíticos y ligninolíticos

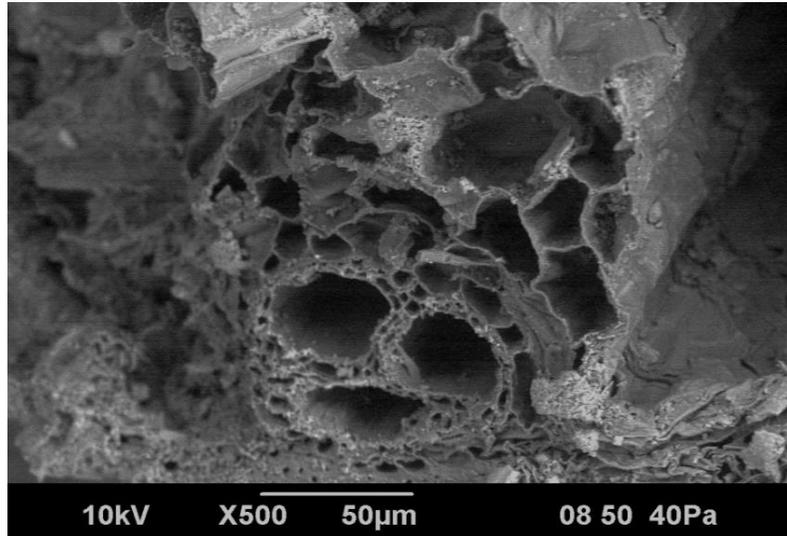


• Ventajas adaptativas – Rápida colonización

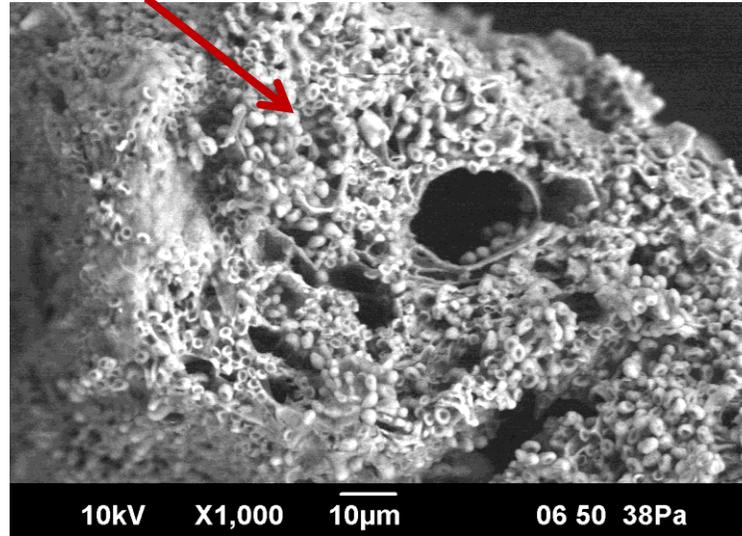


# PROCESO DE DEGRADACIÓN

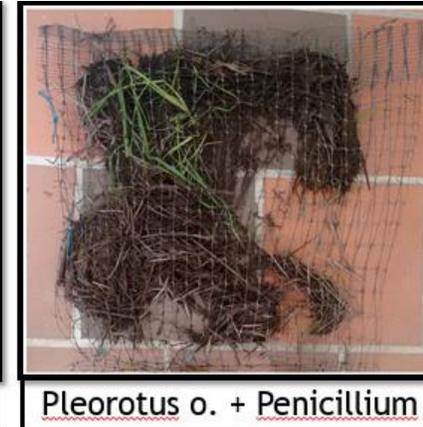
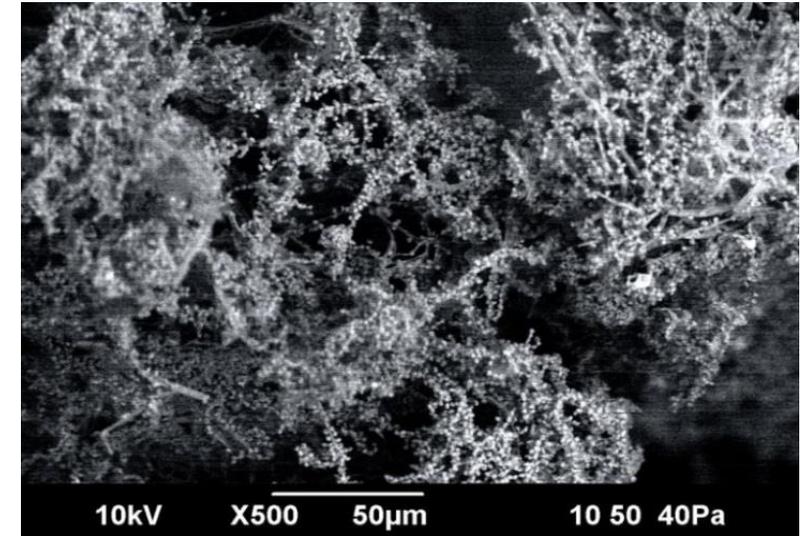
Día 0



Sustrato colonizado



Día 20



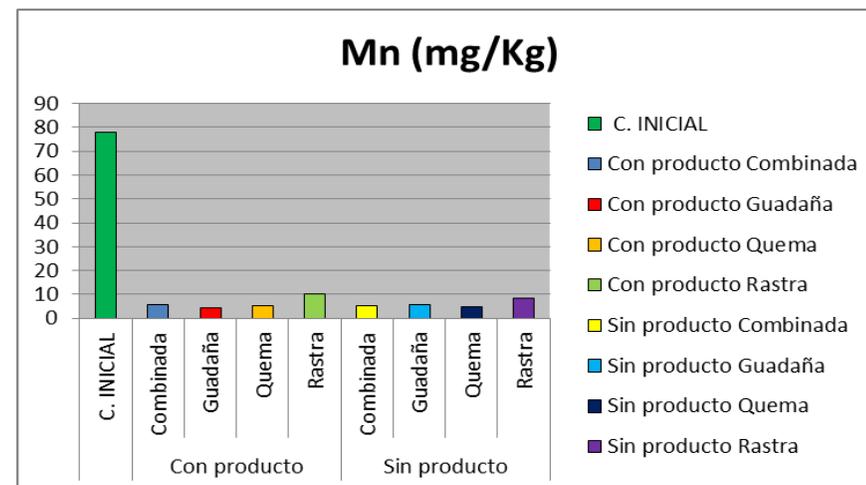
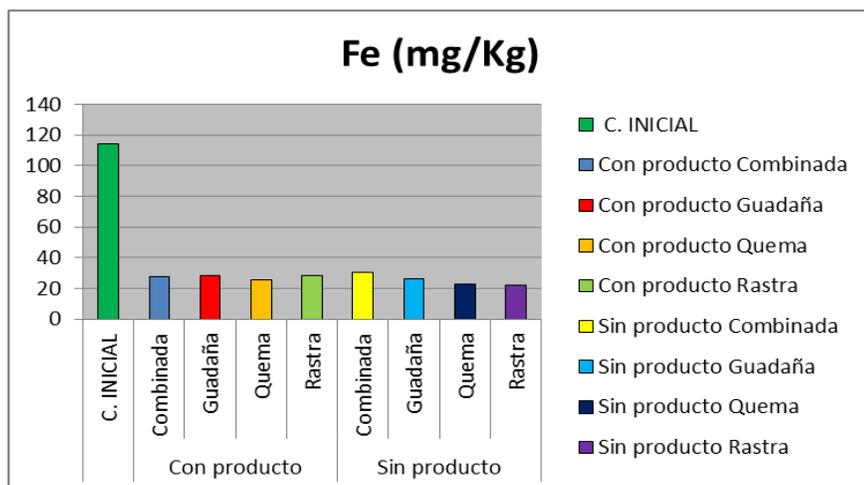
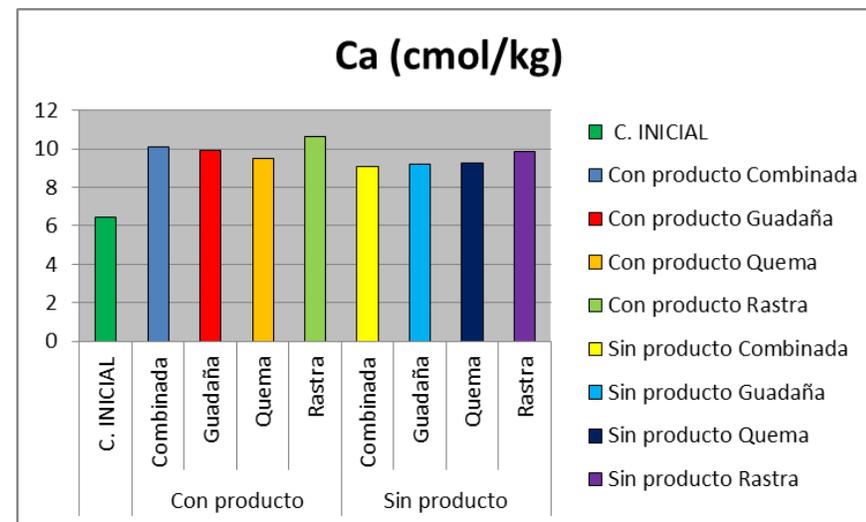
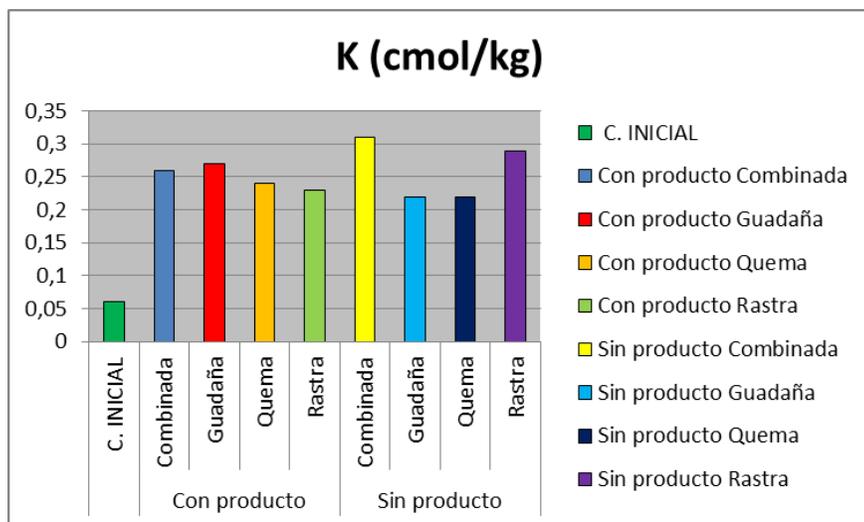
## CONCENTRACION DE MATERIA ORGANICA Y POBLACION DE MICROORGANISMOS

	< 1.5	1.5-3.0	>3.0
<i>Bacillus brevis</i>	-	975 mil	9 mill
<i>Pseudomonas sp.</i>	150 mil	-	-
<i>Azotobacter sp.</i>	-	300 mil	1.5 mil
<i>Aspergillus oryzae</i>	50 mil	300 mil	1.8 mill
<i>Bacillus megaterium</i>	100 mil	-	-
<i>Penicillium sp.</i>	250 mil	-	4.5 mill
<i>Sacharomyces sp</i>	-	150 mil	2 mill
<i>Streptomyces sp.</i>	-	-	2.3 mill

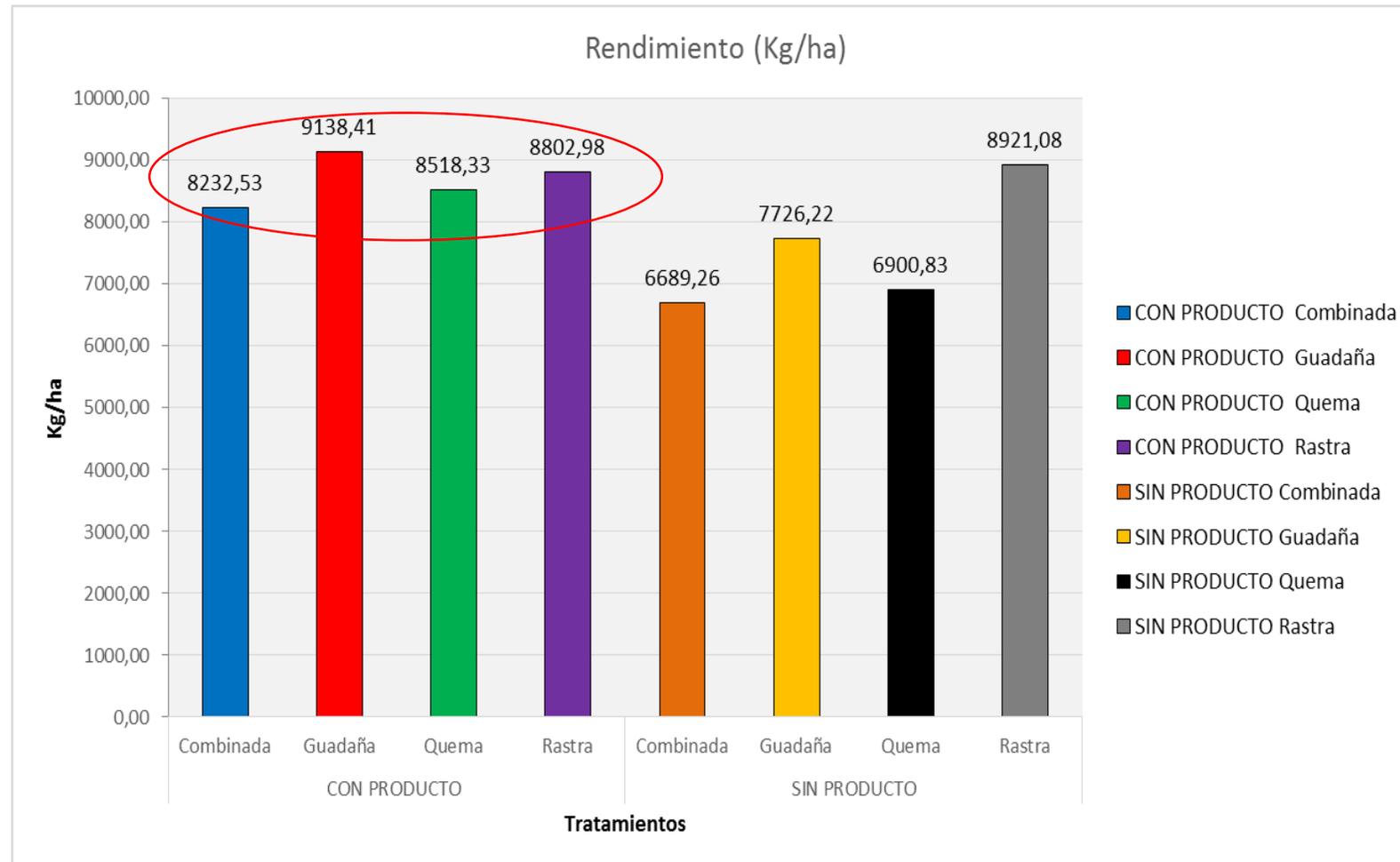
**Unidades formadoras de colonias/mg de suelo**

A mayor Materia Orgánica mas población y especies. **Biodiversidad**

# Efecto de la incorporación de los residuos de cosecha en el suelo



# Efecto de la incorporación de los residuos de cosecha en el rendimiento del arroz



# Efecto de la materia orgánica en el cultivo del arroz en el rendimiento del arroz

Tratamientos	Tradicional		Soca	
	Rendimiento (kg/ha)	Diferencia con el testigo	Rendimiento (kg/ha)	Diferencia con el testigo
Gallinaza Humi 75 % Fert.	6295	531	4607	890
Bocashi	6468	704	3771	54
Gallinaza Humificada	6582	818	4336	619
Testigo	5764	-	3717	-

(Guzmán y Castilla. 2002)

# Efecto de la aplicación de Compost sobre el crecimiento de la planta

Dosis de compost (kg/ha)	Altura (cm)	Panículas (m <sup>2</sup> )	Espiguillas No/Panículas		Rendimiento kg/ha
			Llenas	Vanas	
0	78	756	78.7	23.4	6438
500	86	896	93.3	14.2	7354
1500	89	843	97.9	17.5	7423
3000	95	964	94.6	13.1	6912

Al adicionar Compost de alta calidad permite **mejorar la disponibilidad de los nutrientes en la solución del suelo**, ya que posiblemente se mejora la actividad biológica del suelo, aumentando la solubilidad y mineralización de estos. (Castilla, 2004)



Uso de los  
residuos de  
cosecha como  
materia prima  
para un  
compost

La materia orgánica  
compostada esta  
íntimamente ligada a la  
conservación y el  
mantenimiento de la  
productividad y  
funcionalidad el suelo.



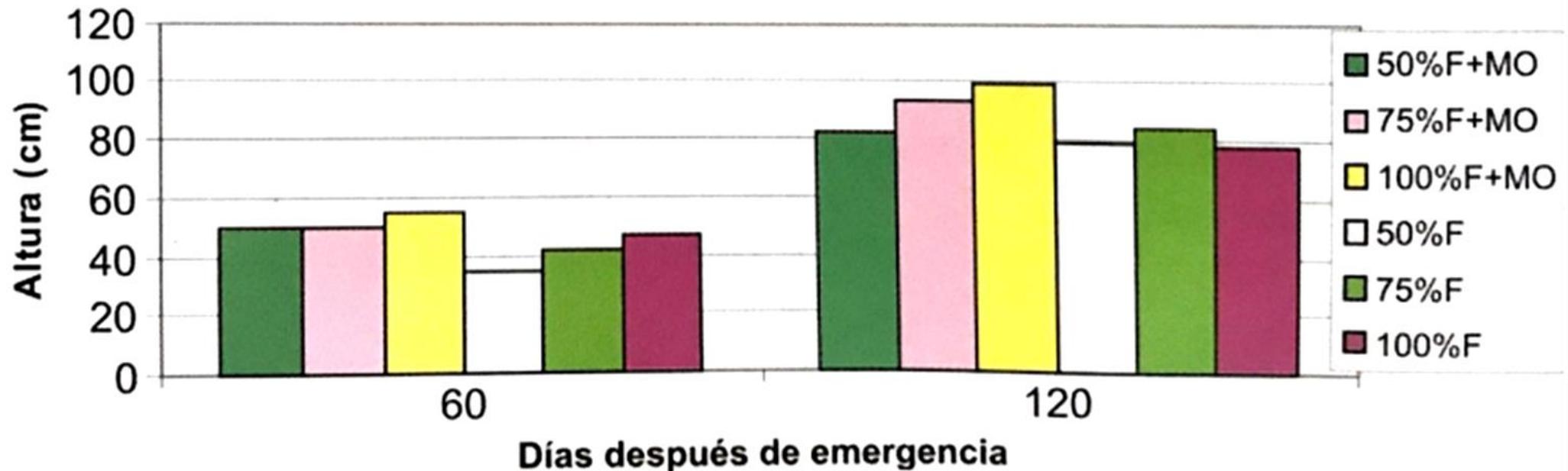
**Efecto de la aplicación de compost en el crecimiento del arroz**

## EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE M.O. COMPOSTADA SOBRE LA EFICIENCIA AGRONOMICA (kg incremento Rendimiento por Kg de nutriente aplicado)

<b>Nutriente</b>	<b>Con MO</b>	<b>Sin MO</b>
Nitrógeno	17.3	7.0
Fosforo	71.9	29.2
Potasio	17.3	7.0

# Interacción orgánica – inorgánica en el manejo de la fertilización en el cultivo del arroz

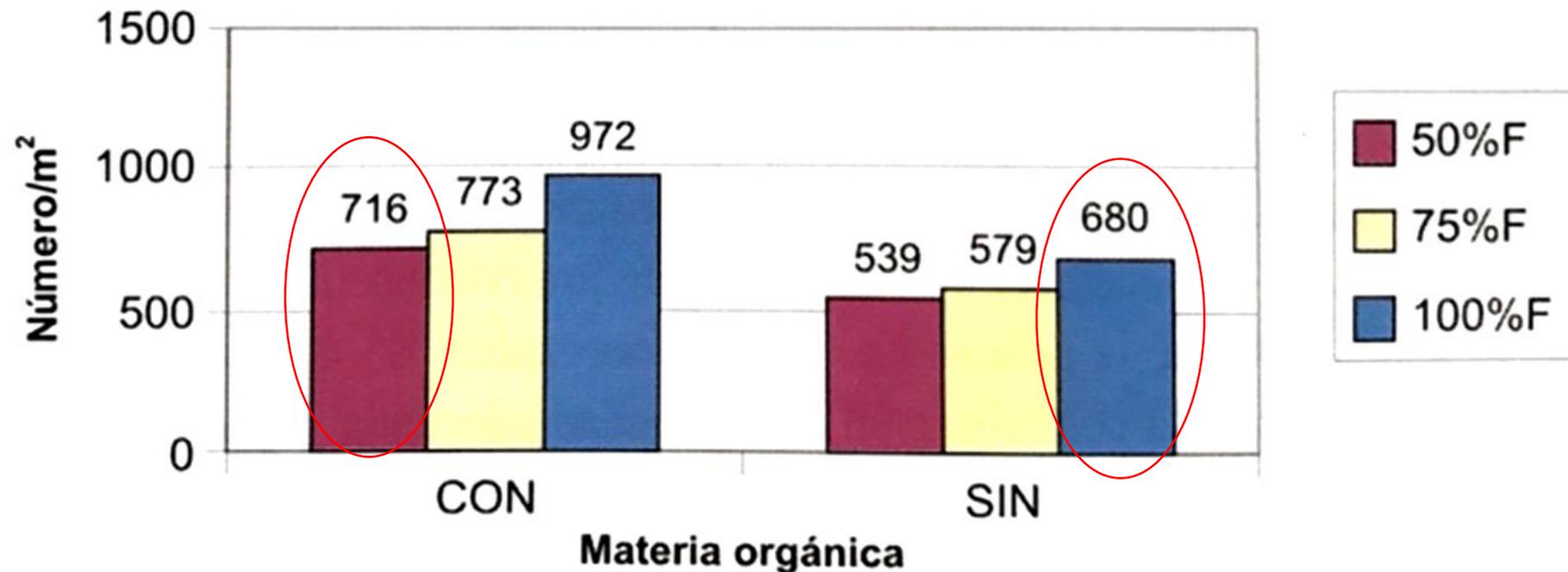
## Efecto de la aplicación de materia orgánica sobre la altura de la planta de arroz



(Castilla, 2006)

# Interacción orgánica – inorgánica en el manejo de la fertilización en el cultivo del arroz

## Efecto de la aplicación de materia orgánica sobre el macollamiento efectivo del arroz

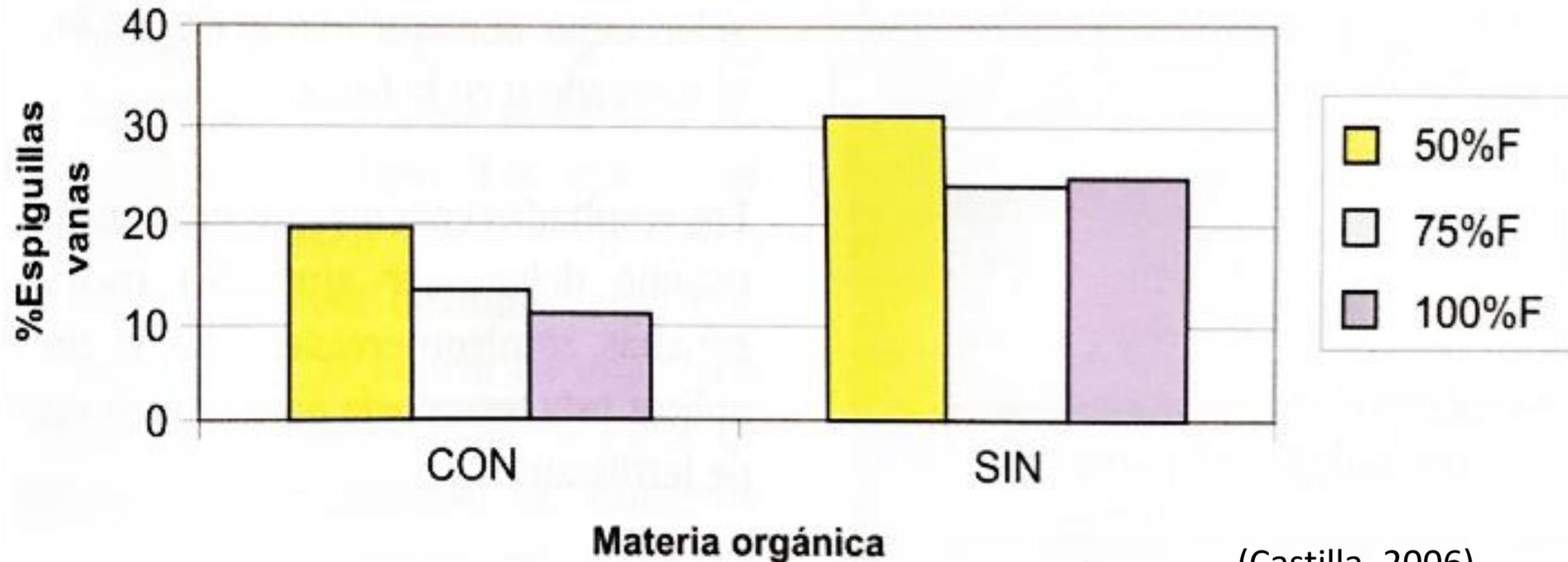


Compost : Olor a tierra y la composición de NPK mayor 6%

(Castilla, 2006)

# Interacción orgánica – inorgánica en el manejo de la fertilización en el cultivo del arroz

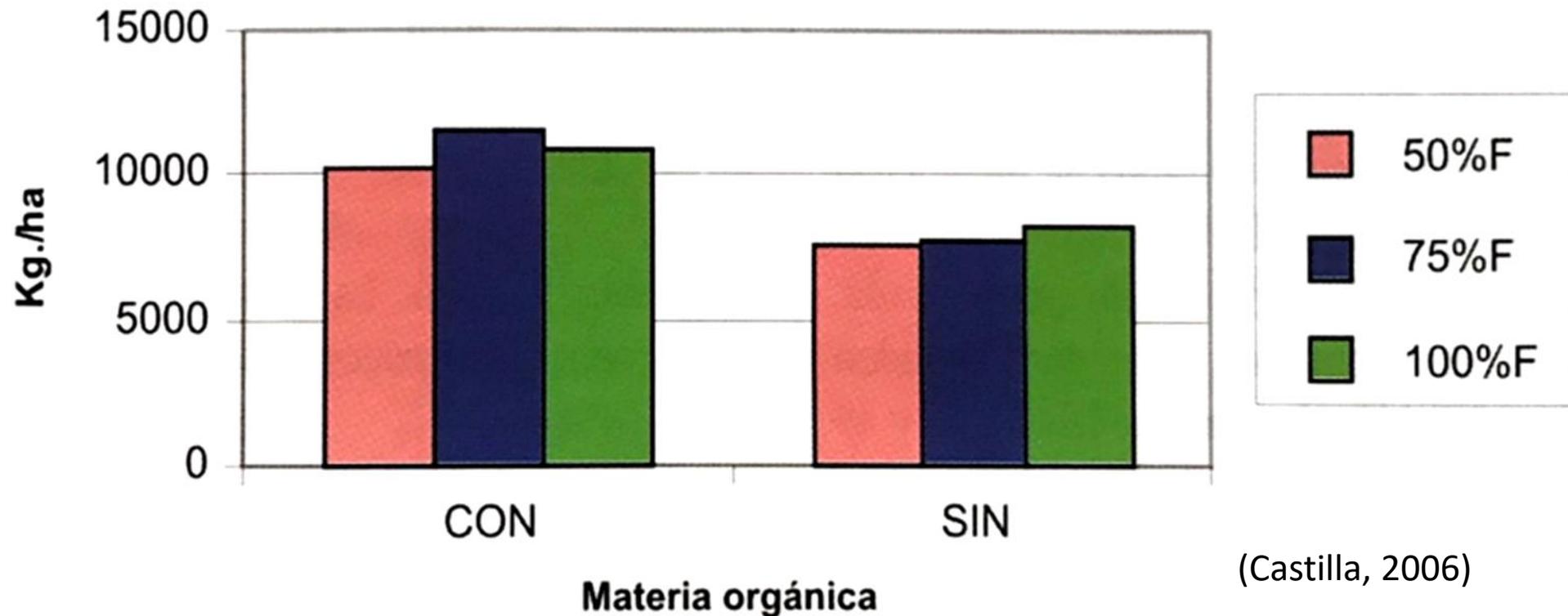
**Efecto de la aplicación de materia orgánica sobre el vaneamiento del arroz**



(Castilla, 2006)

# Interacción orgánica – inorgánica en el manejo de la fertilización en el cultivo del arroz

Respuesta del arroz en rendimiento a la aplicación de materia orgánica



(Castilla, 2006)

# Manejo productivo de residuos de cosecha de arroz

Investigación realizada para conocer el efecto de microorganismos eficientes sobre la consistencia del tamo y la planta de arroz en diferentes ambientes (húmedo y seco).

Especie <i>Trichoderma</i>	Altura planta (cm)	Consistencia tamo (Húmedo)	Consistencia tamo (Seco)
Testigo	42	2,0	3,0
<i>T. harzianum</i>	47	0,9	2,3
<i>T. lignorum</i>	48	0,7	2,0
<i>T. viride</i>	49	0,3	1,5

La aplicación de *Trichoderma* permitió tener plantas de arroz de mayor altura y vigor y tuvo un buen efecto sobre la consistencia del tamo especialmente cuando este presentaba humedad (H); con relación a las diferentes especies de *Trichoderma*, *T. viride* presentó un mejor resultado, aunque todas superaron al testigo. (Castilla, 2012).

## Manejo productivo de residuos de cosecha de arroz

Especie de Trichoderma	Rendimiento ton/ha
Testigo	10,7
<i>T. harzianum</i>	11,7
<i>T. lignorum</i>	11,9
<i>T. viride</i>	12,1

Con relación al rendimiento los resultados fueron significativos donde se aplicó *Trichoderma* siendo estos superiores especialmente con el *Trichoderma viride*. (Castilla, 2012)

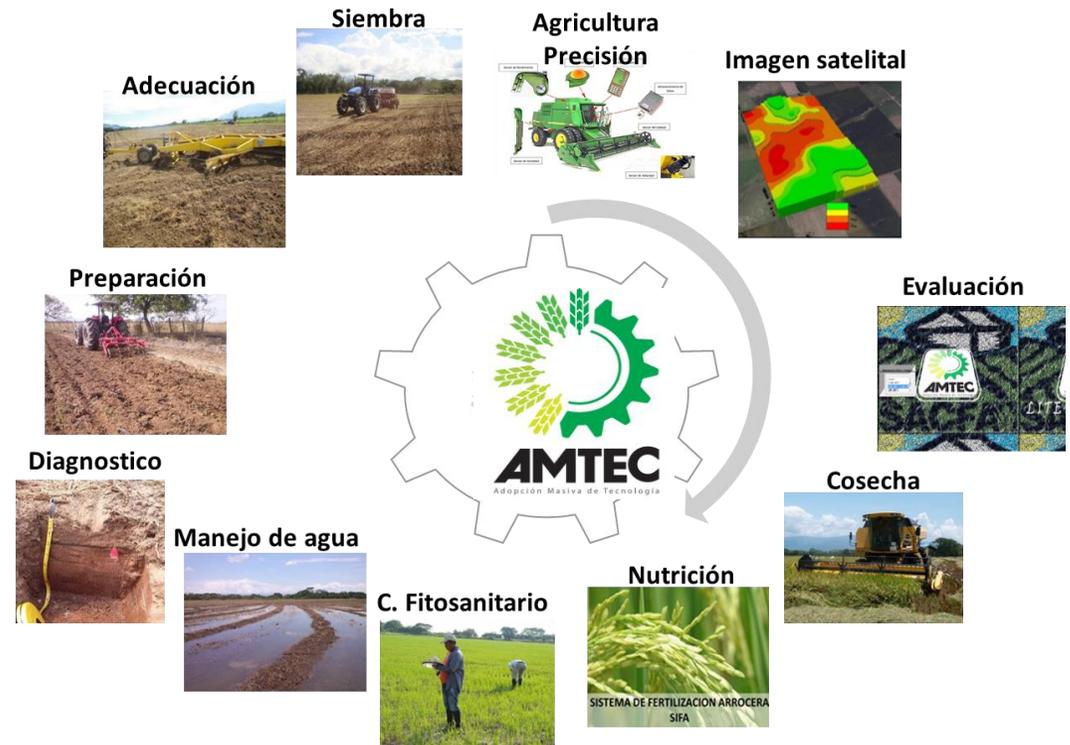
**Lote de arroz emergido después de aplicados el manejo de los residuos de cosecha**



# Transferencia de tecnología para la disminución de quema de tamo de arroz e implementación de prácticas benéficas para la disminución de los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP)



Brindar asesoría técnica a los productores arroceros implementando el programa AMTEC y la implementación de Buenas Prácticas agrícolas en el sector, donde se implementen mejores prácticas para la descomposición de tamo.



## Periodo de implementación del proyecto Agosto 2010 a Enero 2022

- Contratación de 12 I.A. para realizar asesoría técnica integral
- Establecimiento de lotes demostrativos de 1 hectárea en los lotes del 30% de los lotes de los agricultores (170 lotes en total en el proyecto)
- Transferencia de tecnología para los agricultores, instituciones locales de gobierno, asistentes técnicos privados, Universidades y otros entes de desarrollo agropecuario



# Conclusiones o consideraciones

**En condiciones favorables de humedad del suelo, realizando aplicaciones de hongos como los degradadores de lignina y celulosa y realizando incorporaciones directas al suelo, tenemos un manejo adecuado del tamo o residuo de cosecha de arroz, dándole al agricultor un alternativa de manejo**

**El manejo de los residuos de cosecha y reciclaje de nutrientes logra incrementar el rendimiento del arroz mejorando la productividad y conservando los recursos naturales y sin contaminar el medio ambiente con la producción de gases de efecto invernadero por la quema de estos residuos.**