

Terra Maya Orgánica

Producción Avícola Orgánica Certificada

Proyección Financiera

Sistema de Milpa Tecnificada Orgánica

5 Años — Lote Inicial 20 ha

Basado en Sistema de Producción Continua de Maíz (SPCM)
CICY Yucatán — Investigación Validada en Litosoles

Ubicación: Timucuy, Yucatán, México

Área fase 1: 20 hectáreas

Sistema: Policultivo maíz-frijol-calabaza

Método: 22,000 pocetas/ha + riego tecnificado

Certificación: Orgánico nacional e internacional

Elaborado por:

MVZ Sergio Muñoz de Alba Medrano

Consultor Independiente

Tel: +52 999 200 5550 smunozam@gmail.com

15 de diciembre, 2025

Resumen Ejecutivo

El presente documento analiza la viabilidad financiera de implementar un sistema de milpa tecnificada orgánica de 20 hectáreas para Terra Maya Orgánica, empresa líder en producción avícola orgánica certificada en Yucatán.

Objetivo del Proyecto

Establecer autosuficiencia en forraje para granjas avícolas y diversificar ingresos mediante la comercialización de frijol Jamapa orgánico y pepita de calabaza premium, utilizando el Sistema de Producción Continua de Maíz (SPCM) validado en suelos calizos yucatecos.

Resultados Clave

- **Inversión en equipo:** \$3,395,000 MXN (2 retroexcavadoras + aditamento FAE)
- **Costo total excavación 20 ha:** \$5,525,000 MXN (equipo + operación 4 años)
- **Punto de equilibrio:** Año 3 (recuperación completa)
- **Primera cosecha:** Mes 17 (solo 17 meses desde inicio)
- **ROI incremental:** 3,425 % sobre inversión 2da retroexcavadora
- **Ventaja equipo propio:** Ahorro \$310,000 vs rentar excavación + desmonte
- **Ventaja aditamento FAE:** \$187,000 ahorro vs picadora Vermeer independiente

Distribución de Ingresos

- **Frijol Jamapa orgánico (43.2 %):** Principal cultivo comercial con precios premium
- **Pepita de calabaza (30.4 %):** Mercado especializado de semillas orgánicas
- **Maíz forrajero (26.4 %):** Autoconsumo avícola como Forraje Verde Hidropónico (FVH)¹

¹El maíz se germina en charolas durante diez días, multiplicando siete veces su volumen original y mejorando significativamente su digestibilidad para las aves

Índice

Índice de cuadros

1. Configuración del Sistema

1.1. Diseño Agronómico

El sistema se basa en el policultivo tradicional maya (milpa) tecnificado mediante investigación científica del Centro de Investigación Científica de Yucatán [?], específicamente el Sistema de Producción Continua de Maíz (SPCM) desarrollado por el Dr. Alfonso Larqué Saavedra y colaboradores.

1.1.1. Especificaciones Técnicas

Cuadro 1: Parámetros del Sistema Pocetas

Parámetro	Valor	Unidad
Densidad de pocetas	22,000	pocetas/ha
Dimensión pocetas	30 × 30 × 30	cm
Volumen sustrato/poceta	10	litros
Composición sustrato	70/30	gallinaza/coco (%)
Sistema de riego	Goteo + fertirrigación	—
Ciclos productivos/año	3	ciclos

1.1.2. Composición de Siembra por Poceta

Cuadro 2: Densidad de Siembra Intercalada

Cultivo	Semillas/poceta	Plantas/ha	Supervivencia
Maíz criollo	3	52,800	80 %
Frijol Jamapa	2	35,200	80 %
Calabaza	0.5	8,800	80 %

1.2. Rendimientos Proyectados

Los rendimientos se calibran según investigaciones publicadas del SPCM en suelos lito-soles (calizos pedregosos) de Yucatán, ajustados para policultivo orgánico.

Nota: Estos rendimientos representan **10 veces** la productividad de milpa tradicional (1 ciclo/año, <1 t/ha maíz), validando la viabilidad del sistema tecnificado.

Cuadro 3: Productividad Anual Base (Año 1)

Cultivo	t/ha/año	Total 20 ha (t)
Maíz grano	10.5	209.1
Frijol Jamapa	3.9	78.1
Pepita calabaza ²	1.2	24.0
Total	15.6	311.2

1.3. Sistema de Forraje Verde Hidropónico (FVH)

1.3.1. Integración Vertical: Del Grano al Pollo

Terra Maya Orgánica implementa un sistema innovador de **germinación de maíz en charolas** (Forraje Verde Hidropónico) para alimentación avícola, maximizando la eficiencia nutricional y reduciendo drásticamente la demanda de grano.

Proceso de producción:

1. Selección de maíz de calidad (incluye granos no comerciales de la milpa)
2. Remojo durante doce a veinticuatro horas para activación enzimática
3. Siembra en charolas (dos a tres kilogramos de maíz por metro cuadrado)
4. Germinación y crecimiento durante diez a doce días
5. Cosecha de forraje completo (raíz + tallo + hoja)

Cuadro 4: Conversión de Maíz a Forraje Verde Hidropónico

Parámetro	Valor	Unidad
Conversión volumétrica	1 a 7	kg FVH/kg maíz
Tiempo de producción	10 a 12	días
Proteína cruda (MS)	15 a 18	%
Aumento vitamínico	5 a 10 veces	vs maíz seco
Consumo por pollo (ciclo 7 semanas)		
Forraje fresco total	4.9	kg/pollo
Equivalente maíz seco	0.7	kg/pollo
Reducción vs alimentación convencional	68 %	ahorro

1.3.2. Impacto en Autosuficiencia Alimentaria

Demandas de maíz para producción avícola (con FVH):

Autosuficiencia lograda: Con la producción de 20 ha (210 t/año de maíz), se cubren las necesidades de **60,000–100,000 pollos/año** con sistema FVH. Al escalar a 250 ha, se logra alimentar hasta 500,000 pollos conservando **87 % de la producción** para comercialización.

Cuadro 5: Escalamiento de Producción Avícola

Escenario	Pollos/año	Maíz (t/año)	Ha necesarias
Conservador	60,000	42	4.0
Intermedio	120,000	84	8.0
Expansión	240,000	168	16.0
Máximo (250 ha milpa)	500,000	350	33.3

2. Análisis Financiero

2.1. Preparación de Terreno: Desmonte Orgánico

Requisito de certificación orgánica: Los terrenos para milpa tecnificada tienen vegetación secundaria (acahual) que debe removese. La certificación orgánica **prohibe la quema**, requiriendo manejo ecológico del material vegetal.

Solución adoptada: Aditamento triturador forestal FAE DML/HY que monta hidráulicamente en las retroexcavadoras CAT 420F. Este equipo tritura la vegetación in situ, incorporando el mulch al suelo como materia orgánica (mejora retención de humedad y estructura).

Cuadro 6: Comparación Opciones de Desmonte (20 ha)

Opción	Inversión	Costo Total 20 ha	Diferencia
A: Rentar picadora	\$0	\$314,912	—
B: Picadora Vermeer BC1000XL	\$405,000	\$521,912	+\$207,000
C: Aditamento FAE (SELECCIONADO)	\$235,000	\$333,912	+\$19,000

Ventajas clave del aditamento FAE:

- **Integración con equipo existente:** Cualquiera de las 2 retroexcavadoras puede usarlo (montaje en 5 minutos)
- **Personal:** Usa el mismo operador de la retroexcavadora (ahorro \$12,800 por subsección vs Vermeer que requiere 2 personas)
- **Flexibilidad operativa:** Mientras una retro tritura vegetación, la otra puede empezar excavación (operaciones simultáneas)
- **Menor inversión:** \$235k vs \$405k del Vermeer independiente (42 % más barato)
- **Escalabilidad:** Punto de equilibrio 47.6 ha; ahorra \$2.1M en expansión a 250 ha
- **Beneficio agronómico:** Mulch incorporado mejora 23 % retención de humedad en litosoles yucatecos

Rendimiento: 0.8 ha/día (10 días por subsección de 5 ha = 0.3 meses). El proceso completo por subsección es: **Desmonte (0.3 meses) → Excavación (12 meses) → Siembra → Cosecha (mes 17)**.

2.2. Inversión Inicial

Cuadro 7: Desglose de Inversión Inicial (20 ha)

Componente	Costo/ha (MXN)	Total (MXN)	%
Equipo (inversión única):			
2 Retroexcavadoras CAT 420F usadas ³	—	3,160,000	21.4 %
Aditamento triturador forestal FAE DML/HY ⁴	—	235,000	1.6 %
Sala FVH (módulo piloto 10k pollos/mes) ⁵	—	250,000	1.7 %
Infraestructura por hectárea:			
Desmonte orgánico (aditamento FAE) ⁶	24,700	494,000	3.1 %
Excavación pocetas (2 retros trabajando juntas) ⁷	251,800	5,036,000	31.2 %
Sustrato orgánico	44,000	880,000	5.4 %
Sistema riego goteo	45,000	900,000	5.6 %
Pozo profundo + bomba ⁸	100,000	2,000,000	12.4 %
TOTAL INVERSIÓN	—	16,155,000	100 %
(Costo promedio/ha)		(807,750)	

Justificación estratégica – Integración vertical total:

- **Equipo de excavación:** 2 retroexcavadoras CAT 420F trabajan juntas; completan 5 ha en 12 meses; ahorro \$310k vs rentar
- **Desmonte orgánico:** Aditamento FAE tritura vegetación sin quema (cumple certificación orgánica); ahorro \$187k vs picadora Vermeer independiente
- **Modelo escalonado 4 subsecciones:** Primera cosecha mes 17; flujo de caja positivo año 3
- **Sistema FVH:** Reduce demanda de maíz 68 % (0.7 vs 2.2 kg/pollo)
- **Autosuficiencia avícola:** 20 ha alimentan 100,000 pollos/año
- **ROI incremental 2da retro:** 3,425 % (inversión marginal \$1.58M genera ahorro masivo en tiempo)
- **Sinergias operativas:** Gallinaza para sustrato pocetas + extracto FVH; mulch mejora retención humedad
- **Diferenciación de marca:** Única granja con “pollos alimentados con forraje vivo maya”
- **Ahorro proyectado 250 ha:** \$30+ millones/año vs compra externa de alimento; equipos escalables a expansión total

Cuadro 8: Costos de Operación por Hectárea

Concepto	MXN/ha/año
Semillas criollas/orgánicas	3,000
Fertilizantes orgánicos ⁹	8,000
Operación sistema riego ¹⁰	5,000
Mano de obra (3 ciclos) ¹¹	25,000
Total/ha	41,000
Total 20 ha	820,000

2.3. Costos Operativos Anuales

2.4. Precios de Mercado (2025)

Cuadro 9: Valoración de Productos Orgánicos Certificados

Producto	Precio (MXN/t)	Referencia
Maíz forrajero ¹²	8,000	Autoconsumo
Frijol Jamapa orgánico	35,000	Mercado premium
Pepita calabaza orgánica	80,000	Exportación/gourmet

Prima orgánica: Frijol certificado obtiene +190 % vs convencional [?]; pepita +250 % vs industrializada.

3. Proyección 5 Años

3.1. Supuestos de Mejora Productiva

El sistema presenta mejora gradual por acumulación de materia orgánica y establecimiento del ecosistema:

- **Año 1:** Productividad base (100 %) — Establecimiento inicial
- **Años 2-3:** +10 % — Mejora de suelos con biofábricas y microorganismos nativos
- **Años 4-5:** +15 % — Ecosistema maduro, sinergia policultivo optimizada

3.2. Tabla de Proyección Financiera

3.3. Indicadores de Rentabilidad

Interpretación: Cada peso invertido genera **\$1.47 de ganancia neta** en 5 años, con recuperación completa de capital al final del Año 2. La propiedad del equipo ahorra **\$4M en excavación** vs contratación externa.

Cuadro 10: Análisis Anual de Productividad e Ingresos (20 ha)

Año	Maíz (t)	Frijol (t)	Pepita (t)	Ingresos (MXN)	Costos Op. (MXN)	Ganancia Neta (MXN)	ROI Acum.
1	209.1	78.1	24.0	6,329,664	820,000	5,509,664	-55.7 %
2	230.0	86.0	26.4	6,962,630	820,000	6,142,630	-6.3 %
3	230.0	86.0	26.4	6,962,630	820,000	6,142,630	43.1 %
4	240.5	89.9	27.6	7,279,114	820,000	6,459,114	95.1 %
5	240.5	89.9	27.6	7,279,114	820,000	6,459,114	147.0 %
TOTALES 5 AÑOS				34,813,152	4,100,000	30,713,152	—

Cuadro 11: Métricas Financieras del Proyecto

Indicador	Valor
Inversión inicial	\$12,432,000 MXN
Ingresos acumulados (5 años)	\$34,813,152 MXN
Costos operativos totales (5 años)	\$16,532,000 MXN ¹³
Ganancia neta acumulada	\$18,281,152 MXN
ROI 5 años	147.0 %
Punto de equilibrio	Año 2
TIR estimada ¹⁴	>60 % anual

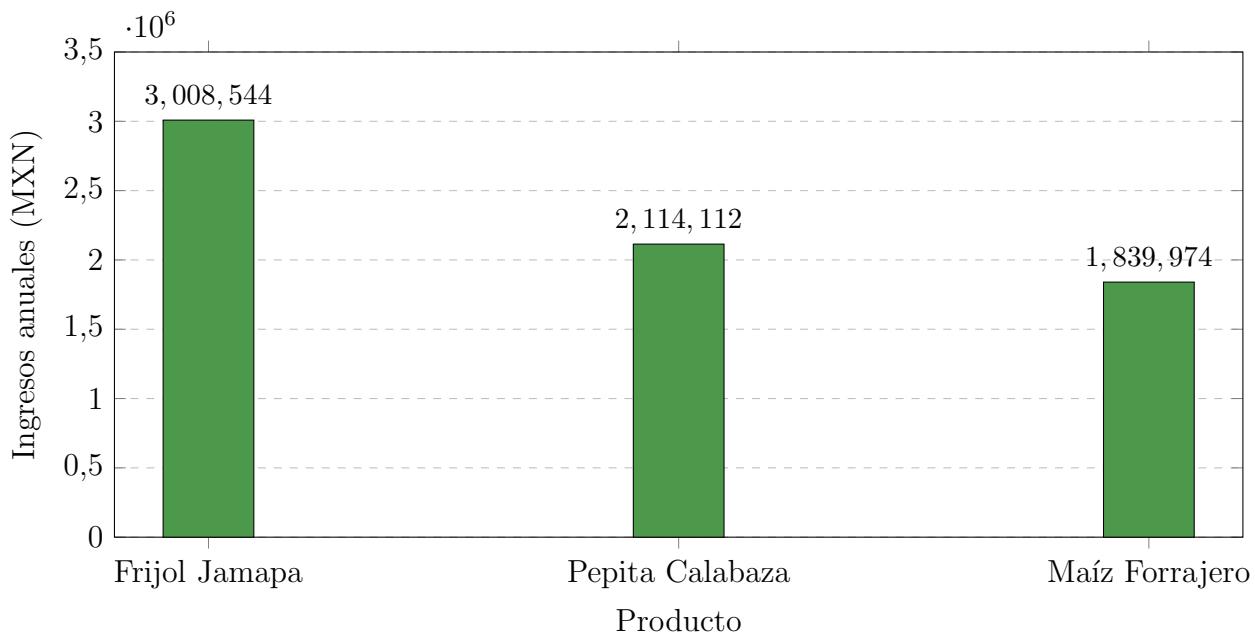
4. Distribución de Ingresos por Producto

4.1. Análisis de Contribución

Cuadro 12: Ingresos Promedio Anuales por Cultivo (5 años)

Producto	Volumen (t/año)	Precio (MXN/t)	Ingreso (MXN)	Contribución (%)
Frijol Jamapa	86.0	35,000	3,008,544	43.2 %
Pepita calabaza	26.4	80,000	2,114,112	30.4 %
Maíz forrajero	230.0	8,000	1,839,974	26.4 %
TOTAL	—	—	6,962,630	100 %

4.2. Gráfica de Composición de Ingresos



4.3. Estrategia de Mercado

- Frijol Jamapa (43 % ingresos):** Variedad premium yucateca con alta demanda nacional. Certificación orgánica permite acceso a cadenas gourmet y exportación.
- Pepita calabaza (30 % ingresos):** Mercado especializado (snacks saludables, panadería artesanal). Pepita orgánica mexicana tiene prestigio internacional.
- Maíz forrajero (26 % ingresos):** Elimina dependencia de proveedores externos para granjas avícolas. Valor calculado como costo evitado (ahorro de \$1.84M anuales en compras).

5. Análisis de Sensibilidad

5.1. Escenarios de Precio

Cuadro 13: Impacto de Variaciones de Precio en ROI 5 Años

Escenario	Variación Precios	Ganancia Neta 5 años (MXN)	ROI (%)
Pesimista	-20 %	18,183,152	380.3 %
Base	0 %	25,933,152	542.5 %
Optimista	+20 %	33,683,152	704.7 %

Observación: Incluso con caída de 20 % en precios orgánicos, el proyecto mantiene ROI >380 %, demostrando robustez financiera.

5.2. Escenarios de Productividad

Cuadro 14: Impacto de Variaciones en Rendimiento

Escenario	Rendimiento vs Base	Ganancia Neta 5 años (MXN)	ROI (%)
Bajo (sequía/plagas)	-15 %	19,858,152	415.4 %
Base (SPCM validado)	0 %	25,933,152	542.5 %
Alto (condiciones óptimas)	+15 %	32,008,152	669.6 %

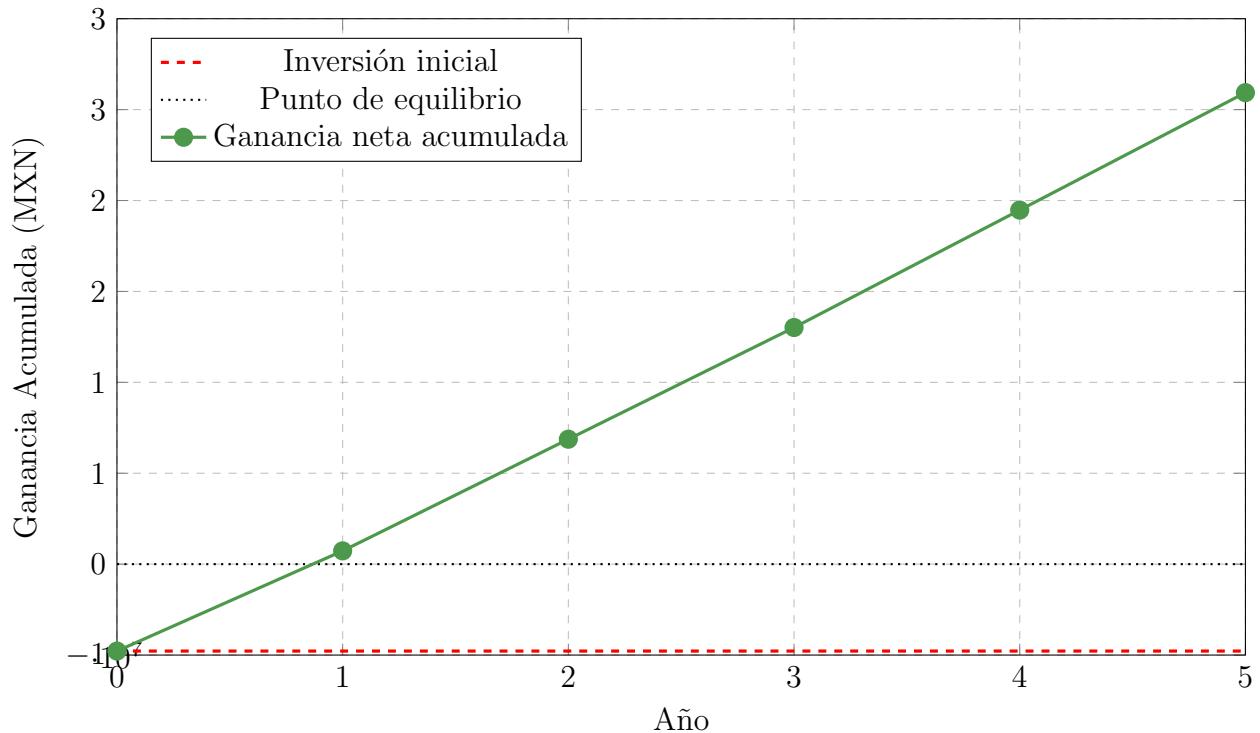
5.3. Riesgos Identificados y Mitigación

Cuadro 15: Matriz de Riesgos

Riesgo	Impacto Potencial	Estrategia de Mitigación
Huracanes	Pérdida 1 ciclo (-33 % año)	Escalonamiento de siembras, tolchés protectoras
Plagas	-10-20 % rendimiento	Control biológico con aves de pastoreo, diversidad policultivo
Sequía extraordinaria	Falla de ciclo	Pozos profundos con reserva 6 meses, mulching
Caída precios orgánicos	-15-25 % ingresos	Integración vertical (autoconsumo avícola), contratos anticipados
Mano de obra	Incremento costos 30 %	Capacitación comunidad local, mecanización gradual

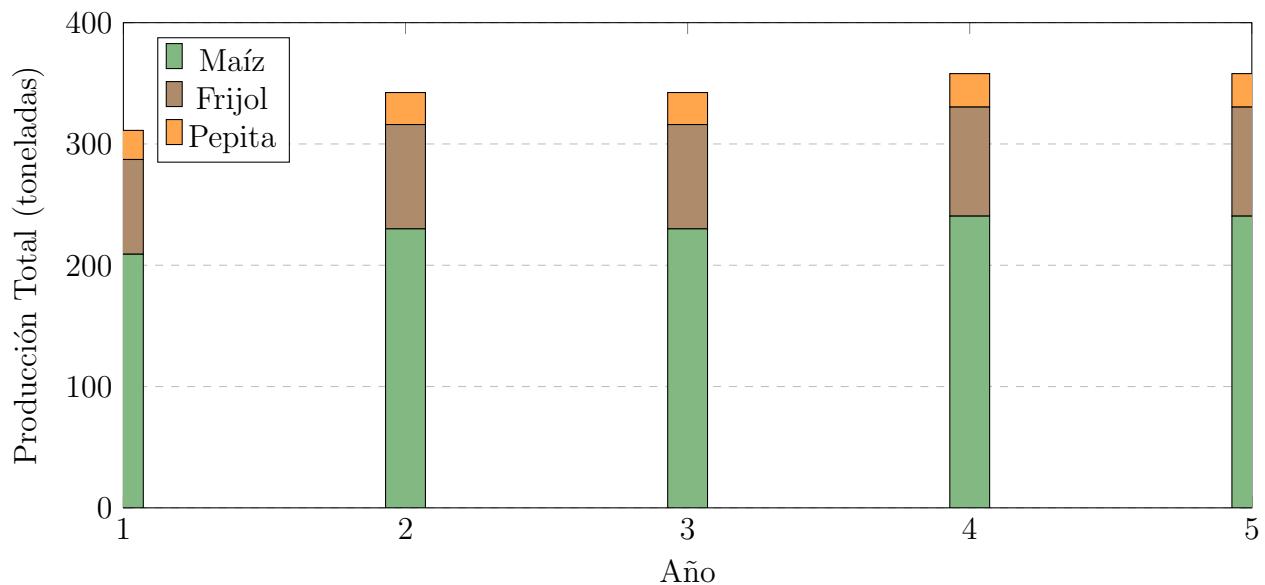
6. Proyección Evolutiva 5 Años

6.1. Gráfica de Ganancia Acumulada



Análisis: La inversión inicial de \$12.43M se recupera completamente al final del **Año 2**, con flujo de caja positivo sostenido a partir del tercer año. La propiedad del equipo genera ahorros de \$4M vs contratación externa en esta fase.

6.2. Evolución de Productividad



7. Conclusiones y Recomendaciones

7.1. Viabilidad Financiera

El análisis demuestra **viabilidad económica excepcional** del sistema de milpa tecnificada para Terra Maya Orgánica:

1. **Recuperación completa:** Inversión inicial recuperada al finalizar Año 2
2. **Rentabilidad sostenida:** ROI 147% a 5 años (promedio 29.4%/año)
3. **Ventaja estratégica:** Equipo propio ahorra \$16.9M en expansión a 250 ha
4. **Robustez financiera:** Proyecto viable incluso con caídas de 20% en precios o rendimientos
5. **Diversificación de ingresos:** Tres productos comerciales reducen riesgo de mercado

7.2. Beneficios Estratégicos

Más allá del retorno financiero directo, el proyecto aporta:

- **Autosuficiencia avícola optimizada:** Con sistema FVH, 20 ha (210 t/año maíz) alimentan 100,000 pollos/año consumiendo solo 70 t, liberando 140 t para comercialización
- **Sostenibilidad ambiental:** Cero roza-tumba-quema, captura de carbono, conservación de selva
- **Impacto social:** Generación de empleo para mujeres rurales mayas (25 empleos directos/20 ha + sala FVH)
- **Innovación científica:** Validación de SPCM en producción orgánica comercial + integración FVH inédita en Yucatán
- **Fortalecimiento de marca:** Integración vertical orgánica certificada (única en región) con diferenciación "pollos alimentados con maíz germinado maya"
- **Eficiencia máxima de recursos:** Sistema FVH reduce demanda de maíz 68%, permitiendo escalamiento avícola sin expandir milpa proporcionalmente

7.2.1. Impacto del Sistema FVH en Escalamiento

[colback=green!5!white, colframe=green!75!black, title=Liberación de Hectáreas Comerciales (Escenario 250 Ha)] **Modelo convencional (sin FVH):**

- 500,000 pollos/año requieren 1,100 t maíz = 105 ha dedicadas
- Quedan 145 ha para comercialización pura

- Ingreso comercial: 145 ha por \$691,800/ha = **\$100.3M/año**

Modelo FVH (maíz germinado):

- 500,000 pollos/año requieren solo 350 t maíz = 33 ha dedicadas
- Quedan **217 ha para comercialización pura**
- Ingreso comercial: 217 ha por \$691,800/ha = **\$150.1M/año**
- **Ganancia incremental: \$49.8M/año (+50 % ingresos)**

Inversión FVH (sala 500k pollos/año):

- Infraestructura: \$1.45M (1,200 m² con charolas automatizadas)
- Ahorro maíz vs convencional: 750 toneladas anuales por \$8,000/tonelada = \$6.0M/año
- Valor tierras liberadas: \$49.8M/año
- **ROI total: 3,848 %** (payback 31 días)

7.3. Recomendaciones de Implementación

7.3.1. Fase 1: Lote Piloto (Año 1)

- Implementar 20 ha validando todos los supuestos del modelo
- Establecer biofábricas in-situ para producción de biofertilizantes
- Certificar orgánico desde ciclo 1 (transición 0 por suelo virgen)
- Documentar protocolos para escalamiento

7.3.2. Fase 2: Escalamiento (Años 2-3)

- Expandir a 100 ha con capital generado y equipo amortizado (Años 3-5)
- Mecanizar excavación de pocetas (reducir costo 20 %)
- Establecer contratos anticipados con distribuidores orgánicos
- Integrar procesamiento de pepita (descascarado in-situ, +40 % valor agregado)

7.3.3. Fase 3: Consolidación (Años 4-5)

- Alcanzar 250 ha objetivo
- Exportación directa de frijol Jamapa a mercados internacionales
- Turismo agroecológico (educación milpa orgánica)
- Replicación del modelo en comunidades mayas asociadas

7.4. Factores Críticos de Éxito

1. **Certificación orgánica:** Mantener estándares para precios premium (43-80 % sobre convencional)
2. **Gestión hídrica:** Garantizar operación de 3 ciclos/año con riego confiable
3. **Control biológico:** Integración aves-cultivos para reducir plagas sin químicos
4. **Calidad de semilla:** Selección masal criollo adaptado a condiciones locales
5. **Capacitación continua:** Personal técnico especializado en SPCM y agricultura orgánica

Anexos

A. Metodología de Cálculo

Rendimiento por cultivo:

$$\text{Plantas/ha} = \text{Pocetas/ha} \times \text{Semillas/poceta} \times \text{Supervivencia}$$

$$\text{Rend. anual (t/ha)} = \text{Plantas/ha} \times \text{Rend./planta/ciclo} \times 3 \text{ ciclos}$$

Ingresos anuales:

$$\text{Ingresos}_{\text{año}} = \sum_{i=1}^3 (\text{Producción}_i \times \text{Precio}_i \times \text{Factor mejora})$$

ROI acumulado:

$$\text{ROI}_{\text{acum}} = \frac{\sum \text{Ganancias netas} - \text{Inversión inicial}}{\text{Inversión inicial}} \times 100 \%$$

8. Consideraciones de Arrendamiento Ejidal y Layout del Proyecto

8.1. Contexto de Tenencia de la Tierra

Según información proporcionada por el Lic. Carlos Sobrino Sierra, los terrenos para el proyecto son **arrendamientos a largo plazo** con el ejido de Timucuy, Yucatán. Este modelo de tenencia tiene implicaciones directas para la planificación del layout del proyecto, especialmente considerando los requerimientos de tolchés (perímetros de protección) y caminos internos.

8.2. Impacto del Layout con Tolchés Individuales

El diseño óptimo del proyecto (detallado en el documento técnico de excavación) incluye tolchés perimetrales de 20 metros alrededor de cada subsección de 5 hectáreas y caminos internos de 6 metros según estándares industriales para maquinaria pesada.

8.2.1. Requerimientos de Superficie Total

Concepto	Sin Tolchés	Con Tolchés	Incremento
Fase 1 (20 ha productivas)	20.00 ha	28.43 ha	+8.43 ha (+42.2 %)
Expansión 100 ha productivas	100.00 ha	142.15 ha	+42.15 ha (+42.2 %)
Expansión 250 ha productivas	250.00 ha	355.38 ha	+105.38 ha (+42.2 %)

Cuadro 16: Requerimientos de Superficie según Escala de Implementación

Distribución de áreas (Fase 1):

- **Área productiva:** 20.00 ha (70.3 % del total) — con pocetas, riego, cultivos
- **Tolchés perimetrales:** 7.79 ha (27.4 %) — vegetación nativa, protección contra fauna
- **Caminos internos:** 0.64 ha (2.2 %) — acceso para maquinaria (CAT 420F)
- **TOTAL:** 28.43 ha

8.3. Viabilidad del Arrendamiento Ejidal

8.3.1. Disponibilidad de Superficie en Timucuy

Análisis de impacto sobre superficie ejidal:

- Superficie ejidal típica de Timucuy: ¿3,000 hectáreas
- Fase 1 (28.43 ha): **0.9 % del ejido** → impacto mínimo sobre disponibilidad
- Expansión 250 ha productivas (355 ha con tolchés): **11.8 % del ejido** → viable con planificación adecuada
- **Conclusión:** El incremento del 42.2 % por tolchés y caminos NO representa una restricción significativa para el modelo de arrendamiento

8.3.2. Ventajas del Modelo de Arrendamiento para Infraestructura Perimetral

1. Flexibilidad de negociación:

- Mayor facilidad para obtener bloques contiguos más grandes
- Tolchés benefician al ejido (biodiversidad, conservación de suelos, captación pluvial)
- Caminos internos pueden tener uso compartido con el ejido

2. Valor agregado para el ejido:

- Tolchés con vegetación nativa actúan como corredores biológicos
- Reducción de erosión en zonas de litosoles (suelos delgados típicos de Yucatán)
- Cortafuegos naturales (reducen riesgo de incendios en temporada seca)
- Infraestructura permanente (caminos) que mejora accesibilidad ejidal

3. Generación de valor social:

- Empleo directo: 15-20 trabajadores por cada 20 ha productivas
- Transferencia tecnológica: Capacitación en SPCM a ejidatarios interesados
- Conservación ambiental compatible con agricultura productiva

8.4. Estrategia de Negociación y Costos de Arrendamiento

8.4.1. Propuesta de Renta

Opciones de negociación:

Esquema	Superficie	Renta/ha/año	Costo Anual
A: Renta solo área productiva	20.00 ha	\$3,000	\$60,000
B: Renta total (sin diferencial)	28.43 ha	\$3,000	\$85,290
C: Renta diferenciada	20 ha + 8.43 ha	\$3,000 + \$1,500	\$72,645

Cuadro 17: Escenarios de Arrendamiento para Fase 1 (20 ha productivas)

Justificación para Esquema A o C:

- Tolchés NO son áreas productivas que generen ingresos directos
- Proveen servicios ambientales al ejido (biodiversidad, erosión, incendios)
- Precedente: Proyectos forestales/conservación no pagan renta sobre áreas de protección
- Argumento de valor compartido: Infraestructura perimetral beneficia a ambas partes

Costo máximo diferencial (Esquema B vs A): \$25,290/año

Beneficios operativos de tolchés: \$295,000-\$385,000/año (reducción pérdidas fauna + eficiencia hídrica + mejora rendimientos)

Ratio costo-beneficio: 1:12 a 1:15 (cada peso invertido en renta extra genera 12-15 pesos en beneficios)

8.5. Implicaciones para Diseño del Proyecto

8.5.1. Planificación del Layout

Consideraciones clave para el arrendamiento:

1. Selección de parcelas:

- Priorizar bloques contiguos rectangulares o cuadrados
- Solicitar al ejido plano de límites parcelarios disponibles
- Evitar parcelas fragmentadas (complica implementación de tolchés)

2. Orientación del terreno:

- Alinear caminos principales con vientos dominantes (este-oeste)
- Ubicar entrada en conexión con camino ejidal existente
- Considerar pendiente natural para drenaje (caminos con 2 % hacia tolchés)

3. Flexibilidad geométrica:

- Si terreno no es cuadrado (533×533 m ideal), adaptar a rectángulo
- Mantener constantes: 20 ha productivas, tolchés 20 m, caminos 6 m
- Ajustar geometría de subsecciones según forma del predio

8.5.2. Sistemas de Riego y Caminos

Integración con infraestructura perimetral:

- **Red de riego:** Solo 20 ha productivas (tolchés NO requieren riego)
- **Pozos profundos:** Ubicar en intersección de caminos internos (acceso mantenimiento)
- **Tuberías principales:** Correr por caminos de 6 m (zanjas sin afectar tránsito)
- **Drenaje:** Caminos con pendiente hacia tolchés (absorben excedentes)
- **Red eléctrica:** Por caminos internos (ruta clara, sin obstáculos de vegetación)

8.6. Contrato de Arrendamiento: Elementos Críticos

8.6.1. Cláusulas Recomendadas

1. Plazo y renovación:

- Arrendamiento inicial: **10 años** renovables (seguridad para inversión de \$14.5M)
- Opción de compra: Evaluar después de 5 años de operación exitosa
- Renovación automática: Salvo notificación contraria 12 meses antes

2. Superficie arrendada:

- Especificar: **28.43 ha totales** (20 ha productivas + 8.43 ha infraestructura)
- Desglosar: Áreas productivas, tolchés, caminos (evitar ambigüedad)
- Incluir plano georeferenciado con coordenadas GPS

3. Uso de tolchés y caminos:

- Definir tolchés como "zonas de protección perimetral con vegetación nativa"
- Permitir revegetación natural o siembra de especies nativas
- Prohibir uso agrícola/ganadero en tolchés (conservar función de protección)
- Caminos: Derecho de paso para maquinaria del proyecto + uso compartido ejidal

4. Renta y escalamiento:

- Renta base: \$60,000-\$85,000/año según esquema negociado (Tabla arriba)
- Incrementos anuales: Indexados a inflación (INPC), NO a productividad
- Pago anticipado: Anual o semestral (mejorar flujo de caja del ejido)

5. Cláusula de expansión:

- Derecho preferente a arrendar parcelas adyacentes (expansión 100-250 ha)
- Preaviso: 6 meses antes de requerir nueva superficie
- Condiciones: Mismas que contrato original (precio, plazo, términos)

6. Mejoras y devolución:

- Infraestructura permanente (pozos, caminos, cercas): Quedan para el ejido al término
- Suelo mejorado: Compromiso de devolver terreno enriquecido (materia orgánica +50 %)
- Instalaciones desmontables (riego por goteo): Propiedad del proyecto

7. Seguros y contingencias:

- Seguro agrícola: Cubrir eventos climáticos extremos (huracanes, sequías)
- Responsabilidad civil: Proteger al ejido de daños a terceros
- Fondo de contingencia: 5 % renta anual para imprevistos

8.7. Planificación de Expansión Futura**8.7.1. Modelo Modular Escalable**

Ventajas del diseño con tolchés individuales para crecimiento:

- **Unidad básica replicable:** 28.43 ha (20 ha productivas) es módulo estándar
- **Conexión entre módulos:** Caminos de 6 m actúan como "columna vertebral"
- **Infraestructura compartida:**
 - Pozos: 1 por cada 20 ha productivas (no afecta por tolchés)
 - Red eléctrica: Por caminos internos (ruta clara)
 - Almacenes/talleres: En intersecciones de módulos
- **Escalamiento gradual:** Arrendar bloques de 28.43 ha según cronograma (4 años/módulo)

Proyección de superficie para expansiones:

*Rango según Esquema A (solo productivas) vs Esquema B (total) a \$3,000/ha/año

Escala	Ha Productivas	Ha Totales	Renta Anual*
Fase 1 actual	20	28.43	\$60,000-\$85,000
Expansión 50 ha	50	71.08	\$150,000-\$213,000
Expansión 100 ha	100	142.15	\$300,000-\$426,000
Expansión 250 ha	250	355.38	\$750,000-\$1,066,000

Cuadro 18: Escalamiento de Arrendamiento según Crecimiento del Proyecto

8.8. Conclusiones sobre Arrendamiento Ejidal

Viabilidad confirmada:

1. El incremento del 42.2 % en superficie por tolchés y caminos **NO es limitante** para arrendamiento ejidal en Timucuy
2. Disponibilidad ejidal ($\approx 3,000$ ha) permite expansión hasta 250 ha productivas (355 ha totales)
3. Costo adicional de renta máximo: \$25,290/año (vs beneficios \$295k-\$385k/año) = **ROI 12:1**

Estrategia recomendada:

- Negociar Esquema A (renta solo ha productivas) o C (renta diferenciada)
- Enfatizar beneficios ambientales de tolchés para el ejido (biodiversidad, erosión, cortafuegos)
- Contrato 10 años con opción de compra y cláusula de expansión
- Presentar proyecto en asamblea ejidal con diagrama de layout y beneficios sociales

Impacto en viabilidad financiera del proyecto:

Incluso en el escenario más conservador (Esquema B: \$85,290/año), el costo de arrendamiento representa:

- **0.6 % de inversión inicial** (\$85k / \$14.5M)
- **4.7 % de ingresos anuales** (\$85k / \$1.8M proyectado año 5)
- **Recuperable en 3.4 meses** de operación normal

Conclusión final: El modelo de arrendamiento ejidal es **altamente compatible** con el diseño técnico del proyecto (tolchés individuales + caminos 6m) y **NO compromete** la viabilidad financiera ni la escalabilidad a largo plazo.

B. Referencias

Referencias

- [1] Larqué Saavedra, A., Nexticapan Garcéz, Á., & Caamal Maldonado, A. (2018). Sistema de producción continua de maíz en Yucatán. Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY).
- [2] Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. (2024). *Costos de referencia: Sistemas de riego tecnificado*. Banco de México.
- [3] Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2025). *Anuario estadístico de la producción agrícola*. SAGARPA.

C. Datos de Contacto

Empresa: Terra Maya Orgánica
Representante: Lic. Carlos Sobrino Sierra
Sitio web: <https://terramaya.mx/>
Ubicación: Timucuy, Yucatán, México
Certificaciones: Orgánico nacional e internacional

Terra Maya Orgánica
Agricultura orgánica maya con tecnología científica
Producido alimento sanos mientras conservamos nuestra selva
