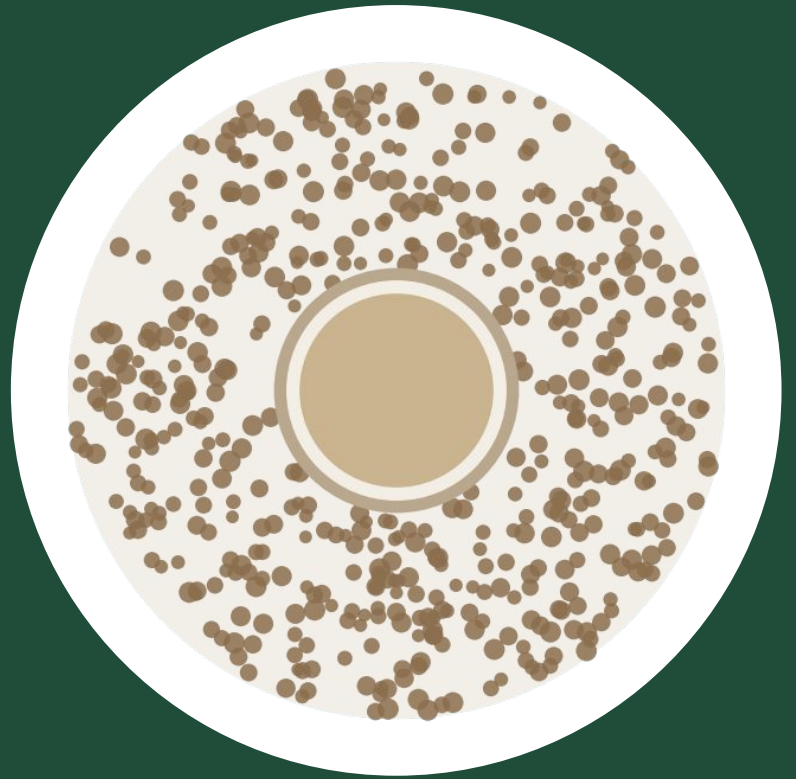
L Reunión Científica AMPA 2026 · Temática: Rumiantes

Expansión del cúmulo en ovocitos bovinos madurados in vitro con mucílago de nopal o extracto de tuna

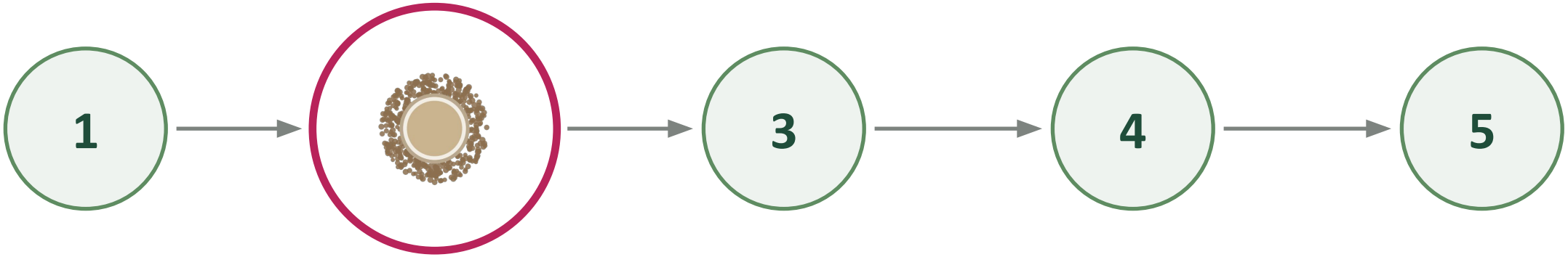


Marco Antonio López Silva[1], Jairo Isaac Solís Rodríguez[1], Zimri Cortés Vidauri[1], Carlos Fernando Aréchiga Flores[1], Juan Antonio Ramírez Chequer[1], Pedro Hernández Briano[1], Octavio Carrillo Muro[1], Marco Antonio López Carlos[1]

[1]Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Zacatecas

Correspondencia: lopcarmarco@uaz.edu.mx

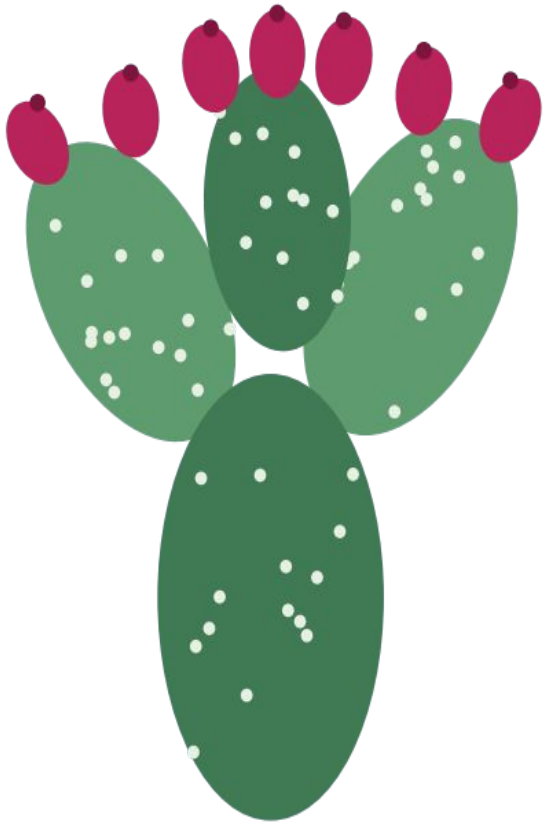
La maduración in vitro condiciona toda la producción de embriones, y el cultivo genera estrés oxidativo



En cultivo se generan especies reactivas de oxígeno (ERO); añadir antioxidantes al medio es la estrategia más estudiada

Naspinska et al. (2023)

El nopal aporta compuestos antioxidantes y es abundante en Zacatecas, pero no se ha probado en la MIV



Mucílago
Opuntia ficus-indica
cladodio

Extracto de tuna
Opuntia streptacantha
fruto (cardona)

Compuestos con actividad antioxidante descritos

- Flavonoides
- Betalaínas
- Ácido ascórbico
- Tocoferoles

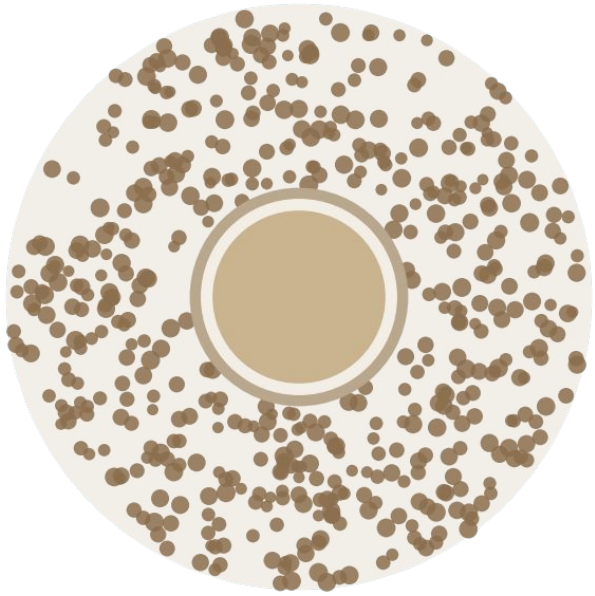
Sin reportes previos como aditivo en medios de maduración de ovocitos

Madrigal-Santillán et al. (2022) · búsqueda en PubMed, octubre de 2026 · ilustración esquemática

Evaluamos si el mucílago o el extracto de tuna se asocian con la expansión del cúmulo durante la MIV



22–24 h



Antes del cultivo: cúmulo compacto

Después: cúmulo expandido

Variable de respuesta

COC con expansión: sí / no

Según tamaño del folículo de origen: **pequeño 2–8 mm · grande > 8 mm**

Evaluación estereoscópica por comparación fotográfica con el cúmulo previo al cultivo · esquema ilustrativo

Cultivamos 367 COC en 86 pozos: un testigo común y cinco niveles de aditivo

99
ovarios · rastros de Fresnillo, Calera y Zacatecas

→

2,039
folículos · 1,797 pequeños y 242 grandes

→

367
COC de calidad 1 y 2 · 301 pequeños y 66 grandes

→

86
pozos en 6 placas · una placa por día

Tratamientos (v/v) y COC cultivados

Testigo	Mucílago 5 %	Mucílago 10 %	Tuna 1 %	Tuna 2 %	Tuna 3 %
66 COC	63 COC	52 COC	57 COC	69 COC	60 COC

Pozo = unidad experimental · modelo lineal generalizado mixto binomial (lme4): tratamiento × tamaño folicular; placa y pozo aleatorios

MIV: DMEM/F-12 + 10 % SFB, FSH y LH; gotas de 100 µL bajo aceite mineral; 38.5 °C, 5 % CO_2, 22–24 h

Ambos derivados se obtuvieron con procesamiento mínimo y se ajustaron a pH 7.0

Mucílago *O. ficus-indica · Posta UAMVZ*	**1** Retiro de espinas y cutícula	**2** Compresión de la pulpa y filtrado en gasa	**3** Centrifugado 4,000 rpm, 20 min	**4** Refrigeración
Extracto de tuna *O. streptacantha · Morelos, Zac.*	**1** Fruto entero triturado con cáscara	**2** Filtrado en gasa estéril	**3** Centrifugado 2,500 rpm	**4** Congelación

Ambos: pH ajustado a 7.0 · medio suplementado filtrado a 0.22 µm · no se determinaron rendimiento, viscosidad ni contenido de antioxidantes

Ningún derivado modificó la expansión del cúmulo respecto al testigo

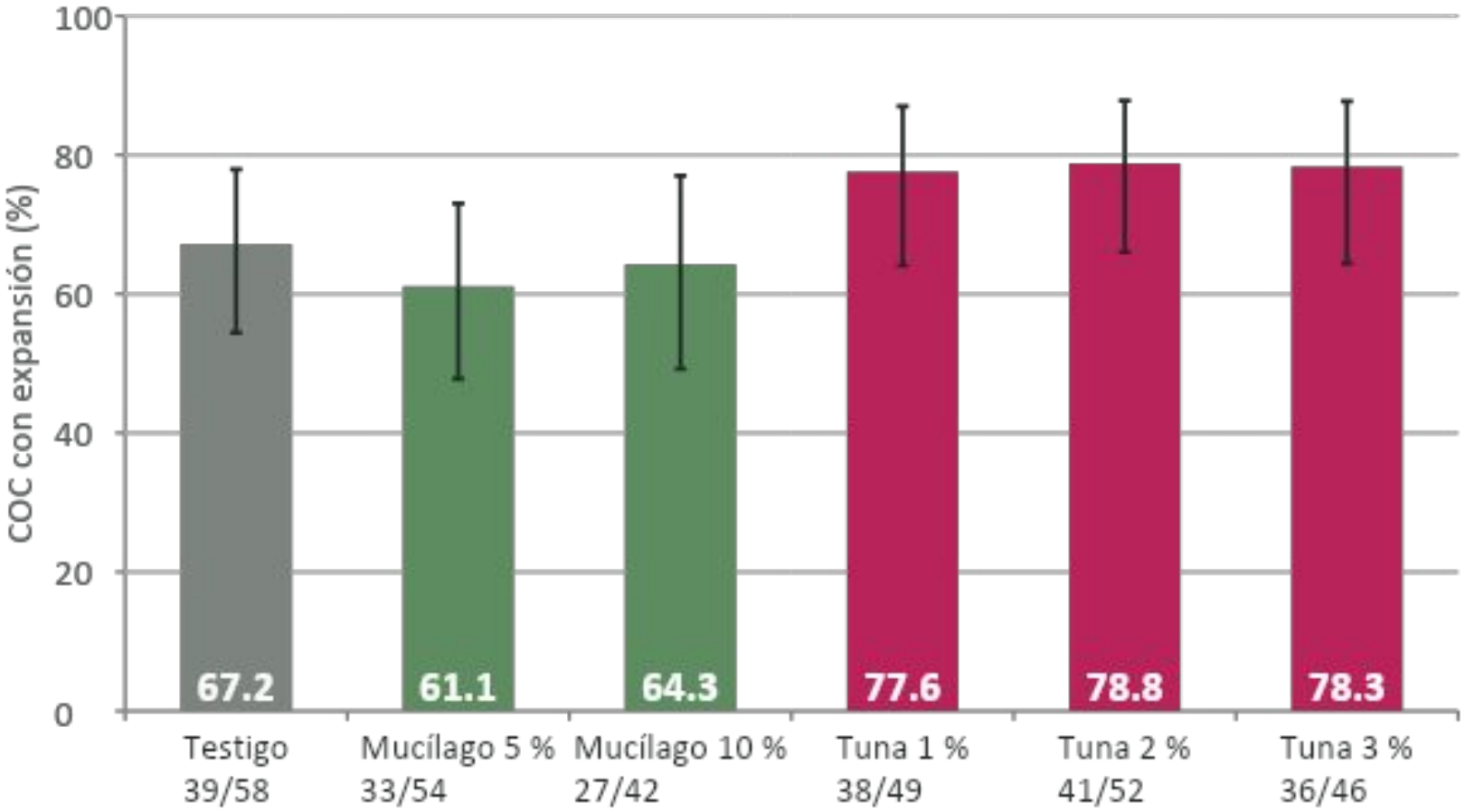
70.0 %

257 de 367 COC presentaron expansión del cúmulo

Efecto (valor de p)	Extracto de tuna	Mucílago
Tratamiento	**0.63**	**0.65**
Tamaño folicular	0.36	0.92
Tratamiento × tamaño	0.39	0.84

Modelo binomial mixto; pruebas de razón de verosimilitudes. Testigo común para ambos aditivos.

En folículos pequeños, la tuna se asoció con 10 a 12 puntos más de expansión, sin significancia



+10 a +12

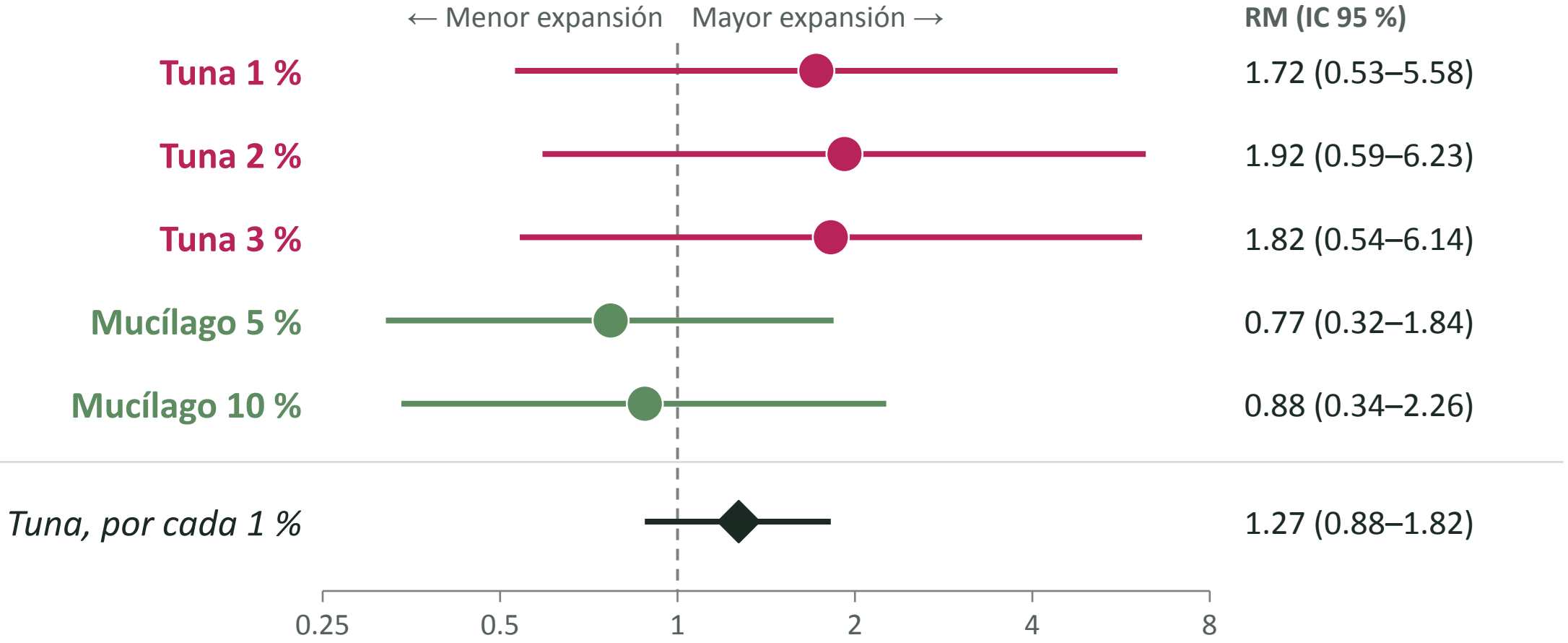
puntos con tuna vs. testigo

Contra testigo: p ≥ 0.42 (Dunnett)

Tendencia lineal de dosis: p = 0.21

Barras: % observado; líneas: IC 95 % de Wilson (descriptivo). Valores de p del modelo binomial mixto.

Todos los intervalos incluyen RM = 1: los datos son compatibles con ningún efecto o con uno moderado



RM vs. testigo en COC de folículos pequeños (escala logarítmica); modelo binomial mixto, ajuste de Dunnett.

Con este tamaño de muestra solo podían detectarse diferencias de unos 21 puntos

Diferencia observada con tuna



≈ 11 puntos

Diferencia mínima detectable (≈ 50 COC por grupo)



≈ 21 puntos

≈ 310

COC por grupo para detectar 10 puntos (67 % → 77 %)

Potencia 80 %, α = 0.05, testigo ≈ 67 %. Aproximación para dos proporciones independientes; el agrupamiento por pozo elevaría el tamaño requerido.

Ambos derivados fueron compatibles con la MIV; la tendencia de la tuna amerita más réplicas

Sin diferencias en la expansión del cúmulo respecto al testigo

Tuna en folículos pequeños: +10 a 12 puntos, con IC amplios

Recursos regionales de fácil obtención

Siguientes pasos

- Caracterización fisicoquímica
- Control de vehículo
- Maduración nuclear (MII)
- Estrés oxidativo (ERO, GSH)
- Desarrollo a blastocisto
- Más réplicas (≈ 310 COC por grupo)

Gracias

Correspondencia: lopcarmarco@uaz.edu.mx



Referencias

Madrigal-Santillán E, Portillo-Reyes J, Madrigal-Bujaidar E, et al. 2022. Opuntia spp. in human health: a comprehensive summary on its pharmacological, therapeutic and preventive properties. Part 2. Plants 11(18):2333. doi:10.3390/plants11182333

Naspinska R, Moreira da Silva MH, Moreira da Silva F. 2023. Current advances in bovine in vitro maturation and embryo production using different antioxidants: a review. J Dev Biol 11(3):36. doi:10.3390/jdb11030036

Distribución completa de COC y expansión del cúmulo por tratamiento

Tratamiento	Pozos	COC (peq./gr.)	Total n/N (%)	Fol. pequeños n/N (%)	Fol. grandes n/N (%)
Testigo	15	66 (58/8)	45/66 (68.2)	39/58 (67.2)	6/8 (75.0)
Mucílago 5 %	13	63 (54/9)	38/63 (60.3)	33/54 (61.1)	5/9 (55.6)
Mucílago 10 %	11	52 (42/10)	33/52 (63.5)	27/42 (64.3)	6/10 (60.0)
Tuna 1 %	14	57 (49/8)	45/57 (78.9)	38/49 (77.6)	7/8 (87.5)
Tuna 2 %	17	69 (52/17)	52/69 (75.4)	41/52 (78.8)	11/17 (64.7)
Tuna 3 %	16	60 (46/14)	44/60 (73.3)	36/46 (78.3)	8/14 (57.1)
Total	**86**	**367 (301/66)**	**257/367 (70.0)**	**214/301 (71.1)**	**43/66 (65.2)**

Testigo común para ambos aditivos. Seis placas de cultivo, una por día de recolección y procesamiento.

Modelo binomial mixto: efectos, tendencia de dosis y varianza aleatoria

Efecto	Extracto de tuna	Mucílago
Tratamiento	p = 0.63	p = 0.65
Tamaño folicular	p = 0.36	p = 0.92
Tratamiento × tamaño	p = 0.39	p = 0.84
Tendencia lineal en fol. pequeños (RM por cada 1 %)	1.27 (0.88–1.82); p = 0.21	0.98 (0.91–1.07); p = 0.72
Efectos aleatorios (DE): placa / pozo	0.27 / 0.48	≈ 0 / ≈ 0

Con mucílago, la varianza de placa y pozo se estimó ≈ 0 (ajuste singular): las estimaciones fijas equivalen a las de un modelo sin efectos aleatorios.

Los folículos grandes aportaron solo 8 a 17 COC por grupo: sus intervalos son muy amplios

Tratamiento	n/N	Expansión (%)	IC 95 % (Wilson)
Testigo	6/8	75.0	40.9–92.9
Mucílago 5 %	5/9	55.6	26.7–81.1
Mucílago 10 %	6/10	60.0	31.3–83.2
Tuna 1 %	7/8	87.5	52.9–97.8
Tuna 2 %	11/17	64.7	41.3–82.7
Tuna 3 %	8/14	57.1	32.6–78.6

66 de 367 COC
provinieron de folículos grandes; su número reflejó la disponibilidad en los ovarios, no una decisión del diseño. Las comparaciones por tamaño son exploratorias.

IC de Wilson calculados sobre conteos observados (descriptivos).

No todos los tratamientos estuvieron en todas las placas; la placa entra al modelo como efecto aleatorio

Placa (día)	Testigo	Mucílago 5 %	Mucílago 10 %	Tuna 1 %	Tuna 2 %	Tuna 3 %
1	4	7	11	—	—	—
2	14	15	12	11	18	11
3	8	4	4	7	6	6
4	6	10	10	6	7	10
5	14	11	15	14	13	10
6	20	16	—	19	25	23
Total	**66**	**63**	**52**	**57**	**69**	**60**

COC cultivados por placa y tratamiento (ambos tamaños foliculares). En cada día, los COC se asignaron aleatoriamente a los pozos.

Sin control de vehículo, no separamos el efecto del aditivo del efecto de dilución del medio

Dilución

Añadir 5–10 % v/v de mucílago diluye en esa proporción el suero, las hormonas y los nutrientes del medio. El testigo no recibió un volumen equivalente.

Osmolaridad

Mucílago: 388.6 mOsm/L (calculada). Si el medio base ronda 300, la mezcla al 10 % quedaría cerca de 309 (estimación). La del extracto de tuna no se determinó.

Siguiente paso: testigo con volumen y osmolaridad equivalentes

La expansión del cúmulo indica respuesta durante la MIV, no confirma la metafase II

Medido
Expansión del cúmulo (morfología, estereoscopio, comparación fotográfica)

Maduración nuclear
metafase II (tinción de cromatina)

Estrés oxidativo
ERO y glutatión intracelular

Desarrollo
división y tasa de blastocisto