



# Épocas recomendables para la fertilización del café antes y después del zoqueo

Luis Fernando Salazar Gutiérrez

Disciplina de Suelos

74º Seminario Científico Cenicafé. 2023



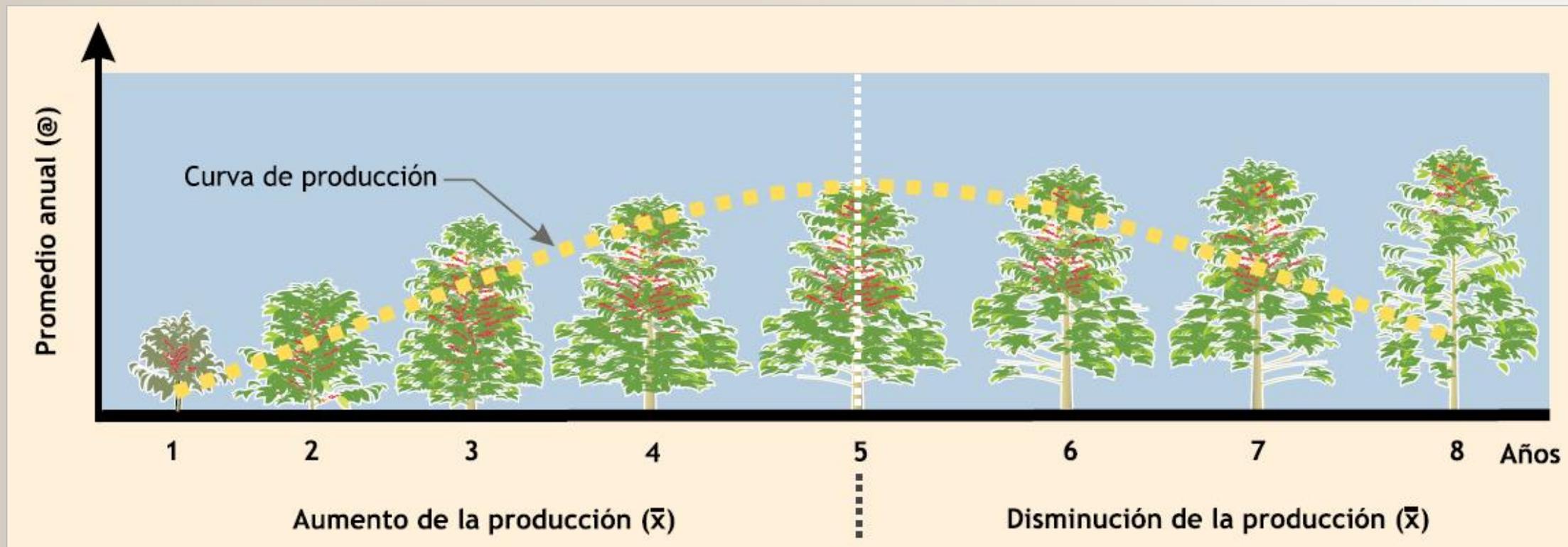
# Contenido



- Renovación del cultivo de café y zoca común
- Fertilización en zocas
- Efecto del zoqueo en la biomasa de raíces
- Investigación
- Metodología
- Resultados y Discusión
- Conclusiones
- Recomendaciones



# ¿Por qué renovar el café?



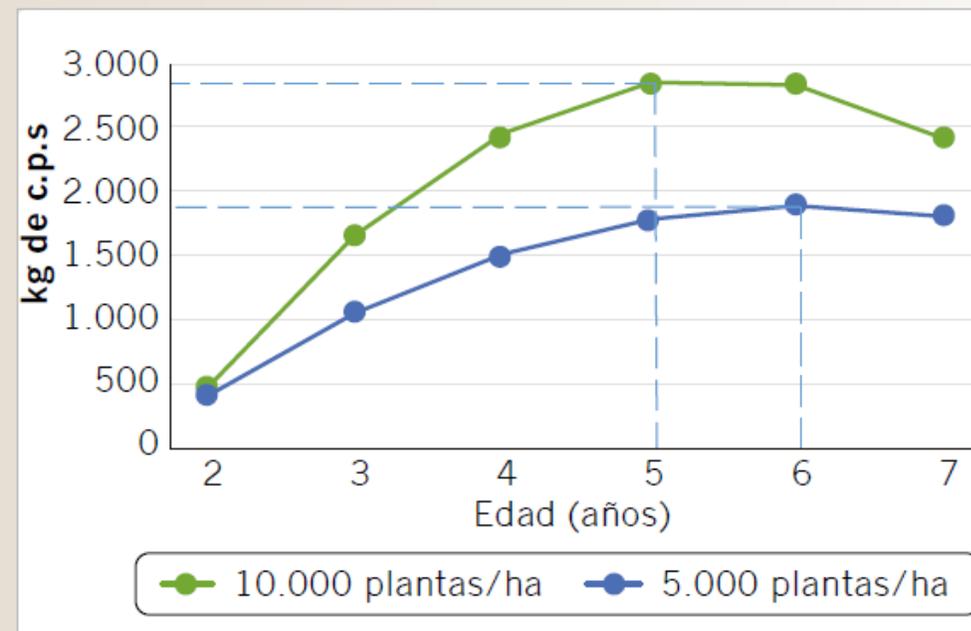
Para mantener la productividad alta de manera rentable.

(Arcila *et al.*, 2007; Mestre y Ospina, 1994)

## ¿Por qué renovar el café?



- A través del tiempo la tasa de crecimiento disminuye.
- La renovación es clave para mantener una caficultura joven y altamente productiva, lo que a su vez mejora la rentabilidad de los productores.
- Las plantaciones de café en Colombia se establecen generalmente por más de 20 años.

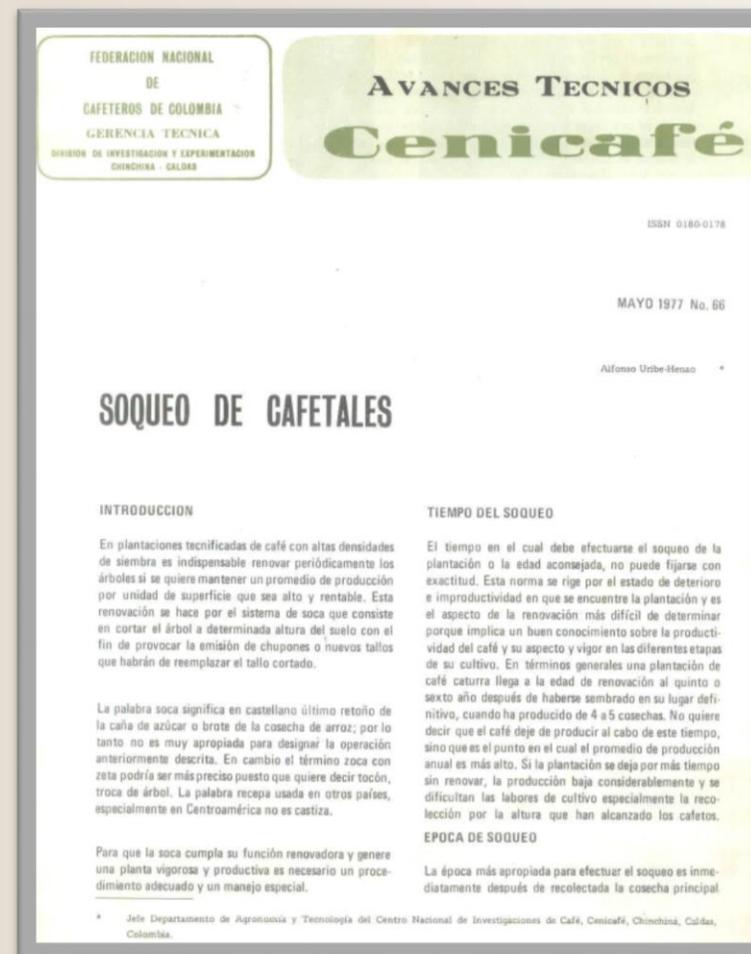


(Arcila, 1992, Mestre y Ospina, 1994, Arcila *et al.*, 2007; Rendón, 2019)

# La renovación por zoca

Se debe hacer según los patrones de cosecha de cada zona, después de recolectar la cosecha principal y en período de menor lluvia o seco para minimizar los riesgos de infección por fitopatógenos.

Rendón (2019), *Avance Técnico*, 500.



Alfonso Uribe Henao (1977)  
Avance Técnico N° 66

# Zoca común o tradicional



## Zoca común

Menores costos, comparada con la renovación por siembra. Esta reducción puede llegar hasta **53,5%** (Duque *et al.* 2021).



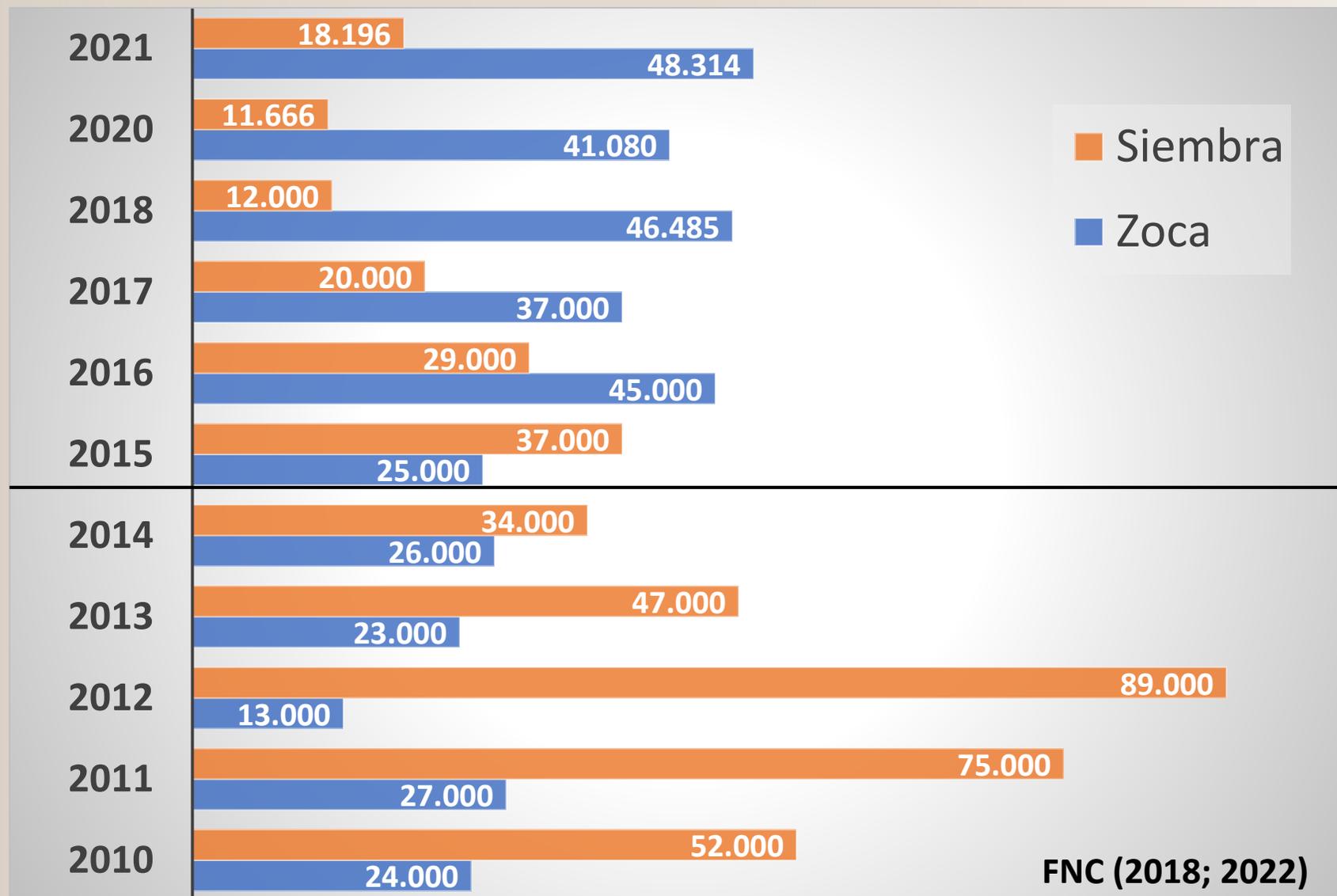
## Poda o zoca común

- Café a libre exposición solar, presenta pérdidas promedio de suelo al año entre **0,15 a 1,5 t ha<sup>-1</sup>-año.**
- Al zoquear el cultivo de café a libre exposición solar, sembrado a 1 m x 1 m con prácticas de conservación de suelos, las pérdidas promedio de suelo al año fueron menores **0,05 a 0,80 t ha<sup>-1</sup>-año.**

(Cenicafé, 1982).



# Renovación de cafetales



**Promedio de 40.500 has/año renovadas por zoqueo**

**Promedio de 23.000 has/año renovadas por zoqueo**

## Renovación por zoca

La emisión de **brotos ortotrópicos** o “**chupones**” es una adaptación típica a condiciones de bajos recursos, o alta ocurrencia de perturbaciones que aumenta la tasa de supervivencia.

(Arcila *et al.*, 2007; Clarke *et al.* 2013).



# Pregunta de investigación



## En cuanto a la fertilización:

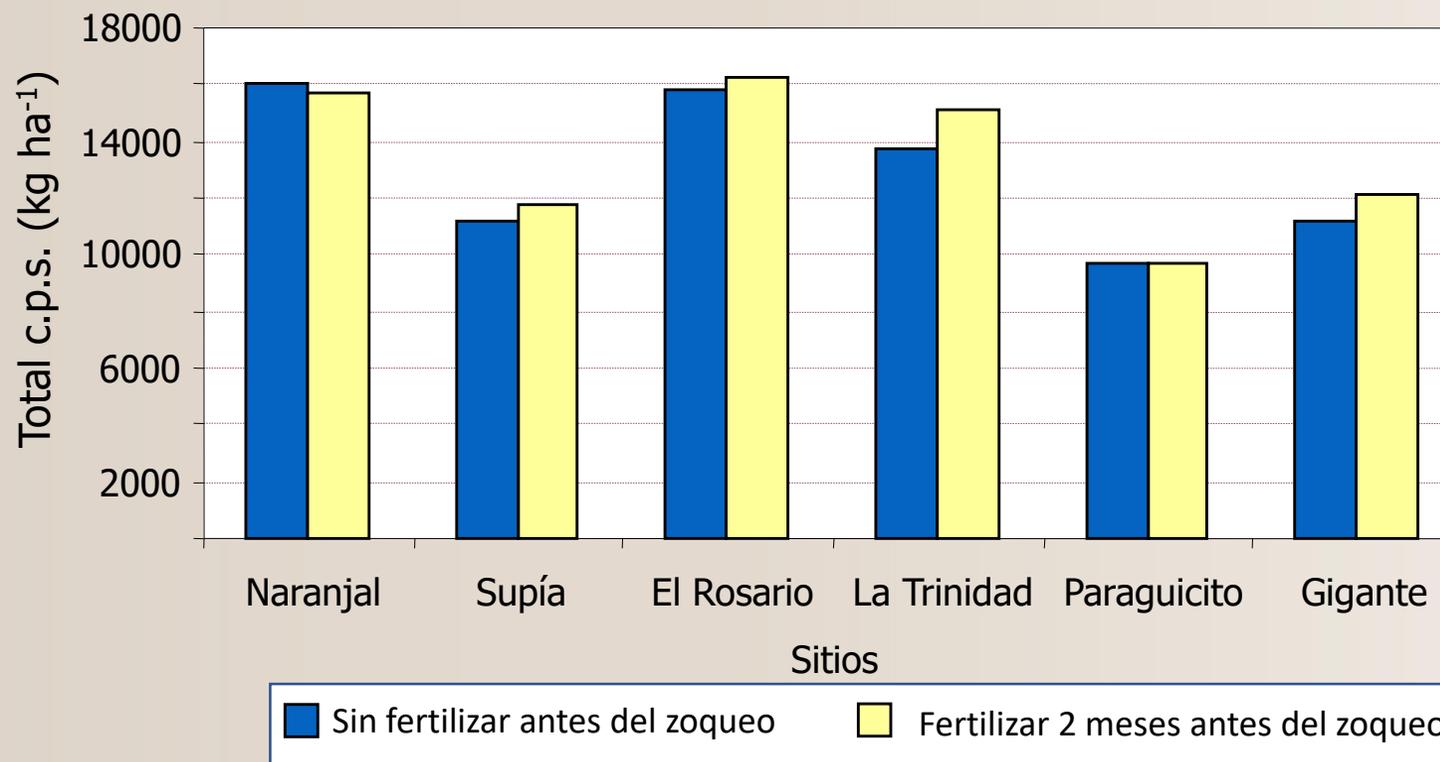
¿Cuándo puede dejarse de aplicar el fertilizante antes de la renovación por zoca o cuándo debe iniciarse esta práctica?



# Antecedentes



## Fertilización antes de zoqueo



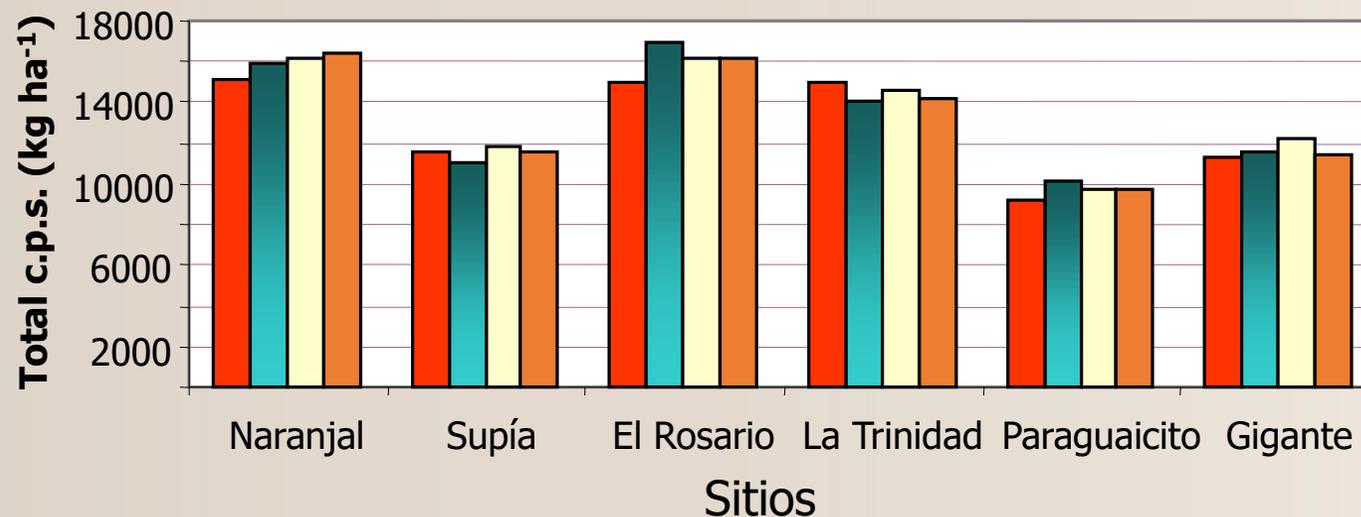
Sin diferencia estadística según análisis de varianza al 5%

Mestre y Salazar (1991)

# Antecedentes



## Respuesta a la época de fertilización después del zoqueo



- Fertilizar inmediatamente después de corte
- Fertilizar un mes después de corte
- Fertilizar dos meses después de corte
- Fertilizar tres meses después de corte

Sin diferencia estadística según análisis de varianza al 5%

Mestre y Salazar (1991)

## Antecedentes



- La producción no se afectó por la fertilización realizada dos meses antes, ni hasta tres meses después del zoqueo.
- No se observó efecto de la fertilización aún a los seis meses después del zoqueo en el municipio de Gigante, Huila.
- Hay un período después del zoqueo en el cual la fertilización no es necesaria.



(Mestre y Salazar, 1991).

# Plan de nutrición de zoca

Contenido de MO	Nutriente/ Fertilizante	Dosis (g/planta)		Dosis (kg/ha)
		Mes 2*	Mes 6	Meses 12 y 18
MO > 8%	Nitrógeno	12	14	Fertilizar como cafetal en la etapa de producción
	Urea	25	30	
MO ≤ 8%	Nitrógeno	14	16	
	Urea	30	35	

\* Mes después de la zoca

$P \leq 30 \text{ mg/kg.}$

Nutriente - Fertilizante	Dosis (g/planta)		Dosis (kg/ha)
	Mes 2*	Mes 6	Meses 12 y 18
Fósforo ( $P_2O_5$ )		6	Fertilizar como cafetal en la etapa de producción
DAP (46% de $P_2O_5$ y 18% de N)		12	

$K \leq 0,4 \text{ cmol}_{(+)}\text{/kg.}$

Nutriente - Fertilizante	Dosis (g/planta)		Dosis (kg/ha)
	Mes 2*	Mes 6	Meses 12 y 18
Potasio ( $K_2O$ )		10	Fertilizar como cafetal en la etapa de producción
KCl (60% de $K_2O$ )		17	

Sadeghian (2008). Boletín Técnico N° 32

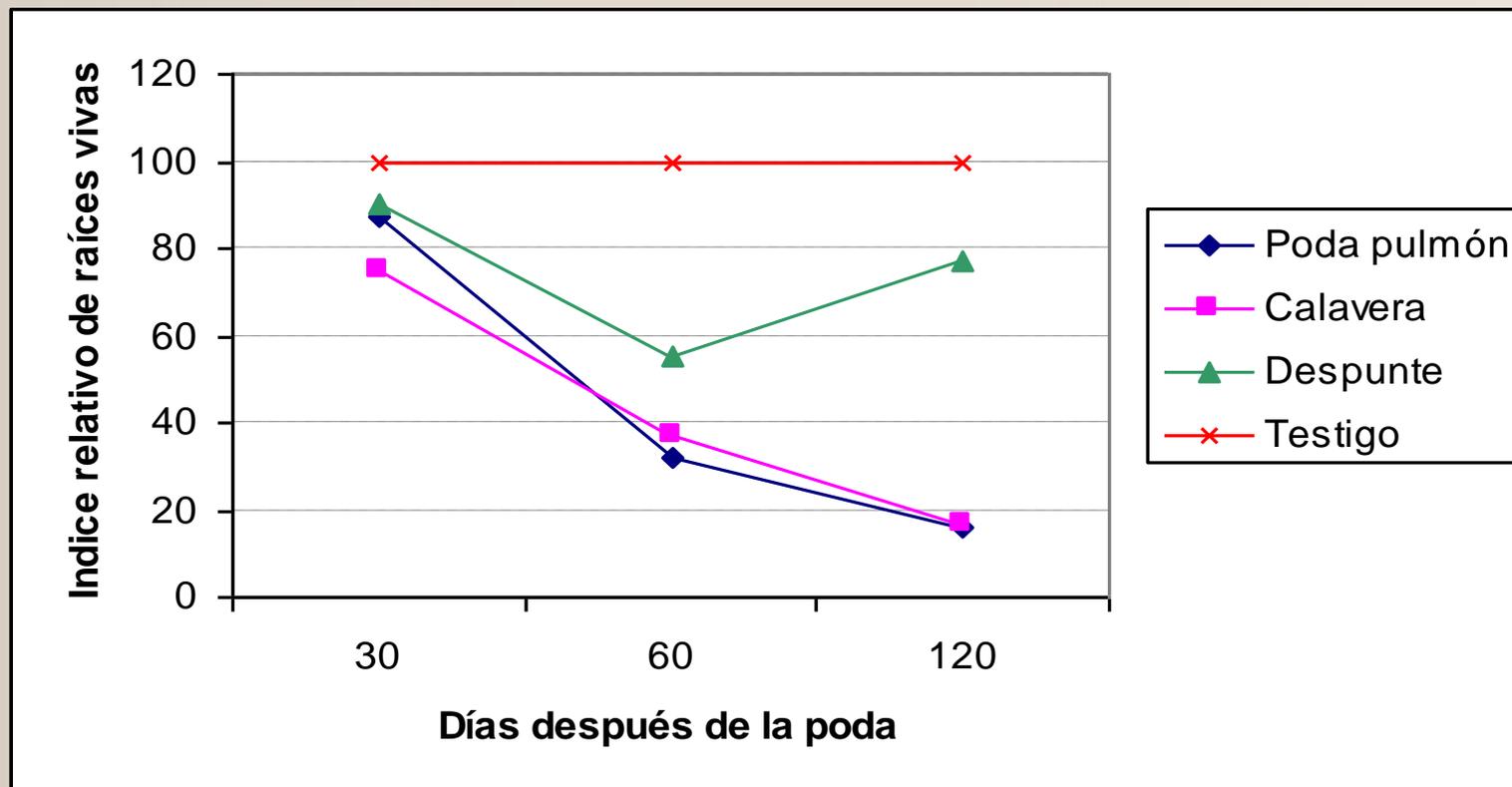
- Encalado 8 meses después de la zoca según análisis de suelos.

# Antecedentes



- En Costa Rica, no encontró respuesta a la fertilización en zocas de *Coffea arabica* L. con edad inferior a los 12 meses (Alpizar, 1983).
- En Brasil, no se encontró respuesta a la fertilización nitrogenada evaluada hasta 350 kg ha<sup>-1</sup>- año, en renovaciones de *Coffea arabica* L. con descope y poda calavera (Biscaro *et al.*, 2010).

# Las podas del cafeto y su relación con las raíces



Variedad Mundo Novo, 7 años, 3,50 x 1,50 m

La reducción en el crecimiento de las raíces parece estar correlacionada con la cantidad de partes aéreas de la planta eliminadas.

(Miguel et al. 1984; Taylor y Ferree 1981)

# Las podas del cafeto y su relación con las raíces



- Las plantas usan carbohidratos para el crecimiento de las raíces y la poda compromete las partes fotosintéticas de la planta que los sintetizan.
- La biomasa de las raíces disminuye después de la poda de los árboles porque **los asimilados y los nutrientes minerales se dirigen hacia la reconstrucción de los brotes.**
- Los recursos energéticos para el crecimiento inicial de los retoños de árboles provienen de las reservas almacenadas en el tronco y las raíces.
- La regeneración de la raíz ocurre más tarde usando asimilados producidos por el desarrollo de los retoños.



(Mika 1986; Saifuddin et al. 2010).

# Efecto de la fertilización de cafetales antes y después del zoqueo



# Materiales y métodos

## Localización



<b>Característica</b>	<b>Unidad</b>	<b>Naranjal</b>	<b>Paraguaicito</b>	<b>Finca La Arcadia</b>
Municipio - Departamento		Chinchiná, Caldas	Buenavista, Quindío	Líbano, Tolima
Latitud		4°59'N	4°23'N	4°54'N
Longitud		75°39'W	75°44'W	75°02'W
Altitud	m	1.400	1.250	1.456
Temperatura promedio	°C	21,6	22,4	20,0
Precipitación anual	mm	2.322,1	2.109,0	2.128,0
Distancia de siembra	m	1,5 x 1,0	2,0 x 1,0	1,42 x 1,42
Densidad	ejes /ha	6.666	10.000	10.000

El área efectiva de la parcela experimental fue de 12, 16 y 20 m<sup>2</sup> en Naranjal, Paraguaicito y La Arcadia, respectivamente.

# Características del suelo



		Naranjal	Paraguaicito	La Arcadia
<b>Características del suelo</b>				
Unidad suelo		Chinchiná	Montenegro	Líbano
pH		4,6	5,3	5,0
N	%	0,50	0,29	0,63
MO	%	13,1	6,7	18,1
K	cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>	0,20	1,37	0,14
Ca	cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>	0,5	4,2	3,0
Mg	cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>	0,3	0,8	0,6
Al	cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>	1,6	0,3	0,7
CIC	cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>	23	18	35
P	mg.kg <sup>-1</sup>	87	230	4

# Tratamientos



Tratamiento	Fertilización antes del zoqueo (meses)		Fertilización después del zoqueo (meses)			
	10	3	3	6	12	18
1	No	No	No	No	No	Si
2	No	No	No	No	Si	Si
3	No	No	No	Si	Si	Si
4	No	No	Si	Si	Si	Si
5	Si	No	No	No	No	Si
6	Si	No	No	No	Si	Si
7	Si	No	No	Si	Si	Si
8	Si	No	Si	Si	Si	Si
9	Si	Si	No	No	No	Si
10	Si	Si	No	No	Si	Si
11	Si	Si	No	Si	Si	Si
12	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Diseño en bloques completos al azar con ocho repeticiones por tratamiento en Naranjal y siete repeticiones en Paraguaicito y La Arcadia

# Grupo de tratamientos

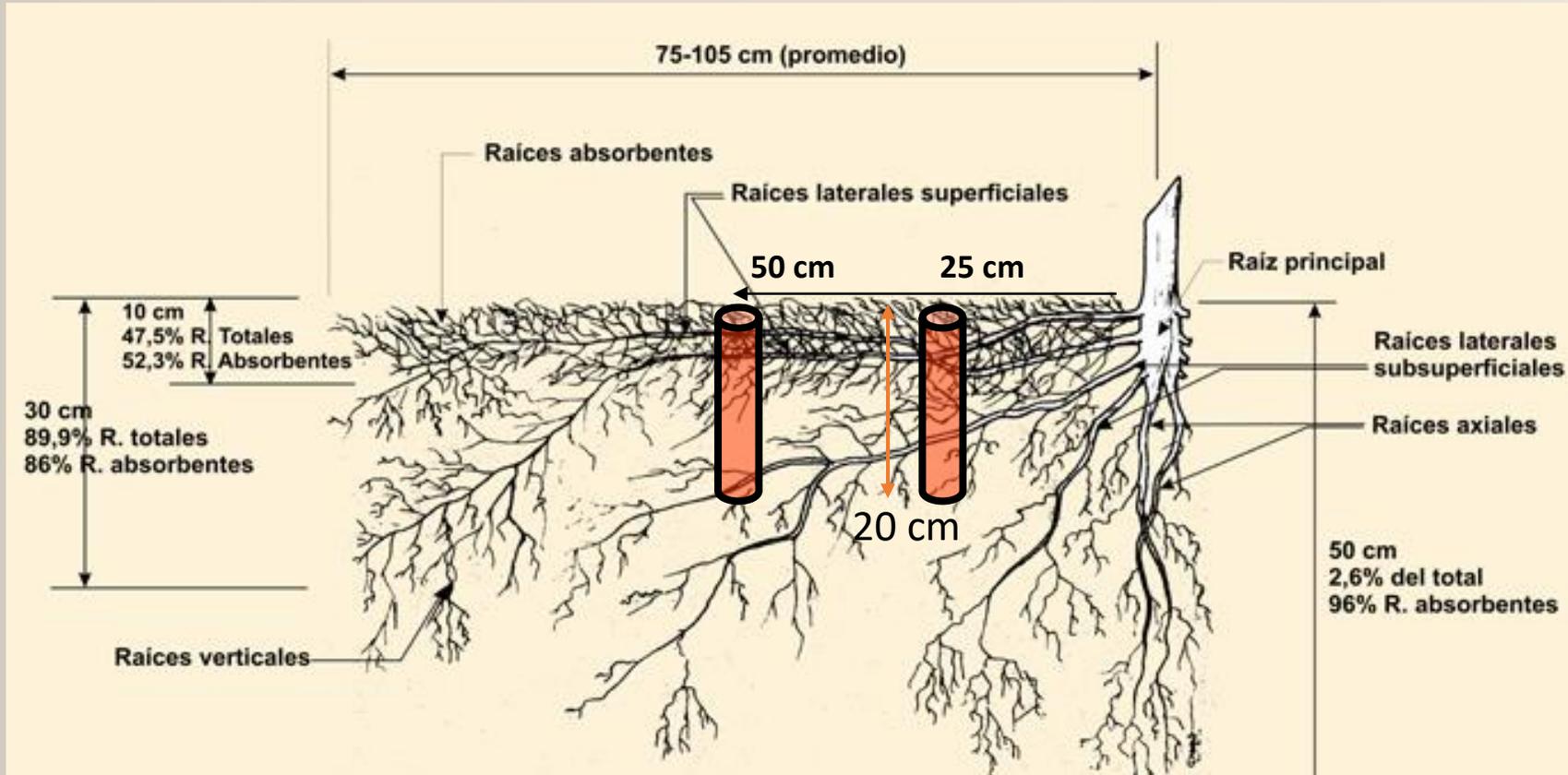


Siete grupos - Prueba de contrastes al 10%

Finalización de la fertilización antes del zoqueo	
16 meses antes de la zoca	(1)
10 meses antes de la zoca	(2)
3 meses antes de la zoca	(3)

Inicio de la fertilización después del zoqueo	
3 meses después del zoqueo	(4)
6 meses después del zoqueo	(5)
12 meses después del zoqueo	(6)
18 meses después del zoqueo	(7)

# Efecto del zoqueo sobre la materia seca de las raíces



(Adaptado de Suárez de Castro, 1953)



# Procedimiento extracción de raíces



# Procedimiento extracción de raíces



Suelo + raíces



Hidroseparator



1 mm diámetro



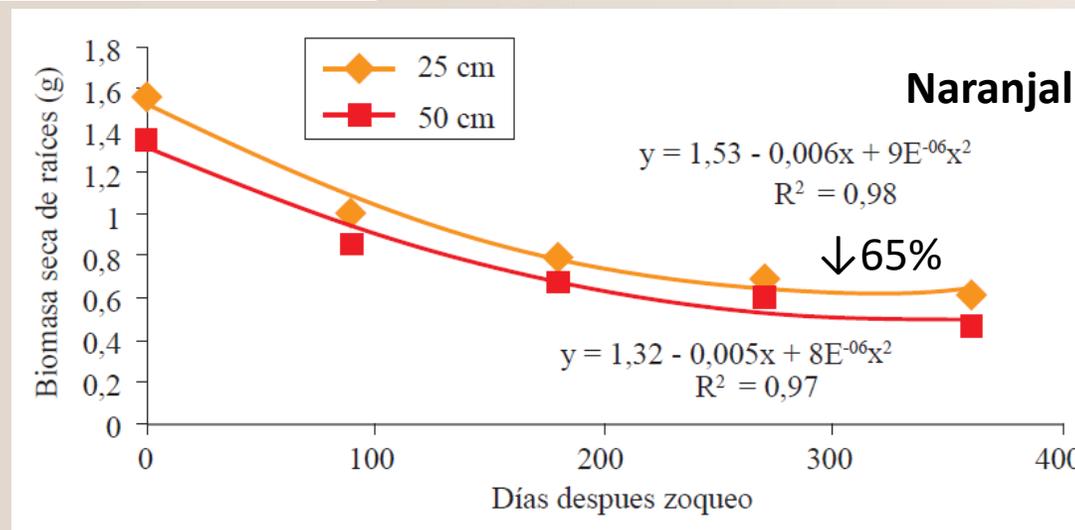
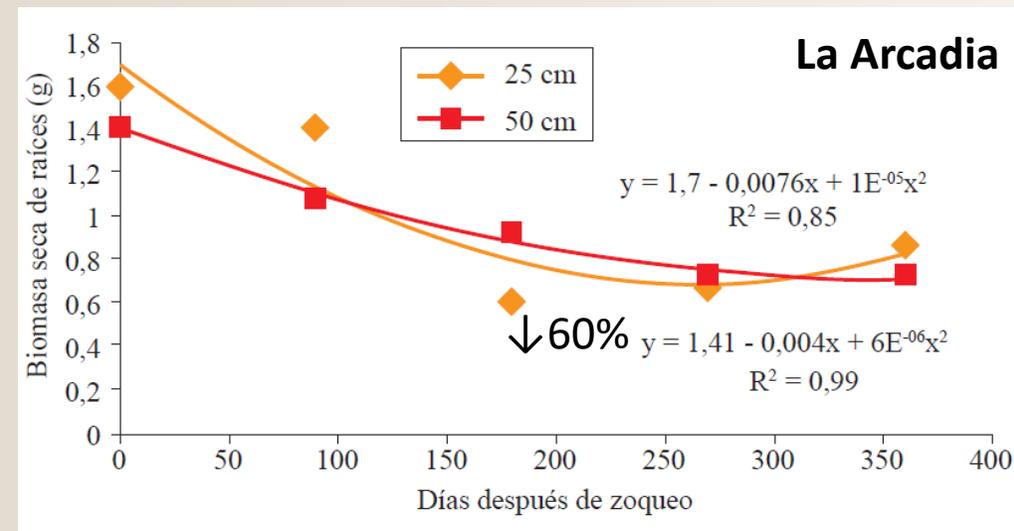
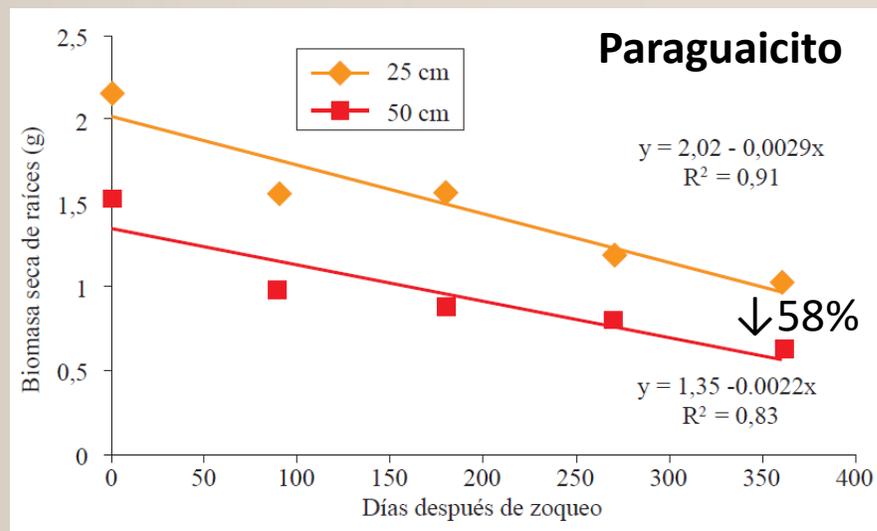
Raíces finas y medias  
menos 5 mm diámetro

# Resultados y discusión



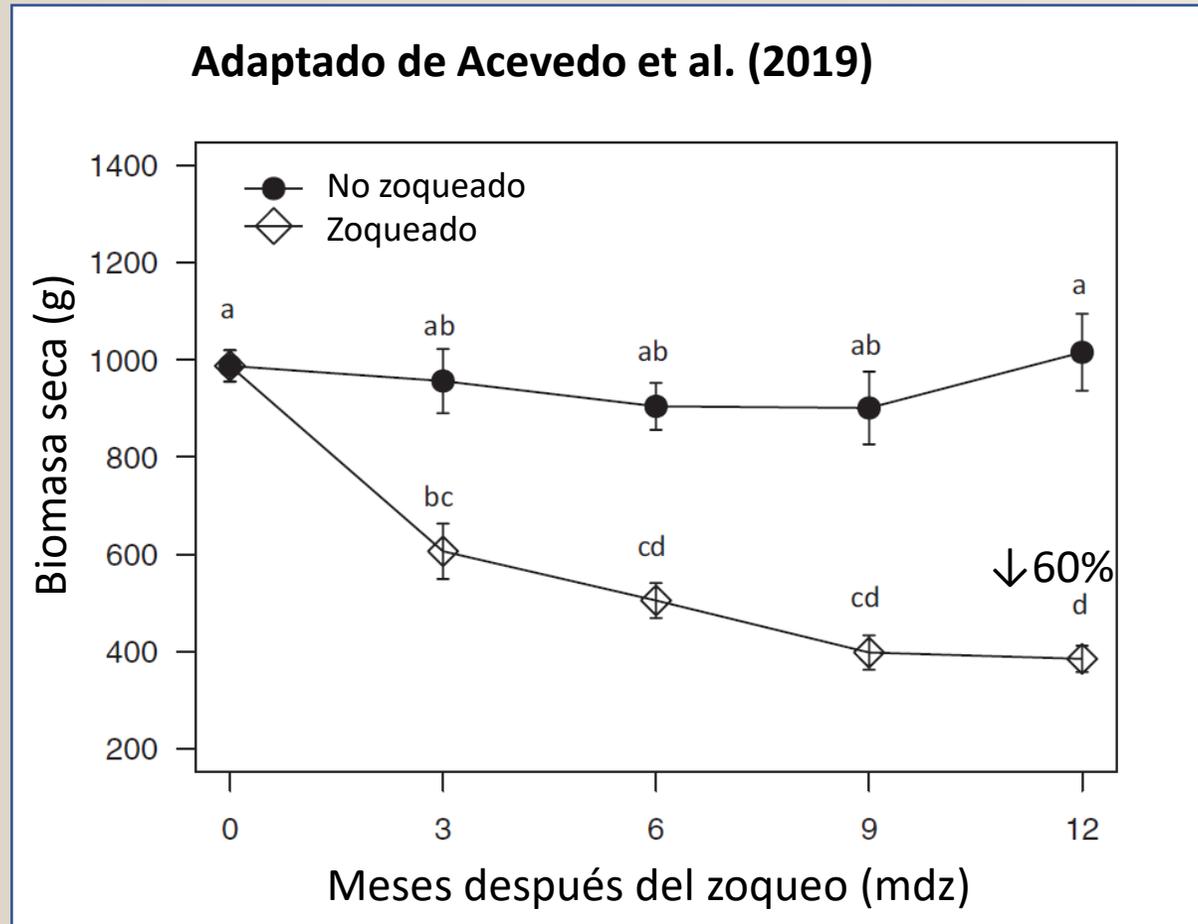
# Efecto del zoqueo sobre la biomasa seca de raíces

Raíces menores a 5 mm de diámetro



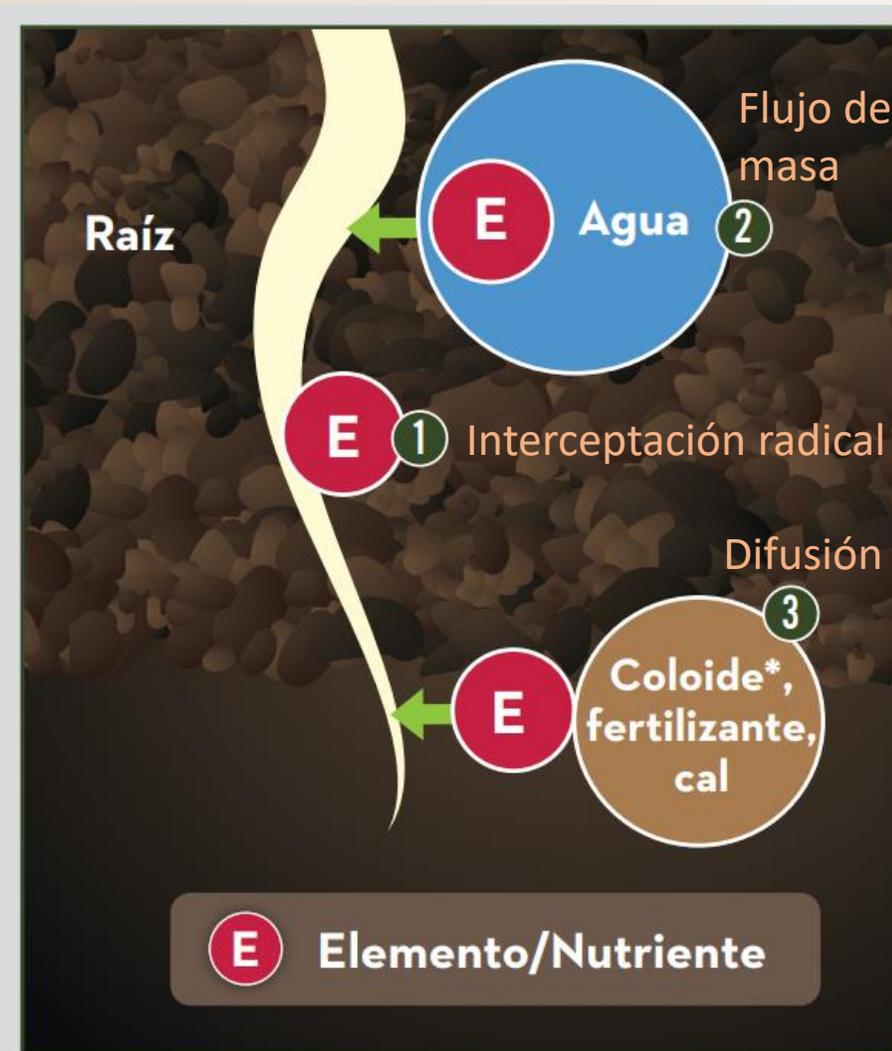
Salazar y Sadeghian (2016)

# Efecto del zoqueo sobre la biomasa seca de raíces



# Efecto del zoqueo sobre la biomasa seca de raíces

Se debe fertilizar cuando los árboles puedan absorber el fertilizante de manera más eficiente, para mejorar la productividad (Van Do *et al.*, 2019).



# Efecto de la fertilización antes del zoqueo

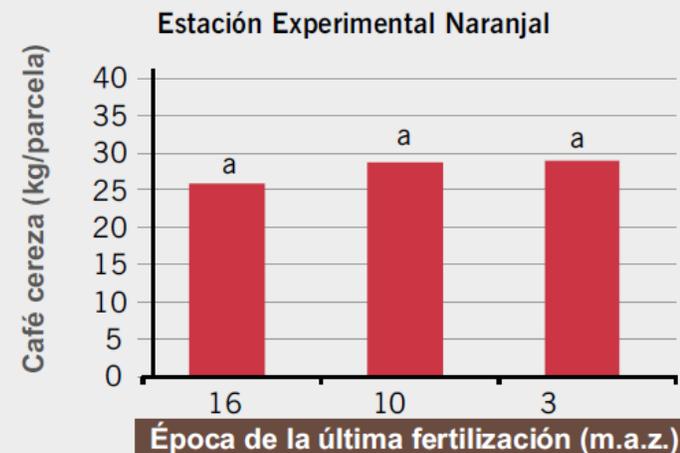
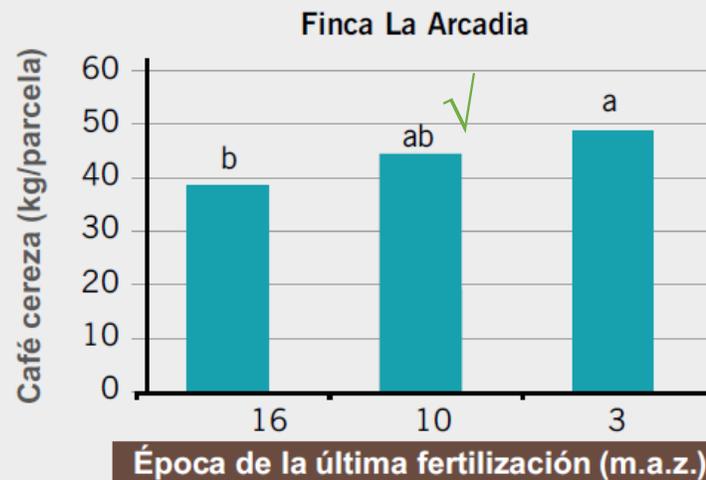
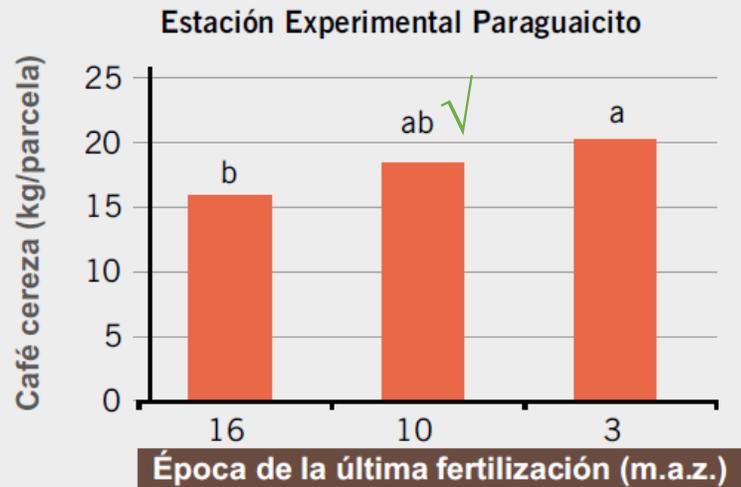


**Cultivo de café variedad Colombia. 4 años.  
Estación Experimental Paraguaicito**

# Efecto de la fertilización antes del zoqueo



## Cosecha anterior al zoqueo



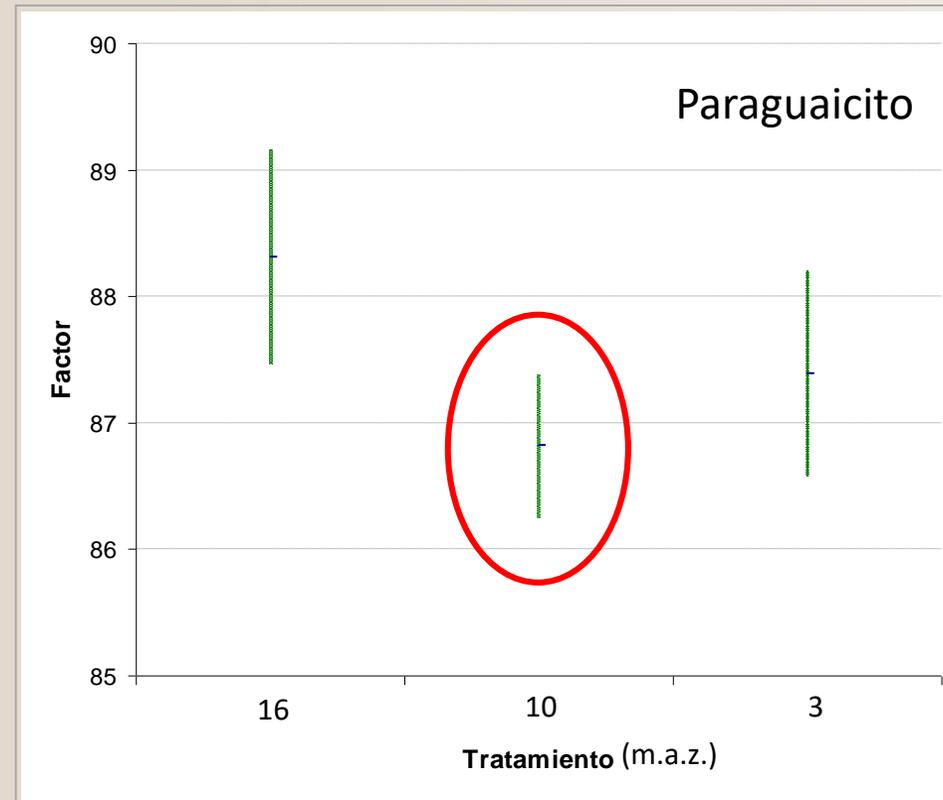
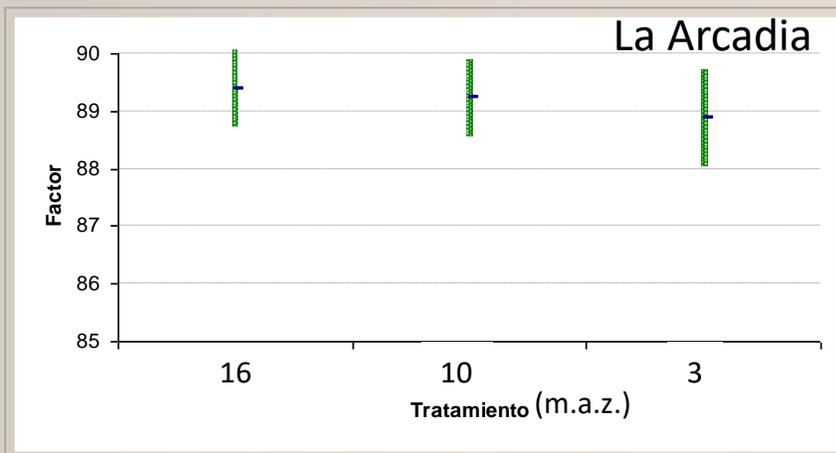
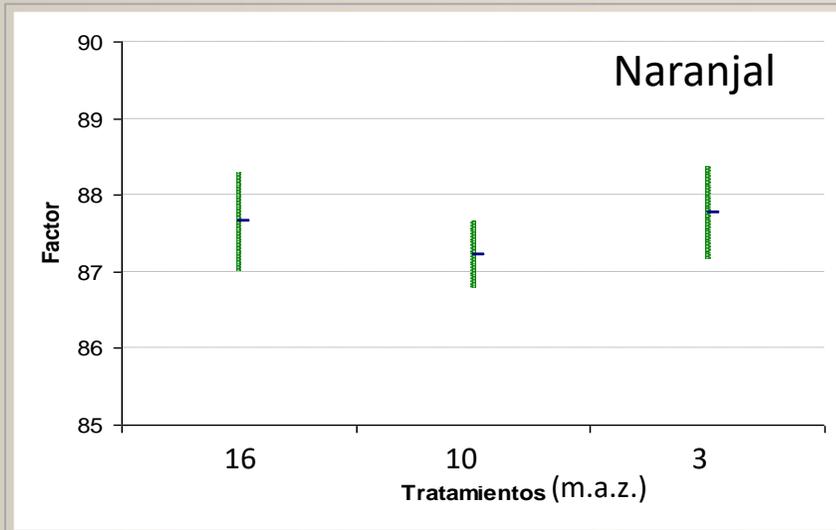
Tiene mayor influencia la fertilización que se realiza durante los primeros dos a tres meses a partir de la floración, que aquella que se realiza en los dos meses previos a la recolección (Sadeghian *et al.*, 2013).

Letras comunes representan igualdad estadística entre los grupos según prueba de contrastes al 10%.

*Avances Técnicos*, 545 (2022)

# Efecto de la fertilización antes del zoqueo

## Cosecha anterior al zoqueo – Factor de rendimiento



Factor de rendimiento. Es la cantidad de café pergamino seco, que se necesita trillar para obtener un saco de 70 kg. de café excelso de exportación.

En Paraguaicito se presentó efecto de los grupos de tratamientos sobre el factor de rendimiento en trilla.

# Producción de café cereza por parcela (kg) de nuevo ciclo

Estación Experimental Naranjal



TTO	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Acumulado	
1	8,2	a	20,2	b	17,4	a	22,8	b	68,6	b
2	10,0	a	27,7	ab	19,3	a	31,4	ab	88,4	ab
3	9,6	a	26,0	ab	18,2	a	28,2	ab	82,1	ab
4	9,3	a	26,1	ab	19,2	a	25,3	ab	79,9	ab
5	9,8	a	25,8	ab	20,4	a	28,7	ab	84,6	ab
6	8,3	a	25,8	ab	20,0	a	27,8	ab	81,8	ab
7	11,3	a	29,0	ab	22,7	a	34,6	a	97,5	a
8	12,0	a	30,2	a	23,7	a	34,3	a	100,2	a
9	9,5	a	29,0	ab	20,5	a	31,1	ab	90,2	ab
10	9,6	a	27,8	ab	23,1	a	32,7	ab	93,2	ab
11	9,1	a	23,9	ab	20,1	a	29,3	ab	82,4	ab
12	8,8	a	25,6	ab	22,2	a	31,7	ab	88,3	ab

10 meses antes,  
3 y 6 meses después

Revista Cenicafé, 67(1), 2016

Letras comunes representan igualdad estadística entre los tratamientos según prueba de Tukey al 10%.

# Producción de café cereza por parcela (kg) de nuevo ciclo

Estación Experimental Paraguaicito



Sin fertilización antes, e Inicio 6 mdz

TTO	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Acumulado
1	3,9 b	20,7 a	28,3 a	72,7 a	125,6 a
2	9,2 ab	26,8 a	28,6 a	77,4 a	142,0 a
3	10,6 a	24,3 a	27,1 a	73,5 a	135,4 a
4	9,0 ab	21,4 a	27,0 a	69,7 a	127,1 a
5	8,5 ab	23,6 a	26,0 a	71,1 a	129,1 a
6	8,5 ab	24,3 a	26,0 a	75,5 a	134,3 a
7	10,4 ab	23,9 a	27,3 a	76,2 a	137,8 a
8	7,5 ab	20,4 a	26,8 a	72,1 a	126,8 a
9	9,2 ab	23,3 a	27,5 a	74,1 a	134,1 a
10	7,5 ab	20,9 a	24,0 a	67,6 a	120,0 a
11	9,7 ab	24,0 a	30,3 a	79,2 a	143,2 a
12	11,9 a	24,6 a	24,1 a	70,4 a	130,9 a

Revista Cenicafé, 67(1), 2016

Letras comunes representan igualdad estadística entre los tratamientos según prueba de Tukey al 10%.

# Producción de café cereza por parcela (kg) de nuevo ciclo

Finca La Arcadia



TTO	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Acumulado
1	24,6 b	55,3 a	57,0 a	19,0 a	155,9 a
2	29,4 ab	54,8 a	66,9 a	21,2 a	172,4 a
3	28,0 ab	55,3 a	62,0 a	20,3 a	165,6 a
4	27,2 ab	54,7 a	65,1 a	21,1 a	168,0 a
5	32,9 ab	54,8 a	55,0 a	20,8 a	163,4 a
6	27,5 ab	55,1 a	60,9 a	17,7 a	161,3 a
7	35,6 a	57,8 a	65,7 a	26,1 a	185,2 a
8	34,1 ab	58,9 a	57,6 a	20,0 a	170,6 a
9	34,8 ab	57,4 a	60,0 a	22,5 a	174,6 a
10	30,8 ab	53,3 a	61,6 a	20,0 a	165,7 a
11	37,3 a	60,3 a	62,9 a	21,6 a	182,0 a
12	35,0 ab	53,7 a	61,1 a	21,0 a	170,8 a

10 meses antes y 6 mdz

10 y 3 meses antes y 6 mdz

Revista Cenicafé, 67(1), 2016

Letras comunes representan igualdad estadística entre los tratamientos según prueba de Tukey al 10%.

# Producción de café cereza por parcela (kg) de nuevo ciclo



## En resumen

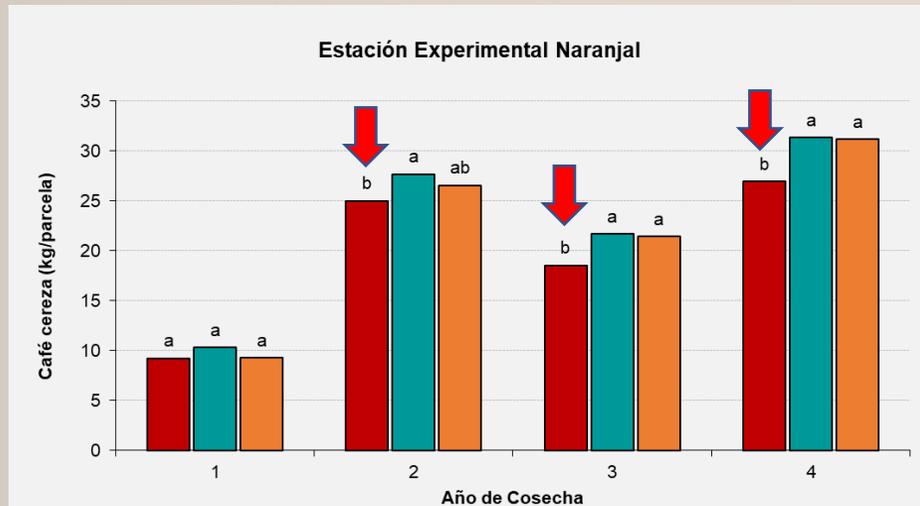
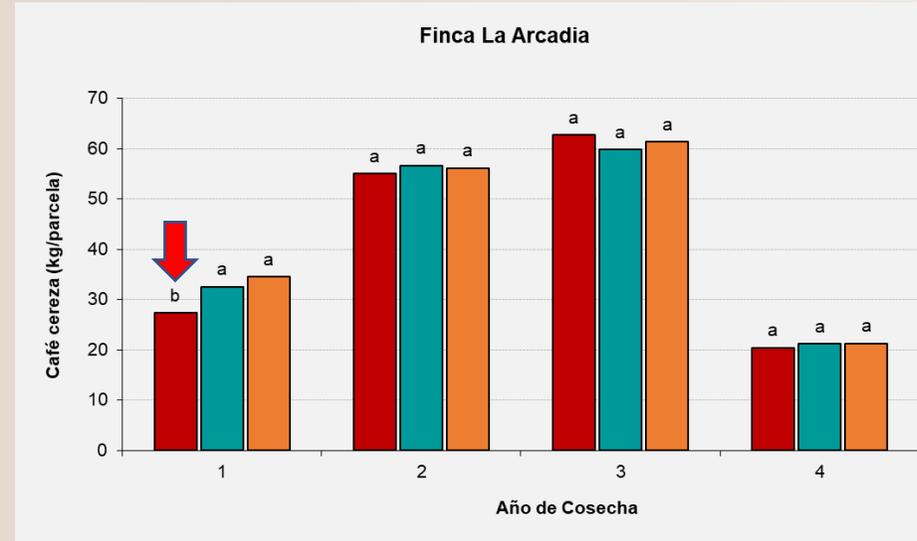
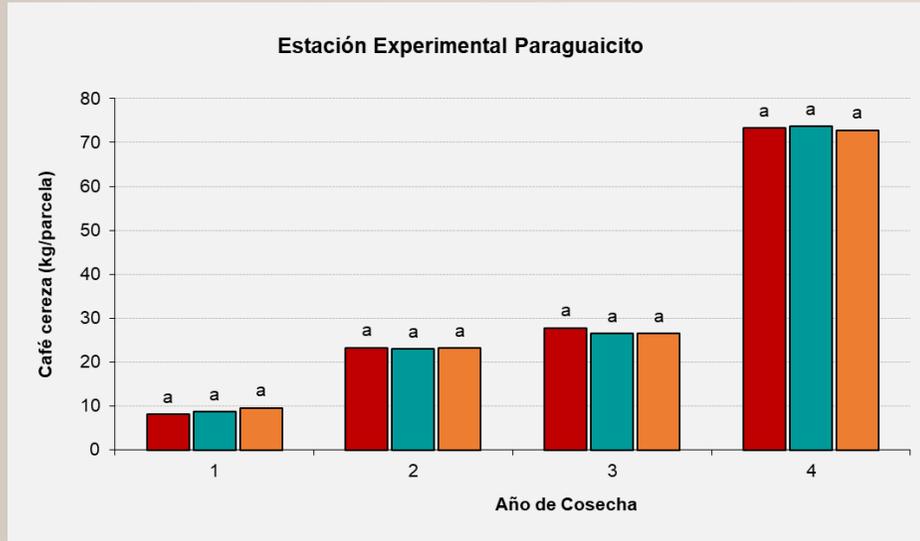
- El inicio de la fertilización 18 meses después del zoqueo en los tres sitios mostró efectos negativos en la producción.
- La fertilización 10 meses antes del zoqueo y el inicio a los 6 meses después del zoqueo se diferenció a favor, comparado con el tratamiento 1 que fue el más desfavorable.



Zoca de 24 meses, fertilizada 10 meses antes, e inicio 6 meses después de zoqueo E.E. Naranjal. TTO 7.

# Efecto de la fertilización antes del zoqueo

## Cosechas anuales posteriores a la zoca



Época de la última fertilización

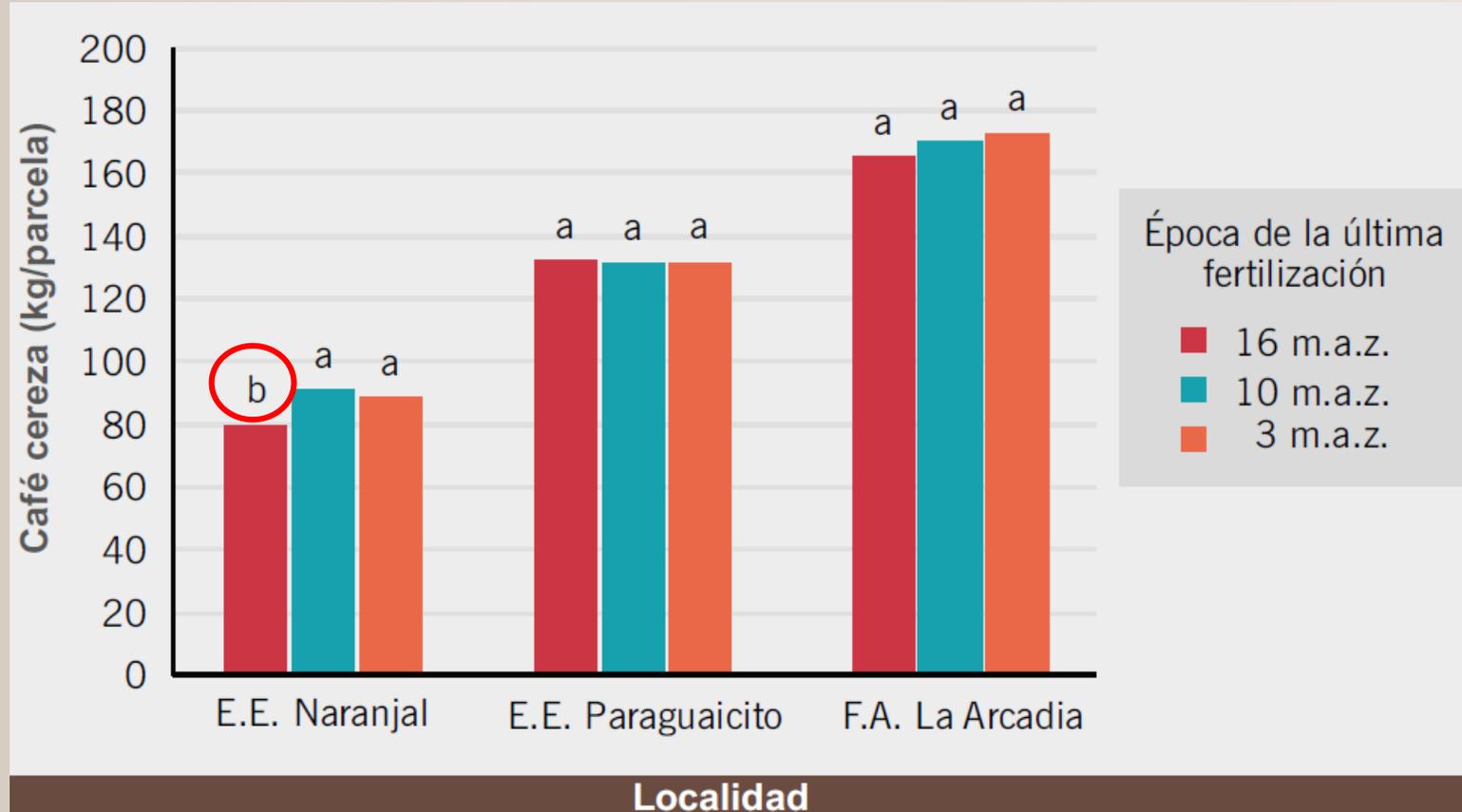
- 16 m.a.z.
- 10 m.a.z.
- 3 m.a.z.

En Paraguaicito se presenta alto contenido de bases intercambiables y en Naranjal las bases intercambiables fueron bajas.

Letras comunes representan igualdad estadística entre los grupos según Prueba de Contrastes al 10%.

# Efecto de la fertilización antes del zoqueo

## Cosecha acumulada de cuatro años, posterior a la zoca



En Naranjal, donde hubo respuesta, los suelos se caracterizan por una menor capacidad para retener los nutrientes (Arias *et al.*, 2009).

Letras comunes representan igualdad estadística entre los grupos según prueba de contrastes al 10%.

# Efecto de la fertilización antes del zoqueo



## En resumen

La fertilización 10 meses antes del zoqueo beneficia la cosecha anterior a la renovación, y dispone a la planta para una mejor producción en el nuevo ciclo después del zoqueo, en especial cuando las condiciones de fertilidad son limitantes.

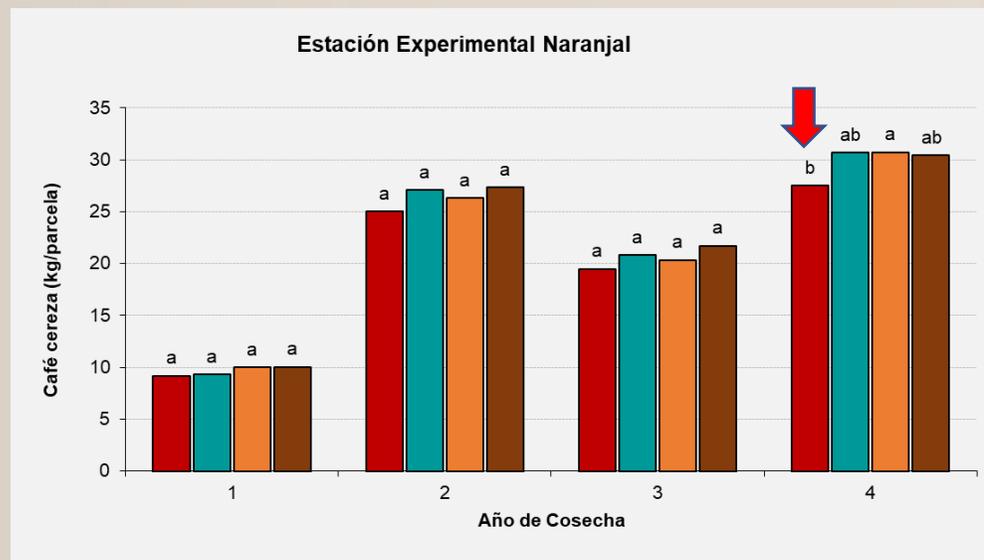
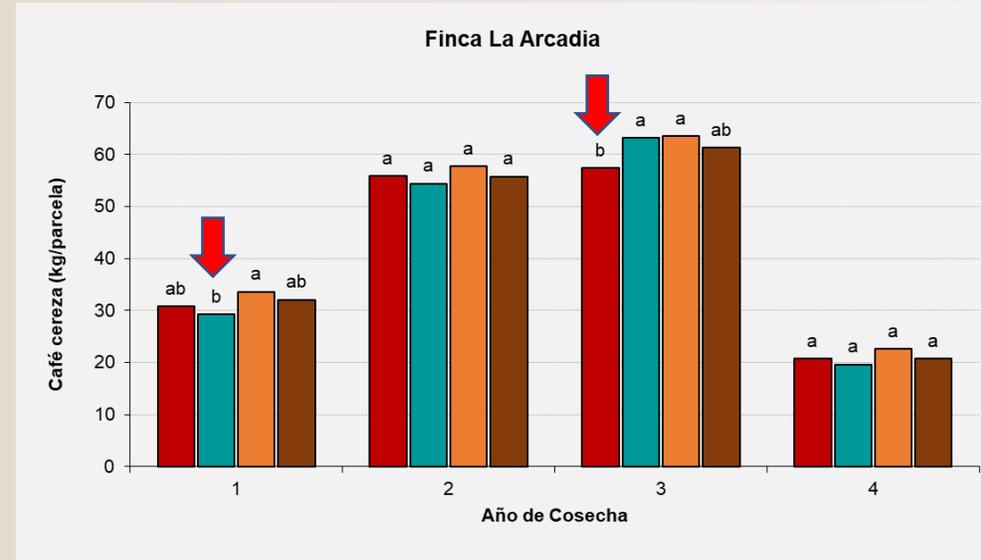
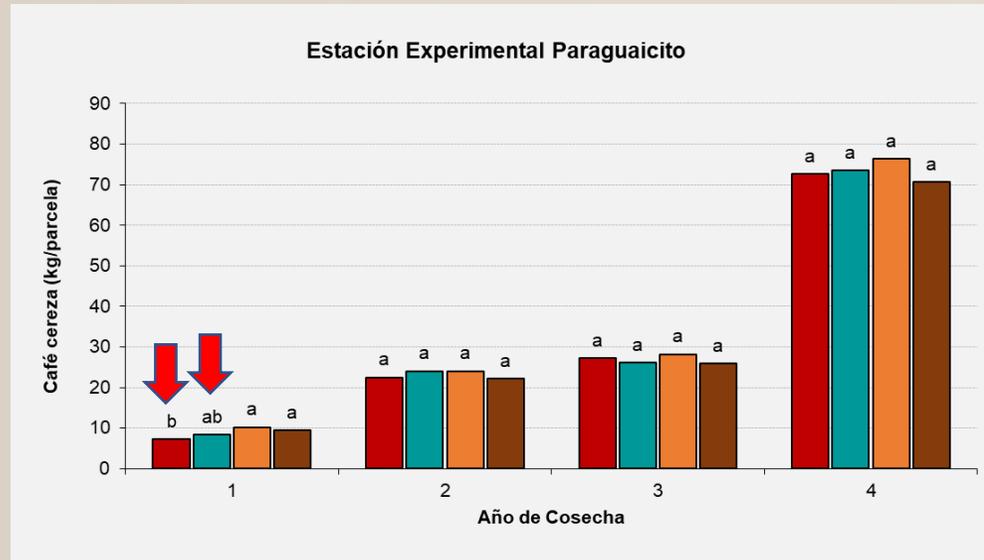


# Efecto de la fertilización después del zoqueo



Finca La Arcadia – Líbano, Tolima

# Efecto de la fertilización después del zoqueo



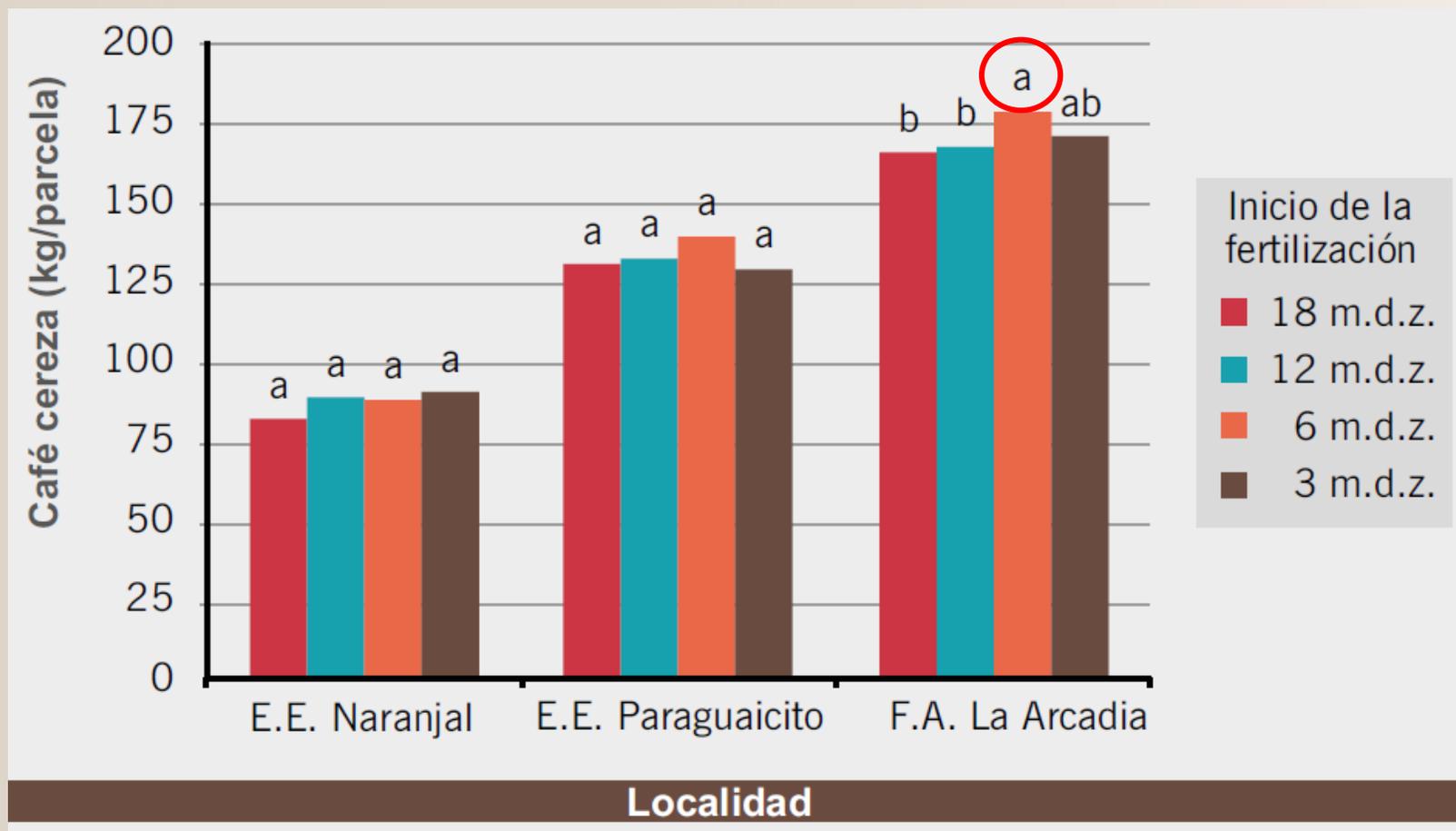
Inicio de la fertilización

- 18 m.d.z.
- 12 m.d.z.
- 6 m.d.z.
- 3 m.d.z.

*Avances Técnicos, 545 (2022)*

Letras comunes representan igualdad estadística entre los grupos según prueba de contrastes al 10%.

# Efecto de la fertilización después del zoqueo



Letras comunes representan igualdad estadística entre los grupos según prueba de contrastes al 10%.

## Efecto de la fertilización después del zoqueo

En La Arcadia, en el tercer año de cosecha, se presentó efecto de los tratamientos en el rendimiento en trilla, en desventaja para el inicio de la fertilización 18 meses después del zoqueo.

### Resultado de la Prueba de Contrastes.

Contraste Mes de inicio	DF	Contraste SS	Cuadrado medio	Valor F	Pr > F
18 VS 12	1	14,57270313	14,57270313	2,37	0,1283
18 VS 6	1	59,76938715	59,76938715	9,73	0,0027 **
18 VS 3	1	54,67671940	54,67671940	8,90	0,0040 **
12 VS 6	1	15,31662001	15,31662001	2,49	0,1191
12 VS 3	1	12,79456977	12,79456977	2,08	0,1537
12 VS 3	1	0,11336391	0,11336391	0,02	0,8924



# Efecto de la fertilización después del zoqueo

## En resumen

- El inicio de la fertilización 18 meses después del zoqueo afectó la cosecha total en La Arcadia y de varias cosechas anuales en los tres sitios y la calidad del grano en una localidad.
- El inicio de la fertilización a los 12 meses fue viable en Naranjal y Paraguaicito, aunque se podrían afectar levemente algunas cosechas anuales.
- En todos los sitios la fertilización 6 meses después del zoqueo mostró efectos positivos en la cosecha y no se diferenció del inicio a los 3 meses, siendo la época de inicio de fertilización con resultados más consistentes.

# Efecto de la fertilización después del zoqueo



- El crecimiento inicial de los rebrotes demanda nutrientes, y sólo puede sostenerse mediante el uso de reservas ubicadas en partes perennes (tocón y raíces).
- Después del primer año, se presenta bajo contenido de almidón en tocón y raíces gruesas por consumo de una parte del almidón acumulado.
- Una vez restablecida la actividad fotosintética, los cafetos vuelven a acumular las reservas de almidón agotadas en la madera del tocón.



# Efecto de la fertilización después del zoqueo



- La pérdida de biomasa de raíces del café en primer año después del zoqueo superior al 60% limita la respuesta a la fertilización.
- El aporte potencial de hojarasca y ramillas sobre el suelo después del zoqueo (aproximadamente  $10,0 \text{ t ha}^{-1}$ ) contribuye al ciclaje de nutrientes y puede aportar a la fertilidad del suelo y nutrición de la planta.

Guarçoni et al. (2015); Sadeghian (2022).



# Impactos potenciales en la caficultura



Al dejar de realizar la fertilización 2 a 3 meses después del zoqueo, con 25 a 30 g de urea, con un valor \$173.000 por saco y densidad promedio de 5.500 plantas por hectárea:

- El agricultor podría ahorrar **\$475.750** a **\$570.900** en fertilizante y **2,5 a 3,2 jornales** por hectárea.



## Impactos potenciales en la caficultura



Al no fertilizar 3 meses después del zoqueo.

Bajo el **supuesto** de 40.500 has renovadas por zoca al año, y un grado de **adopción del 60%**.

- La caficultura podría llegar a ahorrar al año **entre 66.850 a 80.200 sacos de fertilizante**, que generaría ahorro entre **12 mil a 14 mil millones de pesos** en fertilizante y 60.750 a 77.800 jornales en mano de obra.
- También se evitaría la posible emisión de 6.600 a 7.900 ton de CO<sub>2</sub> eq. anual.

# Conclusiones



- En cafetales que han recibido un adecuado manejo agronómico, la fertilización 10 meses antes del zoqueo tradicional, aumenta la producción y mejora la calidad física del grano, obtenidas en la cosecha anterior a la renovación.
- La fertilización, realizada desde 10 meses antes del zoqueo, puede afectar positivamente la producción en el nuevo ciclo.
- Al iniciar la fertilización de manera tardía (18 meses después de la zoca), pueden afectarse de manera negativa la producción y la calidad física del grano de café.

# Recomendaciones de la época de fertilización antes y después del zoqueo



- Llevar a cabo la fertilización, teniendo en cuenta la disponibilidad de agua en el suelo.
- Realizar la última fertilización 10 meses antes del zoqueo.
- Efectuar la primera fertilización entre los 6 a 12 meses después del zoqueo.

545

Noviembre de 2022  
Gerencia Técnica /  
Programa de Investigación Científica  
Fondo Nacional del Café



## Épocas recomendables para la fertilización del café antes y después de la zoca

La renovación oportuna y la fertilización del cultivo del café son dos de las prácticas agronómicas que permiten incrementar y mantener la productividad y la rentabilidad (Arcila et al., 2007; Sadeghian, 2010). Con respecto a la fertilización, un aspecto importante para mejorar su eficiencia se relaciona con el momento oportuno de la labor, y en cuanto a la renovación, son relevantes los métodos que se emplean, siendo más comunes en Colombia la renovación por siembra y el zoqueo.

Cabe resaltar que este último método presenta ventajas comparativas, tanto en el marco agronómico como económico, ya que es una práctica útil para la administración adecuada de la plantación, y con un menor costo respecto a la renovación por siembra (Arcila et al., 2007; Uribe & Salazar, 1984). El zoqueo se debe realizar en las épocas correctas, según los patrones de cosecha de cada zona, y debe coincidir con un período seco, luego de finalizada la cosecha principal (Rendón, 2019).

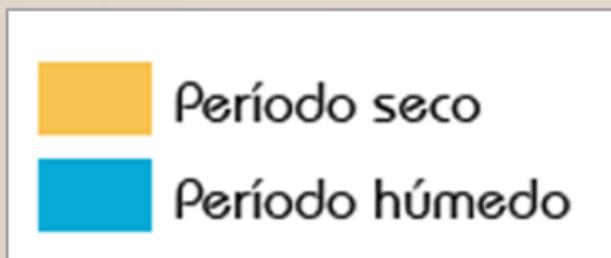
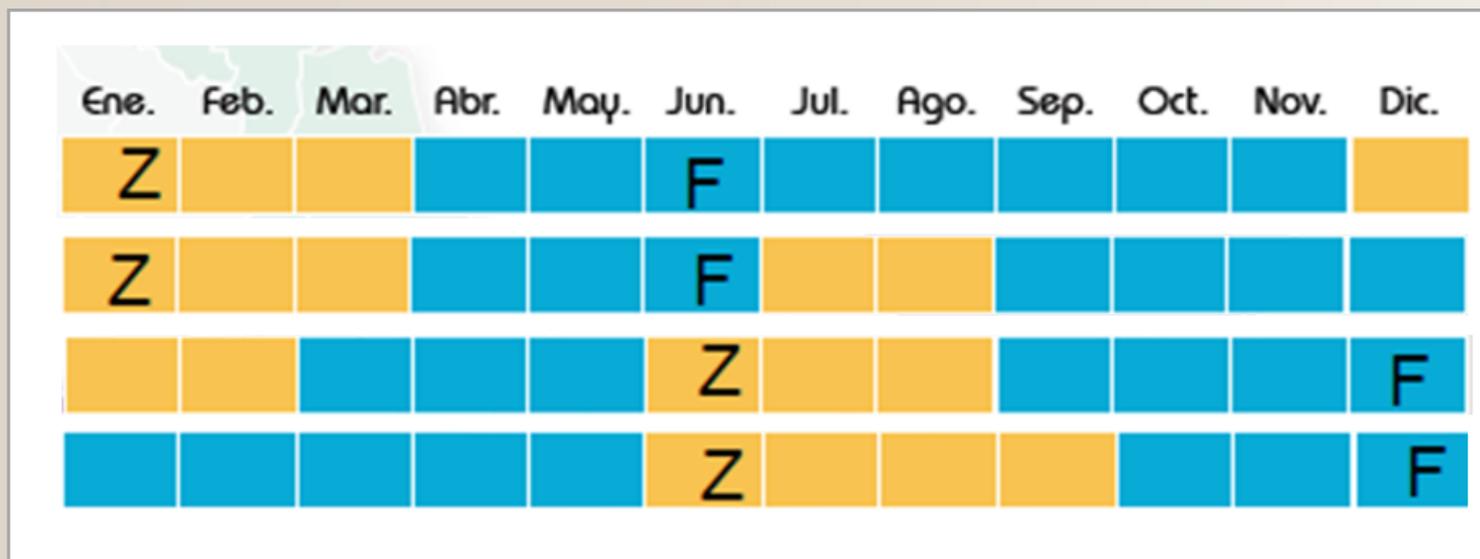
Avances Técnicos  
Cenicafé



# Recomendaciones de la época de fertilización después del zoqueo



Según patrones de cosecha y períodos secos y húmedos



Z = zoqueo después de la cosecha principal  
F = Inicio de la fertilización

# Agradecimientos

- Gerencia Técnica.
- Dirección de Cenicafé.
- Disciplina de Experimentación.
- Colaboradores de las Estaciones Experimentales Naranjal, Paraguaicito, La Trinidad.
- Caficultor Finca La Arcadia, Líbano, Tolima.
- Unidad Administrativa y Financiera.
- Dr. Siavosh Sadeghian.
- Equipo de trabajo de la Disciplina de Suelos.
- Sr. Arturo Gómez Valencia.



¡Gracias Don Arturo!  
41 años al Servicio  
de la Caficultura  
Colombiana.



# La renovación y fertilización oportunas favorecen la caficultura joven, rentable y sostenible



[www.cenicafe.org](http://www.cenicafe.org)



[agroclima.cenicafe.org](http://agroclima.cenicafe.org)



[biblioteca.cenicafe.org](http://biblioteca.cenicafe.org)



Cenicafé FNC



@cenicafe



cenicafé



CenicaféFNC