



UCI

Universidad para la
Cooperación Internacional

Gestión Integral de Residuos Sólidos

Universidad para la Cooperación Internacional

Ing. Rooel Campos Rodríguez. Ph.D



- Territory : 51 100 km²

- Population: 4 947 490

Panorama general en Costa Rica

**Generación de 6000 toneladas
diarias**

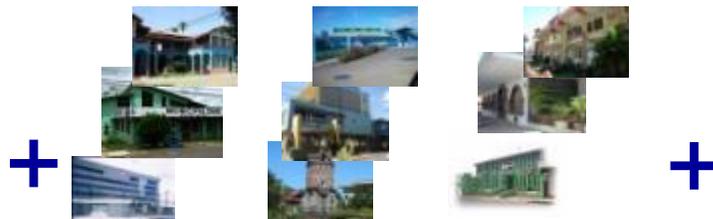
1,22 kilogramos per cápita

**El $48 \pm 4\%$ de la generación
corresponde a RSB (Residuos
Sólidos Biodegradables)**

**88% de los municipios (71 de 81)
ha iniciado con programa de
recolección selectiva (Ministerio de
Salud, 2017)**



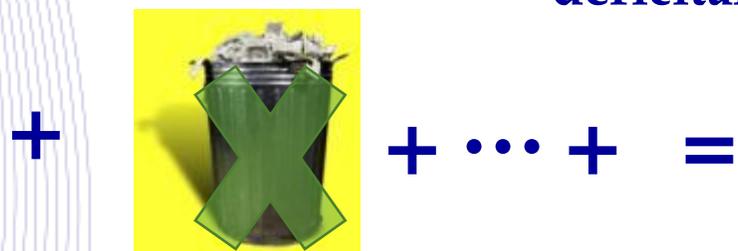
Disposición de residuos



**Manejo de residuos: 100 %
responsabilidad
Municipal, (servicios
deficitarios e ineficientes)**

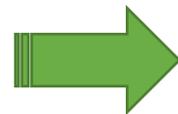


**Falta de interés
político**



Residuos ≠ material valorizable

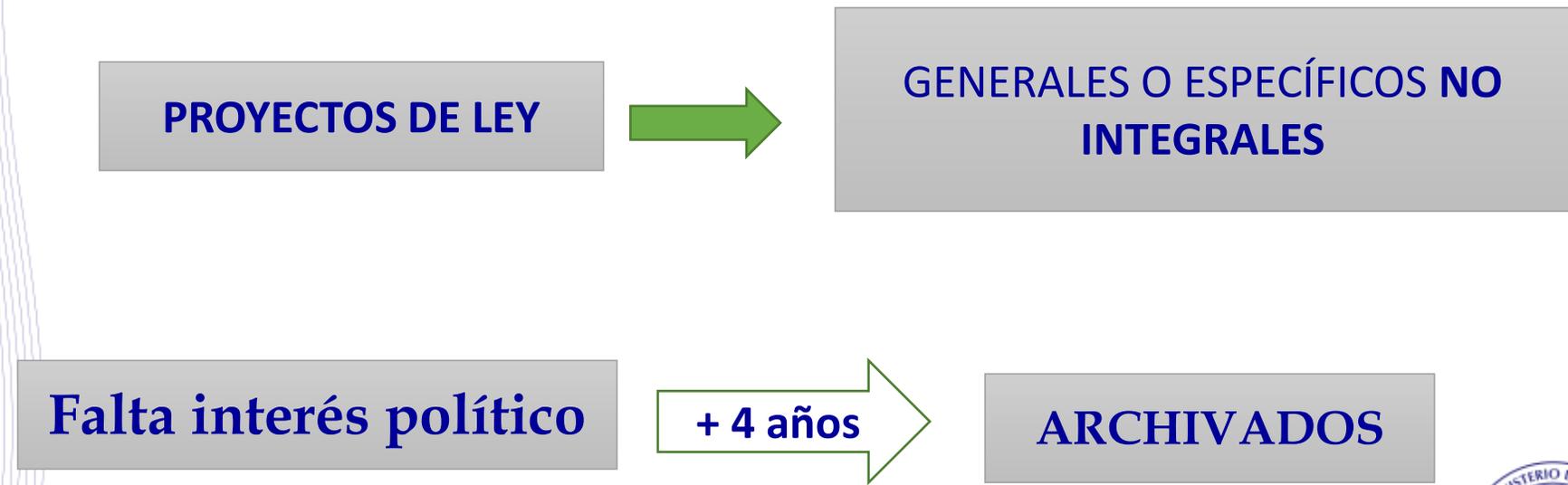
**Modelo
No ha
Funcionado**



**Necesidad de
Cambio**



- Últimos 20 años se plantearon más de 15 proyectos de Leyes en la Asamblea Legislativa para la **Gestión Integral de Residuos**



Conjunto de instrumentos nacionales para la Gestión Integral de Residuos



Ley GIR 8839

- Esta Ley tiene por objeto regular la gestión integral de residuos y el uso eficiente de los recursos, mediante la planificación y ejecución de acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas, educativas, ambientales y saludables de monitoreo y evaluación.



¿Qué es la GIR?



Conjunto articulado e interrelacionado de acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas, educativas, de planificación, monitoreo y evaluación para el manejo de los residuos, desde su generación hasta la disposición final



Se debe cambiar el concepto y término de basura o desecho, comúnmente usados, por el de “residuo” con el fin de reconocer que estos tienen un valor intrínseco que no puede desaprovechar enterrándolos o depositándolos en cualquier paraje



Los mejores residuos son siempre aquellos que no se generan y que por lo tanto deben evitarse hasta donde sea posible

Objetivos de la Ley

Definir
responsables
de la GIR

Creación y
mejoramiento
Infraestructura

Promover
separación en
la fuente

Involucrar a los
ciudadanos

Desarrolla y
promover
incentivos

Gestión Integral de Residuos



Principio de Jerarquización

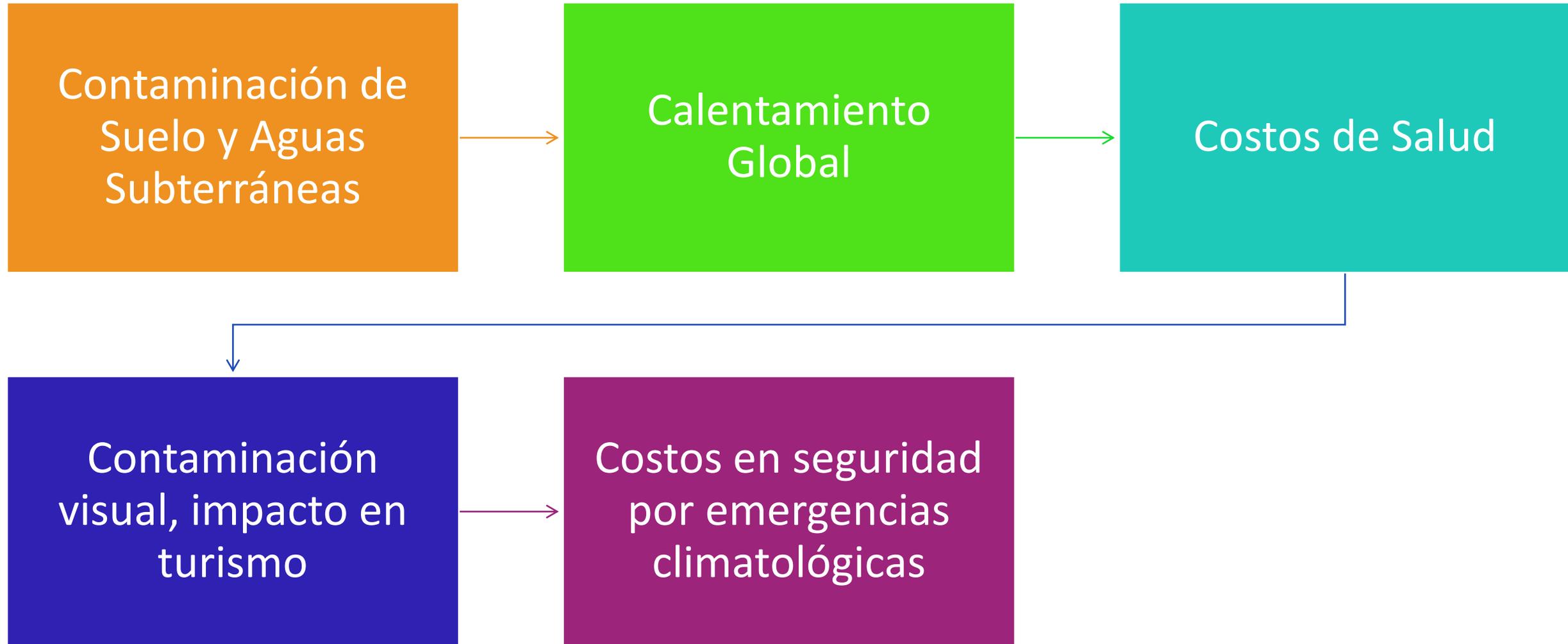


Evitar, reducir y
reutilizar

Valorizar y tratar

Disponer

Problemas de la GIR



POLÍTICA NACIONAL GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS 2010-2021



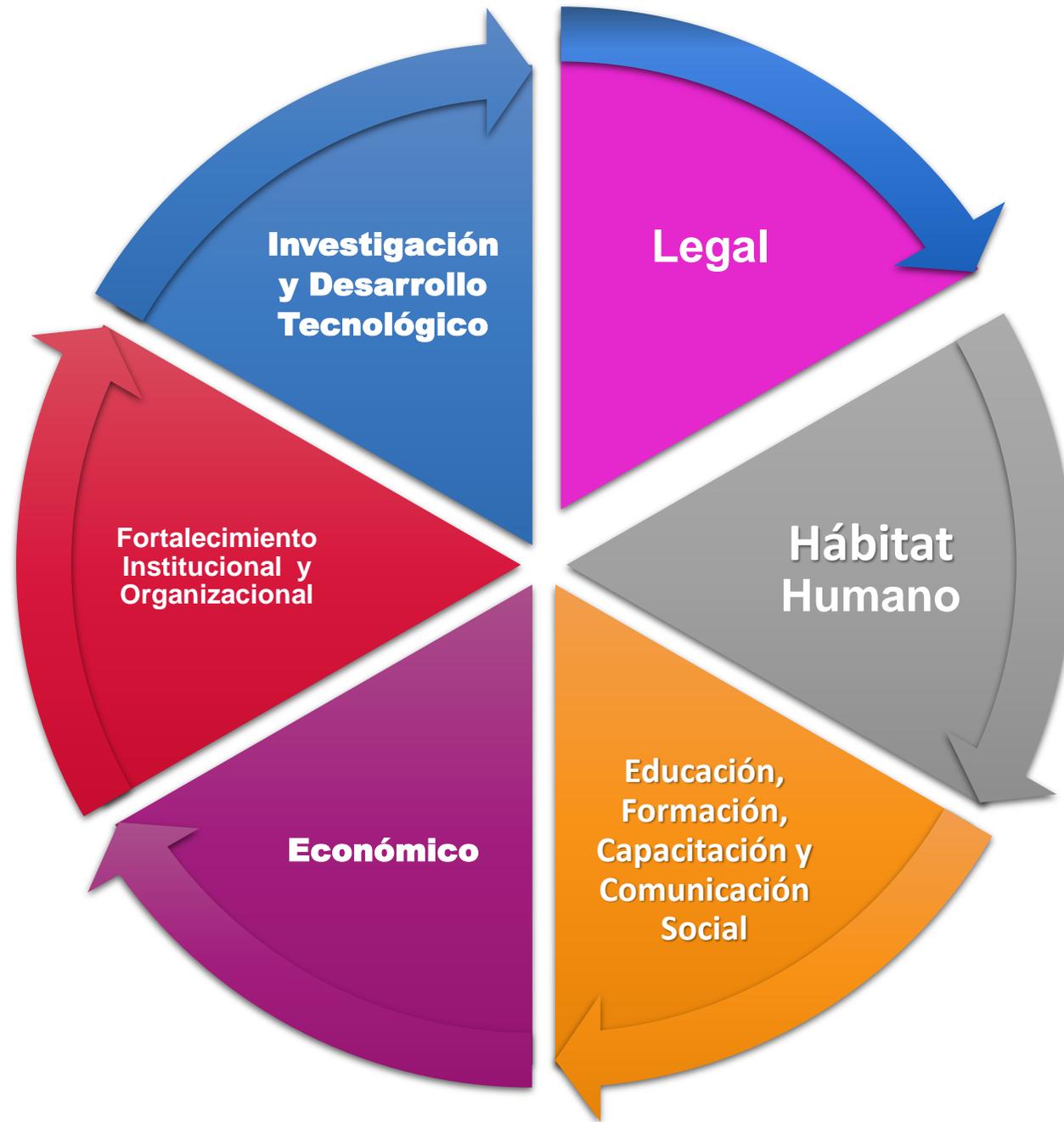
Proceso de construcción Política para la Gestión Integral Residuos



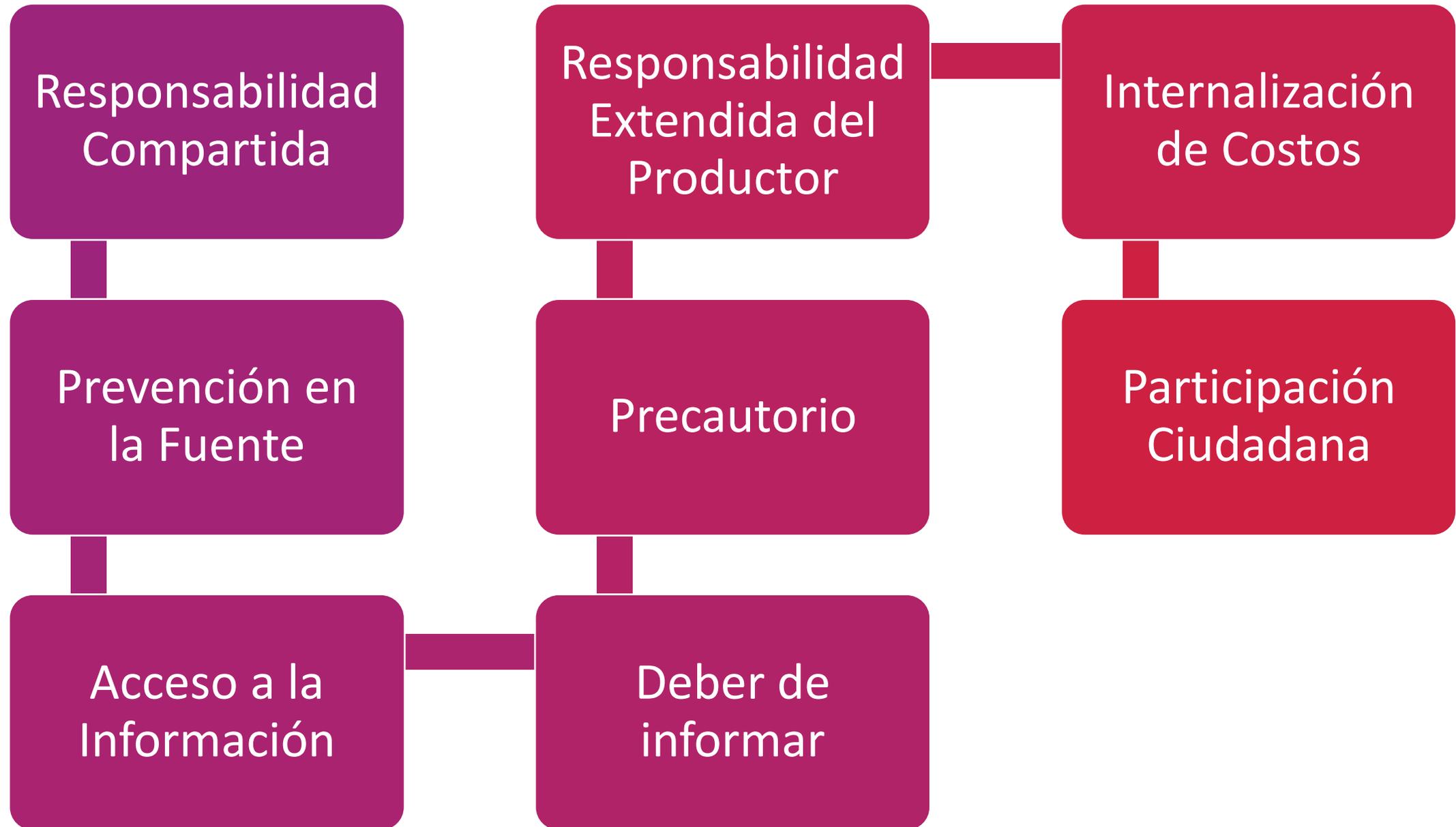
Nota: La Validación Interna de la política; se realizó con funcionarios de los 3 niveles de gestión del Ministerio de Salud Y la Validación Externa incluyó la participación de actores intersectoriales vinculados con el tema.

Propósito de la Política

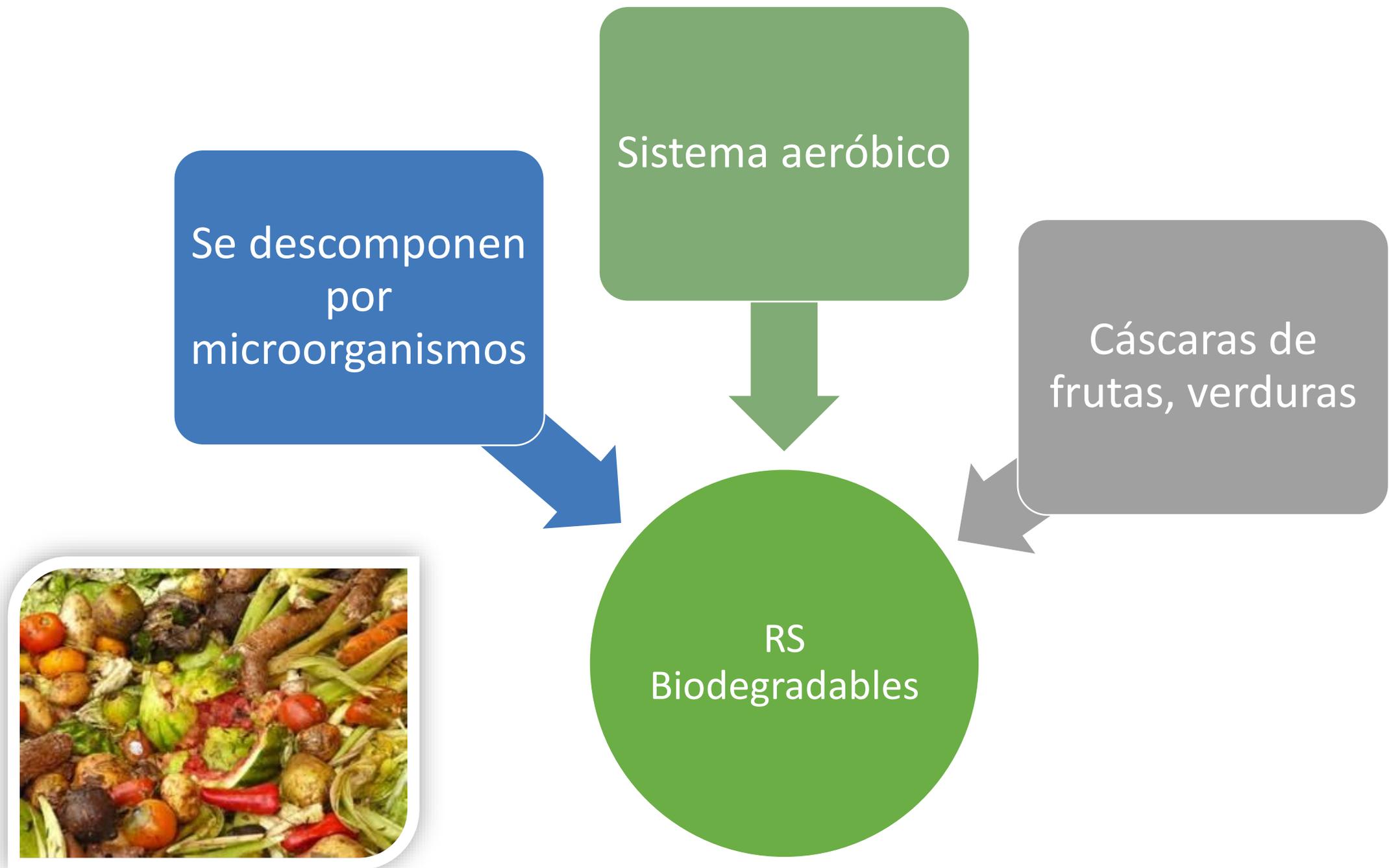
Que el Estado costarricense garantice y respete el acceso y ejercicio al derecho de un ambiente saludable y el derecho de la sociedad a estar informada corresponsablemente en materia de la gestión integral de residuos.



Principios orientadores de la Política



**Compostaje de Residuos Sólidos Biodegradables
por medio del método Takakura
Alternativa de Gestión de Residuos Sólidos
Biodegradables**



Se pueden minimizar al trabajar con evitar
Pérdida y Desperdicio de Alimentos

Al tratar RSB se estaría reduciendo a la
mitad el volumen de residuos municipal

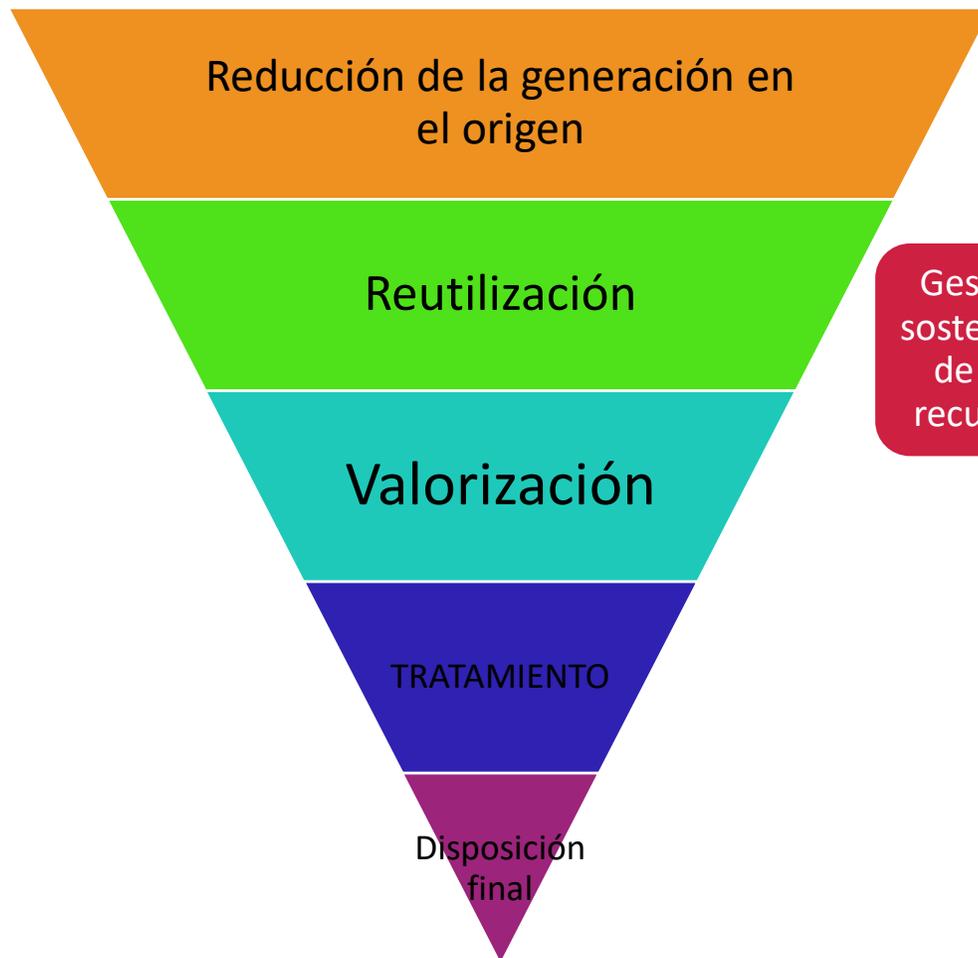


Recolección y tratamiento en rellenos
sanitarios es costoso e implica importantes
infraestructuras.

Genera ambientes para el desarrollo de
insectos vectores de enfermedades, malos
olores, gases de efecto invernadero, y
lixiviados que contaminan las corrientes de
aguas y mantos acuíferos.

Ley para la Gestión Integral de Residuos Nº 8839

Manejo diferenciado de los residuos, se plantea un tratamiento con un orden jerárquico

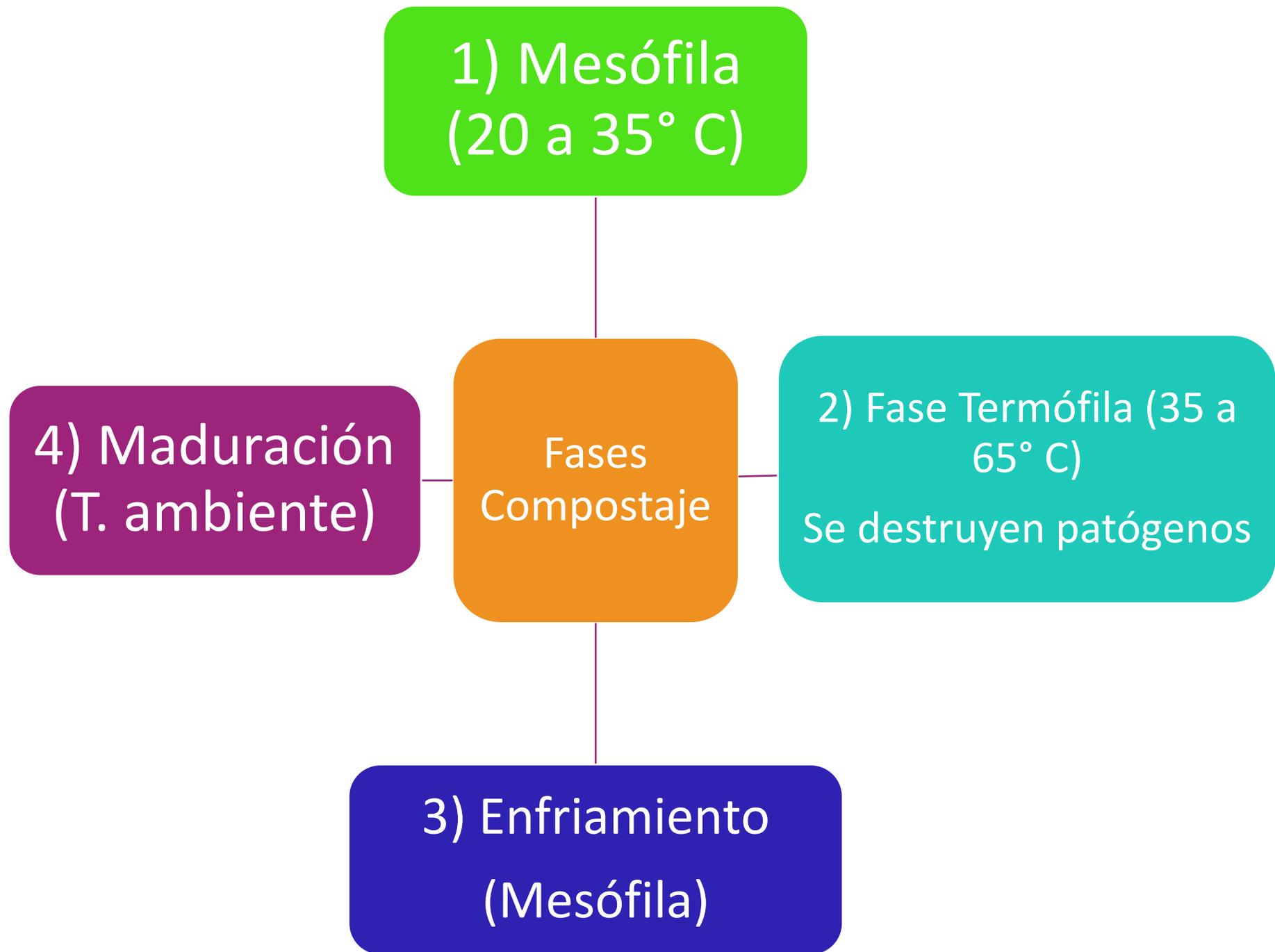


Compostaje

Transformación biológica de los residuos en condiciones controladas

Proceso sencillo de valorizar los RSB

Se puede involucrar y responsabilizar la mayoría de personas



Factores principales que intervienen en el compostaje

Temperatura

- Mayores entre 45 a 55 grados
- Sanidad del proceso y velocidad de descomposición

pH

- Entre 6 y 8 es lo ideal
- Compost maduro 7,5

Humedad

- Alrededor del 40%

C/N

- En el proceso 25:1 40:1 (desarrollo de microorganismos)
- Compost maduro 15:1

Microorganismos en el proceso de compostaje

Bacterias: los primeros en aparecer.
Papel principal en la descomposición (80% a 90%).

Mesofílica y
Termofílica

Hongos: En forma de moho y levadura en enfriamiento y maduración. La mayoría viven en la capa externa del compost

Actinomicetes:
Similares a los hongos. Forman el humus y dan el olor característico a tierra húmeda

El Compost

Producto natural resultante de transformaciones biológicas y químicas de la mezcla de sustancias de origen vegetal, animal y mineral, utilizado como fuente de nutrimento y mejorador de suelos.



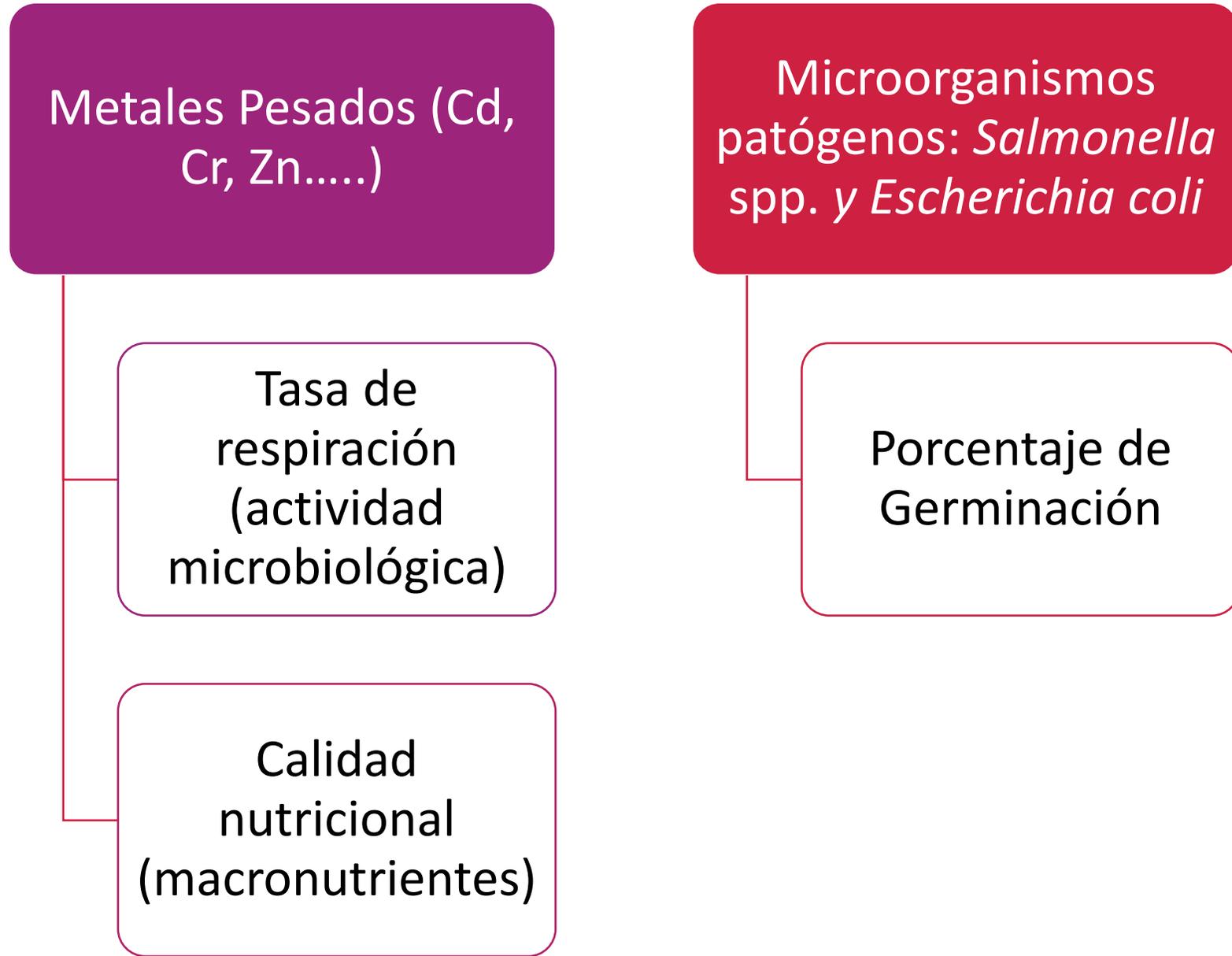
El compost es el producto del compostaje, bajo la transformación biológica y controlada de mezclas adecuadas de materiales orgánicos, presenta cierta homogeneidad, color oscuro y olor a tierra de bosque. Sus características vienen muy influenciadas por los materiales tratados y la duración del proceso, así como por la tecnología aplicada.

Parámetros para calidad de compost

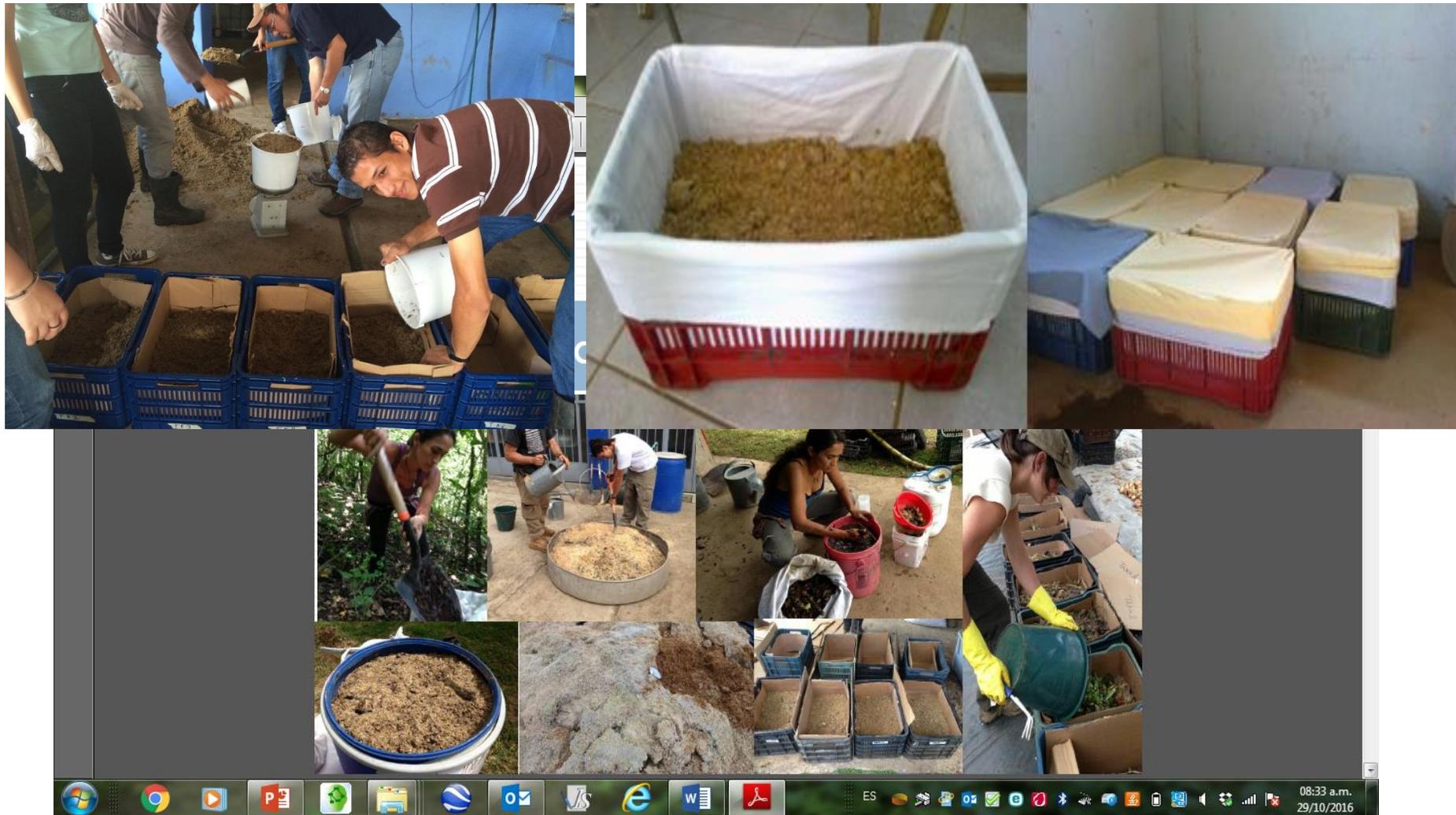
Tipo	Parámetro	Valor Límite o Rango
Físico	Olor ^(a;b)	Olor a tierra de bosque
	Color ^(a;c)	Café a negro
	Textura ^(b)	Suelta y algo granulosa
	Tamaño de partículas ^(c)	< 2 mm
Físico	pH ^(a;d;f)	6,0 – 8,5
Químicos	CE ^(e;g)	< 10 mS/cm
	Relación C:N ^(a;f)	< 20 - 40
	Humedad ^(a;c;d;f)	35 – 45 %

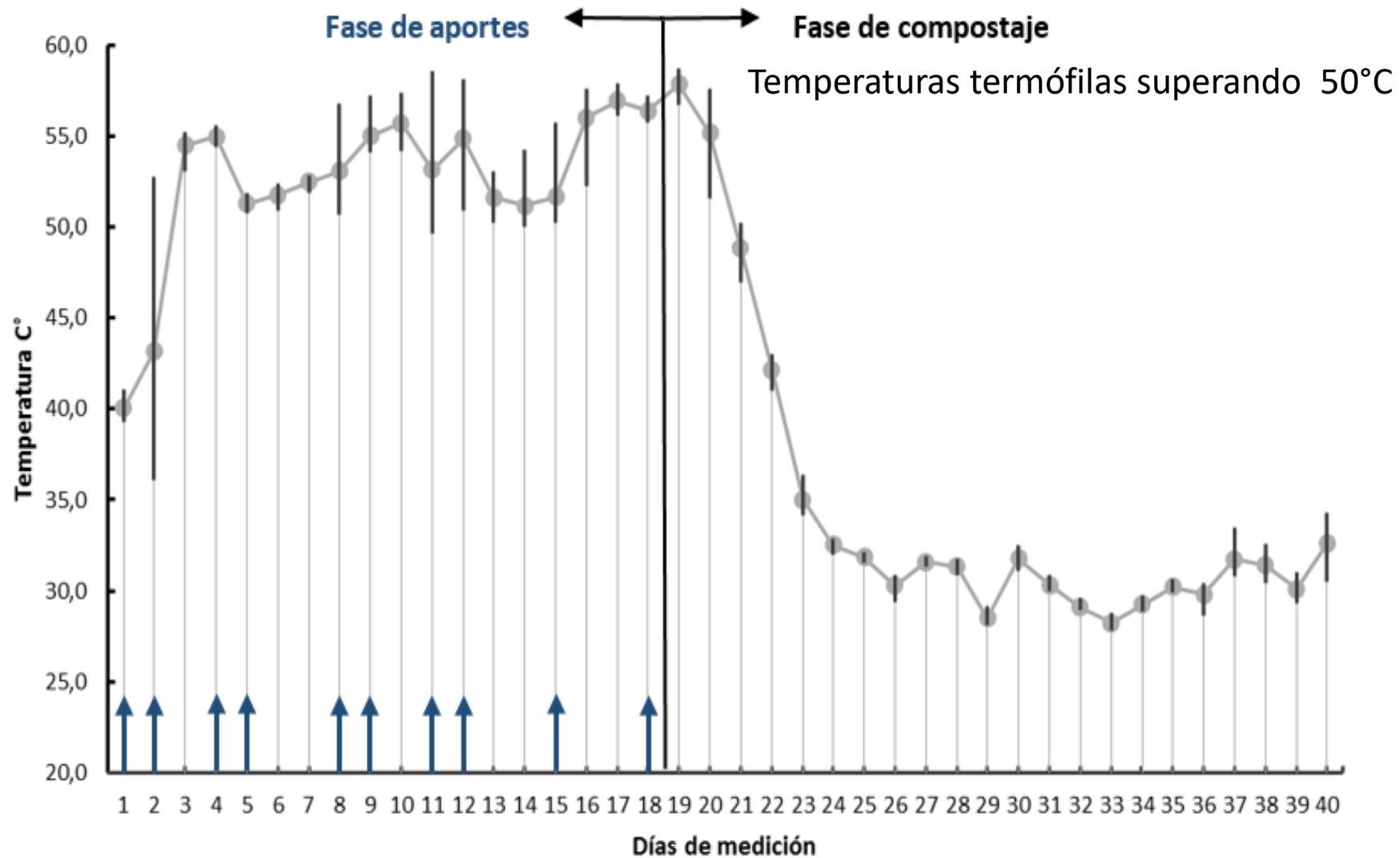
Fuente: ^(a) Soto y Meléndez 2004, ^(b) Bueno 2010, ^(c) Soliva y López 2004, ^(d) HKORC 2005, ^(e) WRAP 2011, ^(f) Moreno y Moral 2008, ^(g) Arrigoni 2011.

Otros parámetros



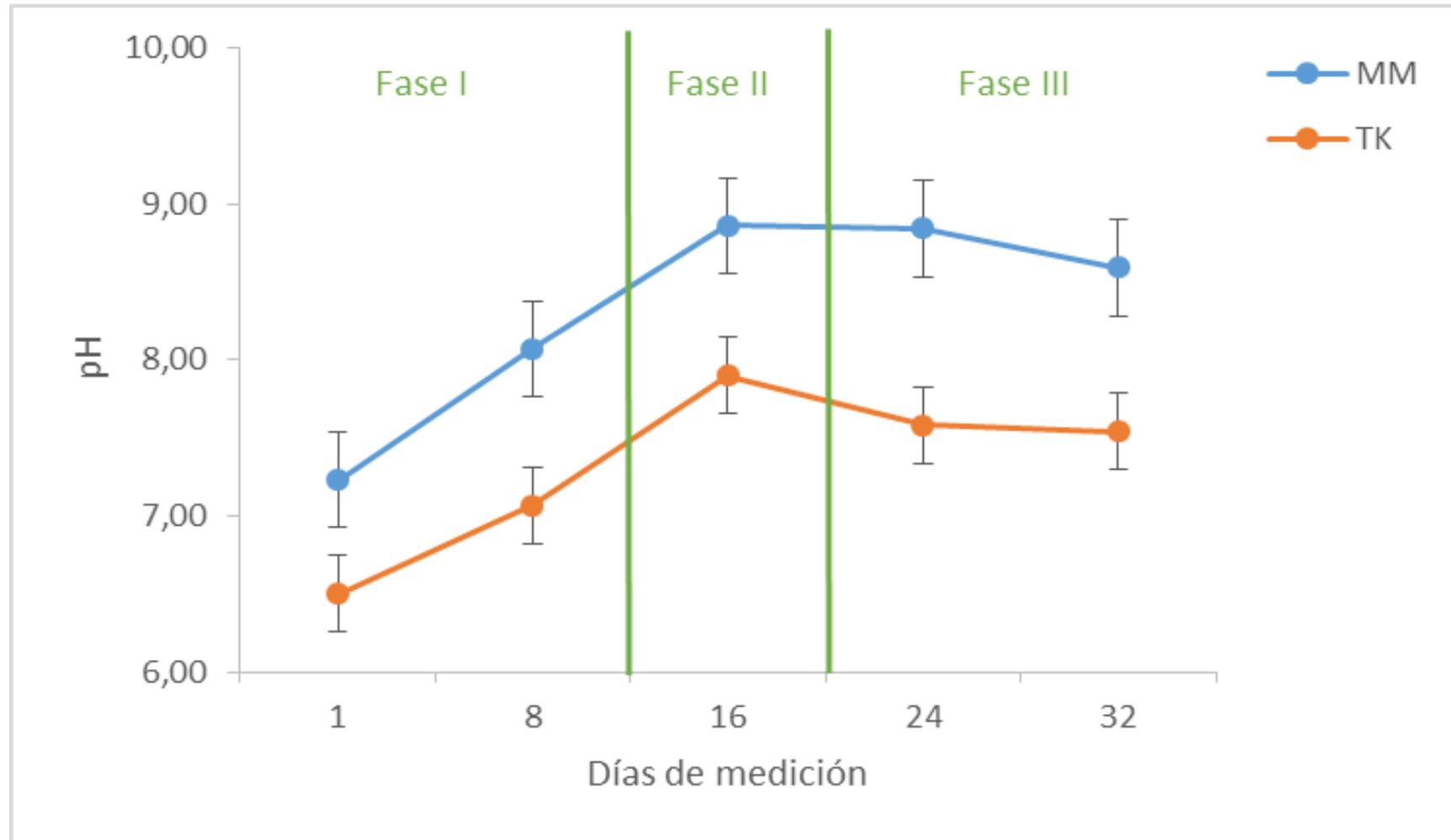
Unidades Experimentales



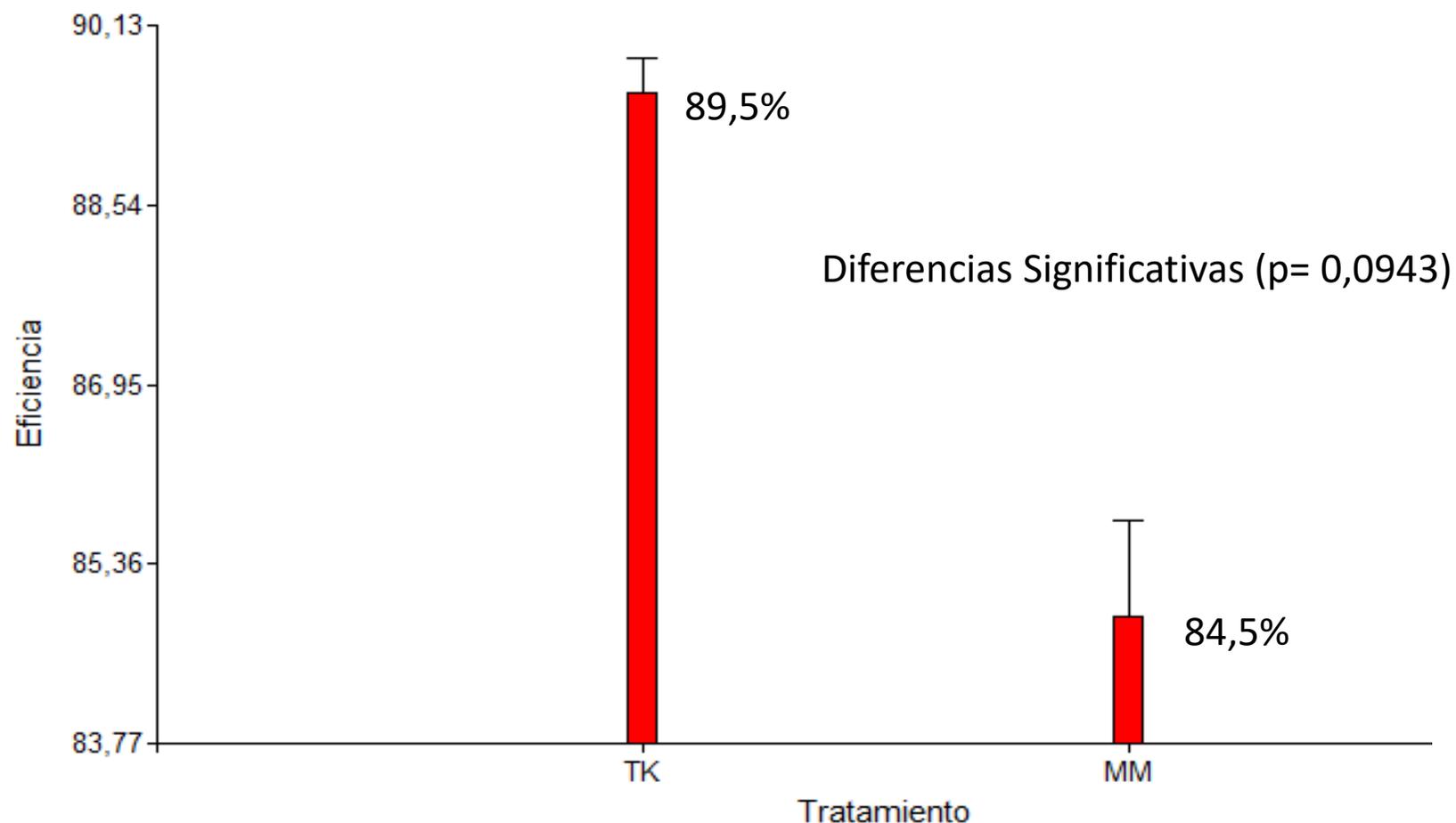


Medición de temperatura del tratamiento de sustrato microbial de Takakura durante las fases de aportes y compostaje

Resultados: pH

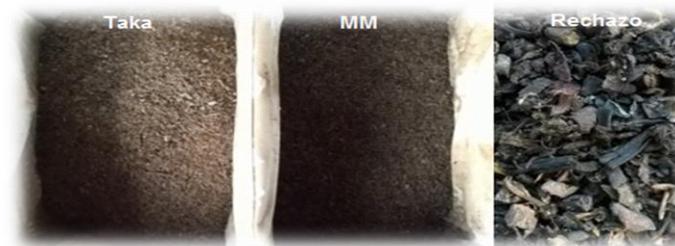
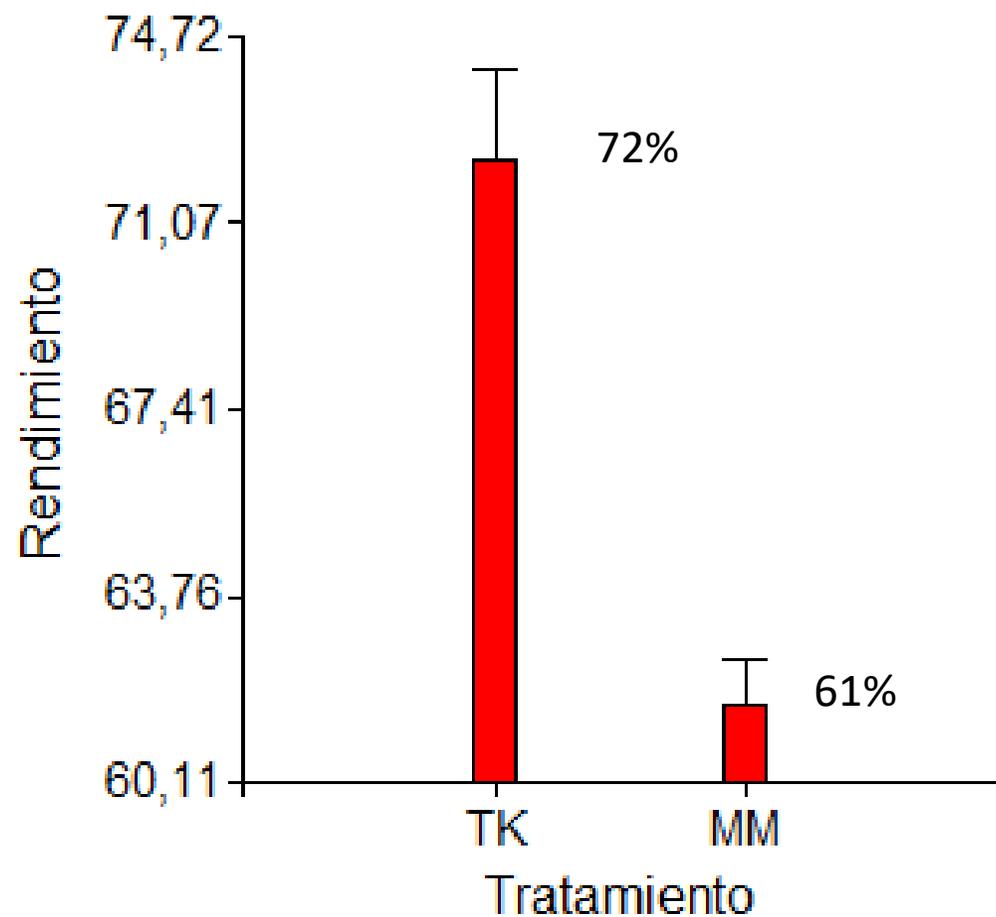


Resultados: Eficiencia



La eficiencia (reducción) de los residuos orgánicos se consideró como la relación porcentual entre el peso del material resultante (día 35) con respecto al peso inicial. El peso inicial del material es la suma del sustrato (5 kg) más los residuos orgánicos incorporados en los 16 días (24 kg), para cada una de las compostadoras

Resultados: Rendimiento del compost



Valor $p=0,06$

Compost final es el menor a 10 mm. Relación compost final y compost total (rechazo y final)

Características cualitativas durante el proceso de compostaje

Variable	Tratamiento	
	Takakura	Microorganismos de Montaña
Olor	Olor agradable durante todo el proceso	Olor agradable durante todo el proceso
Generación de lixiviados	No generó lixiviados	Generación mínima al inicio de la tercera semana
Presencia de insectos	No presentó larvas	No presentó larvas
Humedad	Adecuada	Adecuada
Degradación de residuos	Residuos no identificados al final del proceso	Algunos residuos identificables al final del proceso

Análisis físico - químico del compost

Tratamiento	% Humedad	pH	Relación C/N	Conductividad eléctrica (mS/cm)
Takakura	37 a	7,65 a	21 a	7,75 a
MM	38 a	8,83 b	27 b	8,83 a
Rango óptimo	35-45 ^(c)	6,0 -8,5 ^(d)	20 -40 ^(c)	Menor 10 ^(e)
Valor p	0,0675	0,0001	0,0002	0,0785

Valores con letra común no son significativamente diferentes a nivel de significación 0,05

Fuente: ^(c) Soto, 2002. ^(d) Moreno y Moral, 2008. ^(e) Arrigoni, 2011.

Valores de macronutrientes del compost obtenido (%)

Tratamiento	N	C	P	K	Ca	Mg
MM	1,95 a	36,72 a	0,56 a	1,10 a	2,16 a	0,33 a
TAKA	2,41 b	44,13 b	1,88 b	1,27 b	3,62 a	0,88 b
Valor referencia ^(a)	0,4 - 3,5	8 - 50	0,3 - 3,5	0,5 - 1,8	1,5 - 7	0,5 - 1,5

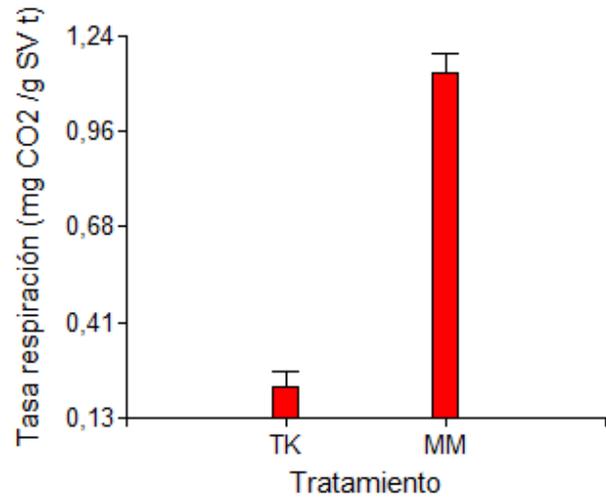
Valores con letras en común no son significativamente diferentes a un nivel de confiabilidad del 0,05.
Fuente: ^(c) Altamirano y Cabrera 2006, FAO 2012.

Calidad microbiológica

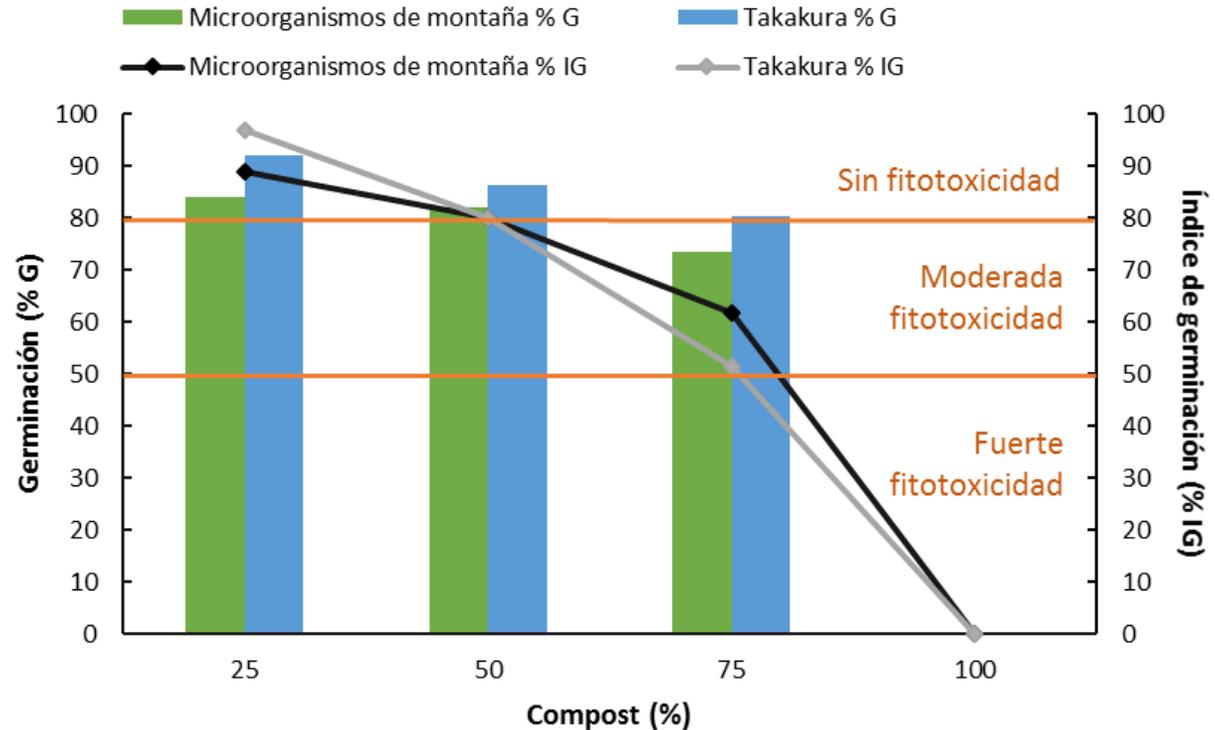
Tratamiento	<i>Escherichia coli</i> NMP/g	<i>Salmonella spp.</i>
MM	4,5	Negativo
TAKA	4,5	Negativo
Límite permitido ^(a)	1000	< 3

Fuente: ^(a) CCME 2005, HKORC, 2005.

Resultados: Madurez, Fitotoxicidad y germinación



Tasa de respiración menores a 2, esta categoría contempla al compost bien terminado, que no continúa la descomposición, que no produce olor y no tiene potencial para fitotoxicidad (CIA 2012).



Los mejores resultados de germinación se obtuvieron con mezclas de 50% de compost y 50% suelos, en ambos tratamientos, pero estas diferencias no son significativas en comparación con los resultados obtenidos en la mezclas de 25% compost y 75% de suelo

Compost final
Día 35



2 da. Semana
compostaje
Día 32



1 era. Semana
compostaje
Día 25



Ultimo Aporte
Día 18



MM



TAKA

Prueba en campo con lechuga

- El experimento consistió de cuatro tratamientos: Takakura (TKK), Microorganismos de Montaña (MM), abono Juan Viñas (JV) y un Testigo (TT).
- TKK y MM fueron elaborados previamente y contenían residuos sólidos orgánicos provenientes de restos de comida de la zona de estudio.
- El tratamiento JV: abono adquirido directamente en el comercio.



Figura . Preparación de residuos orgánicos domiciliarios



Figura . Elaboración del TKK en Santa María de Guácimo

Resultados en Campo

Escala de color

Cuadro . Patrón utilizado para la aplicación de la escala de Likert.

Escala	Puntuación Máxima	Intervalo	Tonalidad
5	25	21 a 25	Verde oscuro
4	20	16 a 20	Verde claro
3	15	11 a 15	Verde amarillento
2	10	6 a 10	Verde amarillo
1	5	1 a 5	Amarillo



Figura . Modelo de escala de color utilizado para evaluar las lechugas cosechadas de cada tratamiento.

Masa

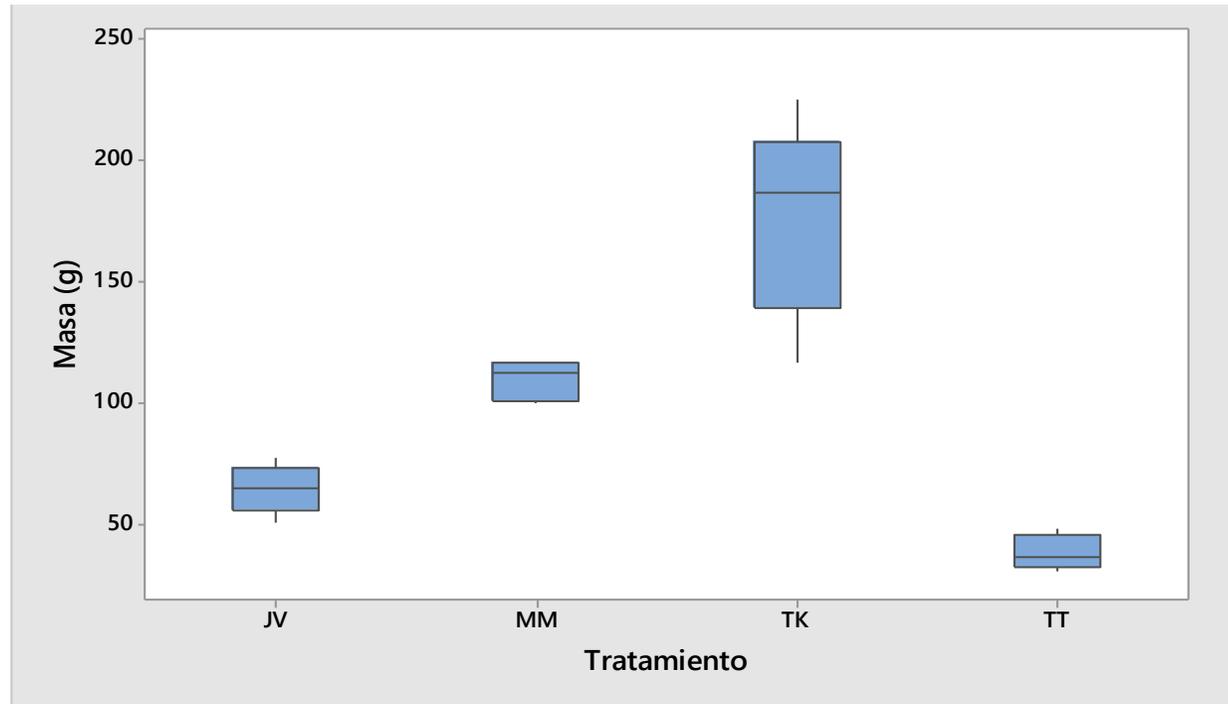


Figura. Masa (g) de las lechugas evaluadas.

TKK el 40% de las masas se encuentra entre 200,00 y 400,00 g.

MM el 30% de las masas se encontró entre 140,00 g y 200,00 g.

JV el 15% de las presentó masas entre 100,00 g y 130,00 g.

TT el 50% de los datos entre 32,33 g y hasta 45,86 g.

Diámetro

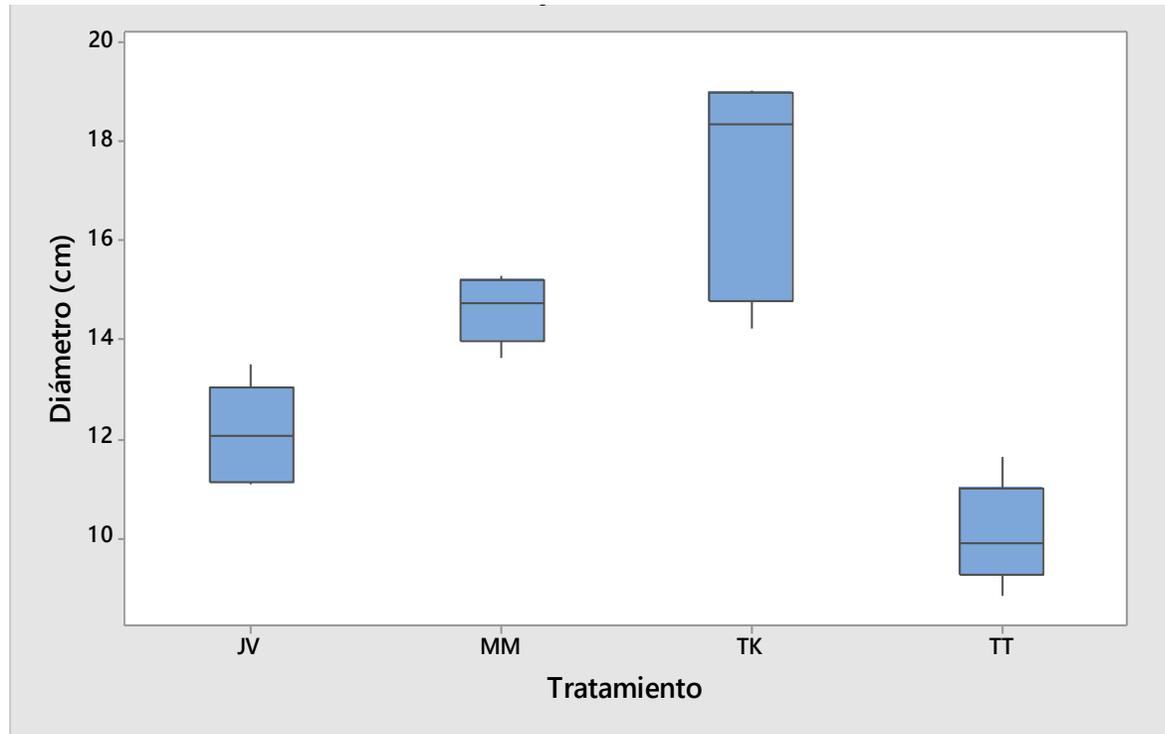


Figura . Diámetro (cm) de las lechugas evaluadas.

TKK mostró el 50% de los datos entre 14,75 cm y 18,97 cm.

MM el 50% se encontró entre 13,94 cm y 15,26 cm.

JV el 50% entre 11,12 cm y 13,03 cm.

TT el 50% de los datos entre 9,22 cm y 8,83 cm.

Escala de Color

Cuadro . Intervalo obtenido producto de valoración de los panelistas por tratamiento.

Tratamiento	Intervalo seleccionado	Tonalidad
TKK	21-25	Verde oscuro
MM	16-20	Verde claro
JV	11-15	Verde amarillento
TT	11-15	Verde amarillento





UCI

Universidad para la
Cooperación Internacional

Ing. Rooel Campos Rodríguez. Ph.D

camposr74@gmail.com