

Perfil de Proyecto: “Producción de Fertilizante Orgánico a partir de lodos residuales bajo el enfoque de Economía Circular”

Fecha:

Título del proyecto: Planta Modular de Producción de Fertilizante Orgánico a partir de lodos residuales con enfoque de Economía Circular

Antecedentes:

En Ecuador, el 70% de las aguas residuales se descargan sin tratamiento adecuado, generando graves impactos ambientales. Los lodos de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) son residuos con alto potencial de reaprovechamiento, pero actualmente se disponen sin valorización, lo cual representa un riesgo sanitario, ambiental y una pérdida de nutrientes valiosos.

El país ha suscrito compromisos internacionales como el Pacto Mundial para la Migración Segura, que reconoce el acceso a agua limpia, saneamiento y condiciones de vida saludables como factores que mitigan las migraciones forzadas. Asimismo, el Código Orgánico del Ambiente, la Ley de Economía Circular Inclusiva y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 6, 12 y 13) respaldan este tipo de soluciones sostenibles.

La tecnología SUOSIL, ya probada en Europa, permite procesar lodos residuales sin químicos peligrosos ni emisiones, obteniendo fertilizante líquido orgánico de Clase A apto para agricultura regenerativa. Se propone su implementación en Ecuador como solución climáticamente inteligente, con potencial de réplica nacional y escalabilidad desde plantas modulares hasta instalaciones industriales.

Esta innovación se encuentra protegida por la patente finlandesa N.º FI 130216 B, titulada “Método para neutralizar lodos de depuradora y obtener materias primas para fertilizantes organominerales”. Actualmente, las solicitudes de patentes locales en Ecuador y México se encuentran en trámite, en cumplimiento de los tratados de cooperación en materia de propiedad intelectual y transferencia tecnológica.

El proceso SUOSIL integra cavitación ultrasónica, ozonización y choque electrohidráulico, reduciendo el consumo energético a apenas 10 kWh/tonelada, y eliminando completamente patógenos, huevos de helmintos y residuos persistentes. A diferencia de tecnologías convencionales como el compostaje, incineración o digestión anaerobia, SUOSIL no genera emisiones contaminantes, reduce significativamente la humedad y el volumen de los lodos, y transforma los residuos en productos con valor agregado para la agricultura y la construcción sostenible.

La tecnología SUOSIL cuenta con validación científica e industrial a nivel internacional. Muestras del fertilizante líquido orgánico producido mediante este proceso fueron evaluadas por ProAgria Yield Service (Finlandia) y el laboratorio Eurofins Agro, demostrando que cumple los límites establecidos por la Unión Europea para metales pesados y calidad higiénica, clasificándolo como fertilizante orgánico Clase A, apto para mercados exigentes.

En cuanto a su efectividad agronómica, estudios realizados por la Universidad Agraria de San Petersburgo (Rusia) y ensayos de campo en cultivos de avena y trigo reportaron rendimientos altamente competitivos. Por ejemplo, en trigo, las dosis 2 y 3 de fertilizante SUOSIL líquido lograron rendimientos de 2,96 a 2,97 kg/m², superando significativamente al control y al uso exclusivo de fertilizantes NPK. Además, se observó una mejora en los indicadores biométricos como altura de planta (hasta +2 cm frente al control). En avena, el grano y la paja también mostraron aumentos considerables de producción.



**Vista general del trigo antes de la cosecha, SUOSIL líquido:
Control – Antecedentes – Dosis 1- Dosis 2 – Dosis 3**

Imagen 1. Muestra la vista general del trigo antes de la cosecha, con distintas dosis de SUOSIL

RENDIMIENTO DE TRIGO DEPENDIENTE DE LA DOSIS DE FERTILIZANTE SUOSIL

Fertilizer type	Variant	Crop yield, kg/m ²	Difference by factor A	Difference by factor B	Moisture content, %
Mineral	Control	2,63	-	-	86,19
	Background	2,80	0,17	-	86,00
	Dose 1	2,61	-0,02	-0,19	86,89
	Dose 2	2,07	-0,56	-0,74	85,13
	Dose 3	2,88	0,25	0,07	85,76
Organomineral	Control	2,63	-	-	86,19
	Background	2,77	0,14	-	85,57
	Dose 1	2,75	0,12	-0,02	85,49
	Dose 2	2,69	0,06	-0,08	85,52
	Dose 3	2,66	0,03	-0,11	85,92
Liquid	Control	2,63	-	-	86,19
	Background	2,79	0,16	-	84,20
	Dose 1	2,78	0,15	-0,01	84,26
	Dose 2	2,96	0,33	0,17	85,16
	Dose 3	2,97	0,34	0,18	86,05
HCP _{0,05}		0,40	0,18	0,23	3,65
Experimental error, %		5,3			

Imagen 2. Muestra la tabla con indicadores biométricos del trigo (altura de planta vs dosis).

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN



Evaluación de producto basada en muestras de producto SUOSIL OY, analizadas en el laboratorio de Eurofins Agro.
<https://www.proagria.fi/en>

Metales	Valor límite Finlandia (LVL24/11)	Valor límite ecológico UE (2019/1009)*	Valor límite UE (2019/1009)	Fertilizante de calidad	Fertilizante líquido SUOSIL	Calidad orgánica A	Calidad orgánica B	Tierra cultivable
AS	25		40	25	5,9	5,3	5,3	5,3
Cd	1,5	0,7	1,5	1	0,12	0,29	0,15	0,62
Cr	300	70	Not specified	200	3,5	9,5	4,6	19
Cu	600	70	300	500	3,1	51	22	140
Hg	1	0,4	1	0,75	0,08	0,12	0,07	0,18
Ni	100	25	50	50	3,5	12	3,6	23
Pb	100	45	120	70	2,3	2,1	2,1	2,5
Zn	1500	200	800	1000	5,9	180	71	430

TODAS LAS
CONCENTRACIONES
ESTÁN PERMITIDAS

Imagen 3. Muestra la evaluación de seguridad e inocuidad del fertilizante SUOSIL, verificando que su contenido de metales pesados esté muy por debajo de los límites máximos permitidos por normativas internacionales.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

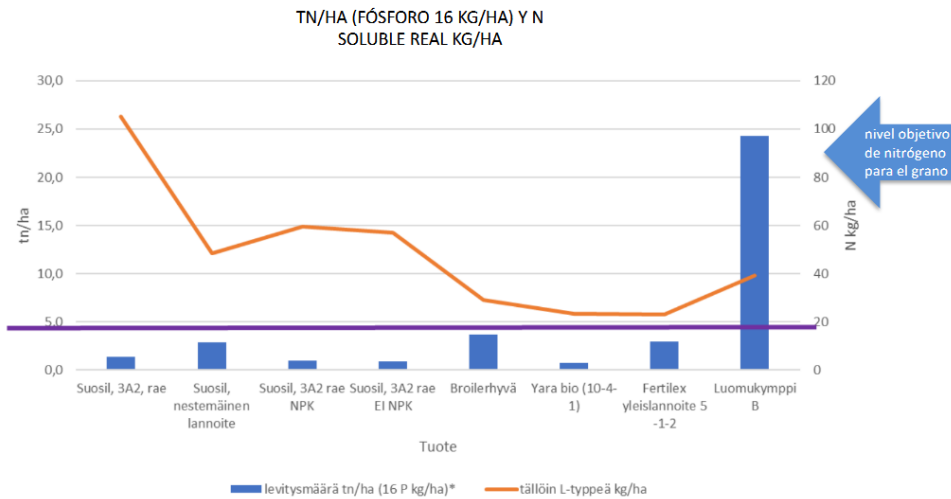


Imagen 4. Las columnas del gráfico anterior describen la cantidad de producto/ha que se necesita para alcanzar el nivel objetivo de nitrógeno para grano.

La comparación con otros fertilizantes (como Yara Bio, Broilerhyvä o Fertilex) evidencia que SUOSIL presenta una mejor relación entre dosis aplicada y aporte de nutrientes, con menor costo por tonelada y mayores beneficios agrónomos. SUOSIL ofrece un balance nutricional superior en nitrógeno (80 kg/tn), fósforo (9,2 kg/tn) y potasio (20 kg/tn), con un requerimiento de aplicación de solo 2,9 toneladas por hectárea para alcanzar 16 kg/ha de fósforo.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN



Evaluación de producto basada en muestras de producto SUOSIL OY, analizadas en el laboratorio de Eurofins Agro.
<https://www.proagria.fi/en>

Fertilizante	N kg/tn	L-N kg/tn	P kg/tn	K kg/tn	spread amount tn/ha (16 P kg/ha)*	en este caso, K-nitrogeno kg/ha	en este caso L-nitrogeno kg/ha	spread amount tn/ha (90 kg L-N/ha)	luego fósforo, kg/ha (60%)
Suosil Liquid	80	17	9,2	20,0	2,9	231,9	48	5,4	30
Broilerhyva	30	8	7,3	15,5	3,7	109,6	29	11,25	49
Yara bio (10-4-1) *	90	32	36,0	13,5	0,7	66,7	23	2,9	62
Fertilizante universal Fertilex	42	8	9,0	14,4	3,0	125,3	23	11,6	63

Las proporciones de nutrientes en la tabla anterior se describen gráficamente a continuación. La columna del gráfico siguiente describe la cantidad de producto/ha medida con diferentes productos según fósforo 16 kg/ha.

	SUOSIL Liquid	Fertilizante universal Fertilex	Yara bio
Producto final	Fertilizante orgánico líquido	Fertilizante líquido complejo	Fertilizante líquido complejo
Precio de venta	350 \$/ton	8 175 \$/ton	5 313 \$/ton
Spread amount	2,9 ton/ha	3 ton/ha	0,7 ton/ha

Imagen 5. Muestra la comparación de Contenido Nutricional y Eficiencia de Aplicación de Fertilizantes por Hectárea. SUOSIL Liquid ofrece una alta concentración de nutrientes por tonelada, especialmente en nitrógeno (80 kg) y potasio (20 kg), lo que reduce la dosis requerida por hectárea. Es el fertilizante más eficiente para alcanzar las metas de fósforo (solo necesita 2,9 t/ha para 16 kg de P), entregando además mayor cantidad de nitrógeno y potasio con esa dosis. Para aportar 90 kg/ha de nitrógeno soluble, SUOSIL requiere menos cantidad aplicada (5,4 t/ha) que otros fertilizantes, y en ese proceso aporta más fósforo que la mayoría de ellos.

Frente a productos como Yara Bio, que tienen mayor L-N por tonelada, pero requieren más volumen o costo, SUOSIL ofrece un mejor equilibrio entre eficiencia, rendimiento y costo.

En resumen, SUOSIL representa una solución innovadora, validada y adaptable, que responde simultáneamente a desafíos ambientales, económicos y agrícolas. Su aplicación en Ecuador permitiría transformar residuos peligrosos en insumos valiosos para la producción agrícola, fomentando una transición hacia una economía verde, regenerativa y resiliente al cambio climático.

Objetivo del proyecto:

Implementar una planta modular basada en la tecnología SUOSIL para transformar lodos de PTAR en fertilizantes orgánicos líquidos, contribuyendo al cumplimiento de compromisos ambientales, a la reducción de la contaminación y a la creación de empleo verde.

Objetivos Específicos:

1. Valorar lodos residuales mediante una tecnología limpia de ciclo cerrado.
2. Sustituir fertilizantes químicos por bioinsumos de origen nacional.
3. Desarrollar formulaciones específicas de fertilizante para cultivos locales en colaboración con universidades y centros de investigación.

4. Generar empleo verde y reducir presión ambiental sobre fuentes hídricas y suelos.

Componentes y actividades del Proyecto:

Componente 1: Implementación Tecnológica

- Adecuación de espacio en PTAR
- Instalación de módulos SUOSIL (electrohidráulico, ultrasónico, ozonizador, ensacado)
- Capacitación técnica del personal

Componente 2: Capacitación, pruebas y certificación

- Pruebas piloto con análisis fisicoquímicos del fertilizante
- Ensayos agronómicos en cultivos estratégicos
- Personalización de fórmulas nutricionales según tipo de suelo y cultivo local (maíz, arroz, banano, cacao, papa, etc.) en alianza con universidades (INIAP, UCE, UTC, UTA, ESPE, UTPL, entre otras)
- Certificación nacional

Componente 3: Gestión Circular y Difusión

- Articulación con asociaciones de agricultores - FENOC
- Plan de distribución a zonas rurales priorizadas
- Alianzas con GAD y empresas para recolección de lodos
- Alianzas con gremios de constructores privados – Cámaras de la Construcción

Grupos Meta:

- Empresas públicas y privadas que gestionan PTAR
- Agricultores de pequeña y mediana escala
- Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD)
- Emprendedores verdes y recicladores
- Jóvenes técnicos formados en tecnologías sostenibles
- Gremios del sector de la construcción

Presupuesto:

No.	COMPONENTES	PRESUPUESTO
1	Infraestructura y equipos SUOSIL	\$1.500.000
2	Capacitación, pruebas y certificación	\$300.000
3	Gestión circular y difusión	\$200.000

Total estimado: \$2.000.000 USD sin incluir impuestos.

El monto incluye: desarrollo tecnológico, pruebas, capacitación, logística, articulación institucional y plataformas de trazabilidad.

Duración:

No.	COMPONENTES	TIEMPO PREVISTO
1	Implementación tecnológica	12 meses
2	Capacitación, pruebas y certificación	12 meses
3	Gestión circular y difusión	6 meses

Instituciones participantes y actores vinculados:

No.	INSTITUCIÓN	ROL	APORTE
1	Ministerio del Ambiente (MAATE)	Coordinación técnica	Normativa y validación
2	Ministerio de Educación / INIAP / Universidades	Investigación y desarrollo	Personalización del fertilizante, pruebas científicas
3	Empresa Pública Municipal de Agua	Operación técnica	PTAR, recolección de lodos
4	Cooperativas agrícolas locales	Beneficiarios agrícolas	Uso del fertilizante
5	Suosil OY (Finlandia) y aliados LATAM	Transferencia tecnológica	Equipamiento y capacitación

Especificaciones técnicas del proyecto

Componente 1:

- Módulo electrohidráulico (EHE)
- Módulo de cavitación ultrasónica + ozonización
- Sistema de ensacado y almacenamiento
- Panel de control automatizado

Componente 2:

- Laboratorio móvil de análisis
- Ensayos en campo con INIAP y universidades locales
- Diseño de fertilizantes con balance NPK, ácidos húmicos y micronutrientes, adaptado a cultivos específicos por zona agroecológica

- Validación en parcelas demostrativas y protocolos científicos

Componente 3:

- Plataforma digital para trazabilidad circular

Red logística para fertilizante y residuos

Descripción de la metodología de trabajo

El proyecto implementará un modelo modular, replicable y de ciclo cerrado basado en la tecnología SUOSIL para el tratamiento y valorización de lodos residuales provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Este modelo se desarrollará en estrecha coordinación con actores públicos, privados, comunitarios y académicos, bajo la metodología PDCA (Planificar – Hacer – Verificar – Actuar), garantizando la retroalimentación científica continua.

Colaboración y Capacitación

La colaboración con universidades y centros de investigación permitirá:

- Diseñar fórmulas específicas de fertilizantes líquidos SUOSIL adaptadas a cultivos y tipos de suelo locales.
- Aplicar tecnologías avanzadas para el análisis de suelo y determinación de requerimientos nutricionales.
- Capacitar a técnicos locales para operación y mantenimiento de la planta, y para la generación de datos técnicos para certificaciones de bioinsumos.
- Diseñar e implementar un sistema de Medición, Reporte y Verificación (MRV) para la obtención de créditos de carbono, asegurando rigurosidad técnica y transparencia.
- Realizar análisis de laboratorio, modelación climática y redacción de documentos técnicos en colaboración con validadores externos.

Tecnología y Procesos Integrados SUOSIL

La planta modular SUOSIL cuenta con una capacidad operativa de 1 a 3 m³ de lodo residual por hora, y emplea un proceso innovador basado en la combinación secuencial e integrada de tres etapas tecnológicas:

1. Tratamiento Electrohidráulico (Choque Electrohidráulico)

Mediante descargas eléctricas pulsadas en un medio conductor líquido, se genera el efecto electrohidráulico que produce:

- Presiones ultra altas y ondas de choque capaces de desintegrar las moléculas orgánicas e inorgánicas.
- Cavitación pulsada, radiación ultrasónica y ultravioleta, y emisión de campos electromagnéticos.
- Destrucción eficiente y desinfección profunda de microorganismos patógenos (bacterias, virus, hongos).
- Homogeneización y molienda fina de los lodos para facilitar etapas posteriores.

Esta tecnología es compacta, sin partes móviles, de bajo mantenimiento y capaz de operar en régimen continuo con bajo consumo energético (~3 kWh/m³). Además, garantiza compatibilidad ambiental y versatilidad para diversos tipos de residuos.

2. Tratamiento Ultrasónico (Cavitación)

El uso de un dispersante ultrasónico induce cavitación, produciendo la formación y colapso de microburbujas que:

- Fragmentan estructuras celulares y liberan componentes intracelulares.

- Promueven la oxidación avanzada de contaminantes tóxicos (pesticidas, antibióticos, disruptores endocrinos) mediante radicales hidroxilos.
- Facilitan la biodegradación y mineralización posterior sin necesidad de adición de químicos.

Esta etapa contribuye a la descontaminación efectiva con un método “verde”, libre de productos químicos externos.

3. Ozonización Simultánea

El ozono actúa como potente agente oxidante que:

- Oxida compuestos orgánicos e inorgánicos, descomponiéndolos en sustancias inocuas como agua, dióxido de carbono y oxígeno.
- Elimina rápidamente microorganismos patógenos y elimina olores desagradables.
- No produce subproductos tóxicos y se genera localmente, evitando riesgos de almacenamiento.
- Complementa la sonólisis para lograr un tratamiento exhaustivo y ecológico.

Componentes del Sistema SUOSIL

La planta SUOSIL está conformada por una arquitectura modular y escalable, diseñada para su instalación en contenedores de 40 pies o espacios reducidos dentro de las PTAR. Cada módulo cumple una función específica dentro del proceso continuo.

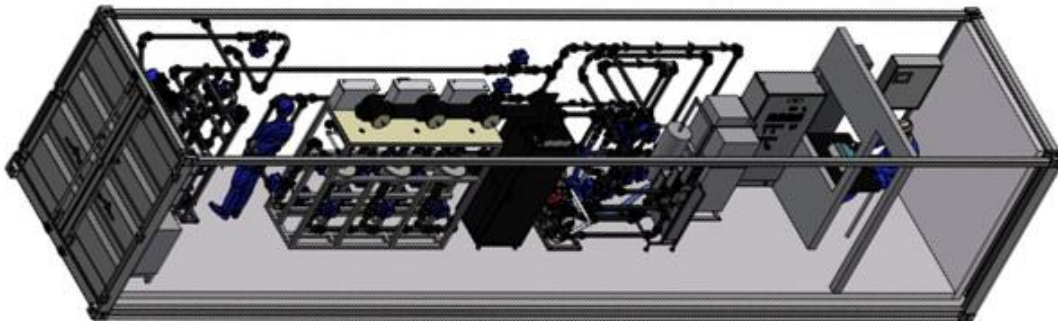


Imagen 6. Ejemplo de contenedor (módulo de procesamiento de lodos residuales)

Bloque de Preparación del Lodo

- Tolvas de recepción, tanques de mezcla, sistemas de agitación y bombas controladas para homogeneizar los lodos antes del tratamiento.

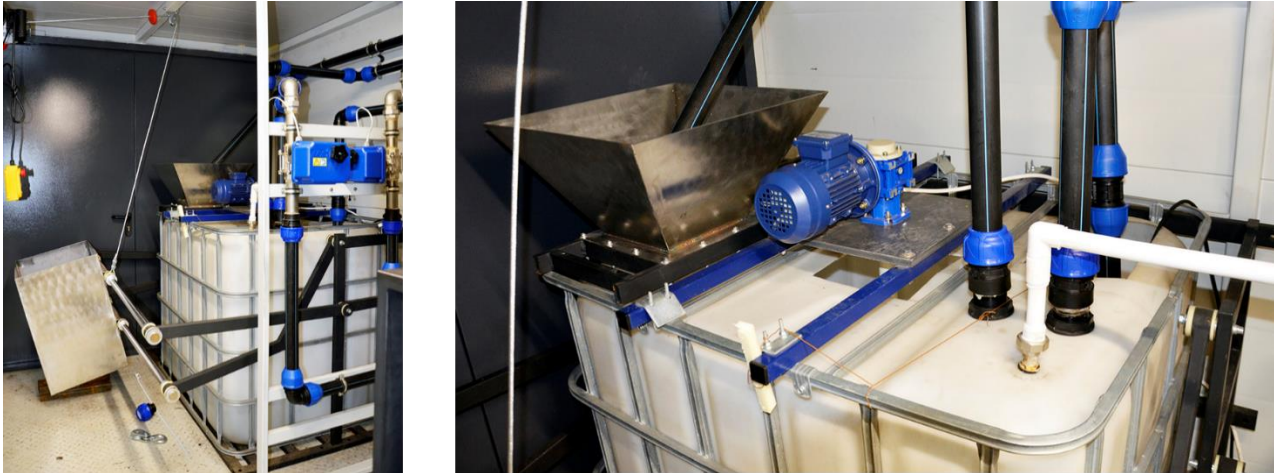


Imagen 7. Muestra el bloque de preparación del lodo

Módulo de Tratamiento Electrohidráulico

- Cámara con electrodos y generador de impulsos eléctricos para producir descargas controladas que inician el proceso de desintegración molecular y desinfección.



Imagen 8. Muestra el módulo de tratamiento electrohidráulico

Módulo de Cavitación Ultrasónica

- Dispersores ultrasónicos que generan cavitación intensa para facilitar la liberación de nutrientes y oxidación de contaminantes sin químicos.

Módulo de Ozonización

- Generadores de ozono in situ y sistemas de difusión que aseguran una desinfección final libre de residuos tóxicos, complementando las etapas anteriores.



Imagen 9. Muestra el módulo de cavitación ultrasónica y ozonización

Sala de Control y Automatización

- Consola con interfaz HMI, sistema de control centralizado (PLC), monitoreo remoto, alarmas, sensores de seguridad y registro de datos operativos.



Imagen 10. Muestra el módulo de control

Sistema Hidráulico

- Red de tuberías, válvulas eléctricas, bombas de recirculación y caudalímetros que controlan el flujo y dosificación del lodo entre los módulos.



Imagen 11. Muestra el sistema hidráulico

Sistema Eléctrico y de Potencia

- Tableros de distribución, conectores industriales, protecciones eléctricas y red trifásica con respaldo para garantizar continuidad operativa.

Sistemas Auxiliares

- Ventilación forzada (inyección/extracción), detección de incendios, sensores ambientales, iluminación y señalética de seguridad.

Esta integración permite una operación eficiente, adaptable y autónoma, facilitando el mantenimiento preventivo y la escalabilidad del sistema.

Resultados del Proceso

El sistema SUOSIL transforma el 100% del volumen de lodos tratados en productos de alto valor:

- Fertilizante líquido orgánico clase A, apto para agricultura regenerativa.
- Fertilizante granulado producido mediante concentración y estabilización de sólidos remanentes, sin secado térmico.

Este proceso elimina la necesidad de vertederos o disposición final, consolidando un modelo de economía circular. Además, es capaz de tratar lodos con hasta un 98% de humedad, con un tiempo promedio de tratamiento aproximado de 1 hora por tonelada y un consumo energético entre 25 y 75 kWh/tonelada según condiciones operativas.

Ventajas Técnicas y Ambientales

- Reducción significativa y estabilización de metales pesados (Cd, As, Hg, Cu, Zn) cumpliendo normativas nacionales e internacionales.

- Eliminación efectiva de patógenos y reducción de hidrocarburos, mejorando la seguridad sanitaria.
- Conservación y estabilización de nutrientes esenciales (N, P, K) para uso agrícola.
- Control riguroso de la humedad para obtener productos con propiedades físicas y químicas óptimas.
- Diseño modular que facilita la instalación en espacios disponibles en PTAR o en contenedores móviles para despliegue territorial.
- Operación flexible, continua o intermitente, adaptable a la disponibilidad de lodos.
- Reducción de emisiones y costos frente a tecnologías convencionales (digestión anaerobia, incineración, compostaje tradicional).

Monitoreo y Verificación

Se implementará un sistema de monitoreo continuo y análisis de laboratorio para evaluar:

- Calidad química y microbiológica de los productos finales.
- Cumplimiento de estándares ambientales y de bioseguridad.
- Impacto agronómico mediante ensayos de campo.
- Datos para certificación y obtención de créditos de carbono.

Este proceso asegurará la calidad, sostenibilidad y replicabilidad del modelo en distintos contextos regionales y nacionales.

Valorización de Lodos Residuales mediante Tecnología SUOSIL

1. Introducción: del pasivo al recurso estratégico

Durante décadas, los lodos generados en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en Ecuador han sido gestionados como **residuos problemáticos**, destinados a rellenos sanitarios, almacenamiento temporal o disposición en cuerpos de agua. Este modelo acarrea altos costos operativos, riesgos ambientales (emisión de gases de efecto invernadero, lixiviados contaminantes) y problemas sanitarios (patógenos, helmintos, metales pesados).

Sin embargo, investigaciones recientes y desarrollos tecnológicos demuestran que los lodos contienen **nutrientes valiosos** (N, P, K, micronutrientes, ácidos húmicos y aminoácidos), que, con el tratamiento adecuado, pueden transformarse en **biofertilizantes líquidos de Clase A** para agricultura sostenible. La **tecnología SUOSIL**, validada en Europa, representa este cambio de paradigma: convertir un desecho costoso en una **materia prima gratuita** para producir fertilizantes orgánicos líquidos de alta calidad.

2. Limitaciones del modelo tradicional de manejo de lodos

Las PTAR ecuatorianas enfrentan gastos recurrentes en:

- **Deshidratación mecánica:** centrifugado, filtros prensa y secado, con alto consumo energético y elevado desgaste de equipos.
- **Disposición final:** transporte y pago de tarifas en rellenos (~USD 20–30/t).
- **Mantenimiento:** repuestos y mano de obra especializada (~USD 50–100k/año en una planta mediana).

- **Impacto ambiental oculto:** generación de CO₂, lixiviados y exposición sanitaria.

En este modelo, las PTAR se perciben como **centros de costo sin retorno económico**, limitando su sostenibilidad financiera y ambiental.

3. El cambio tecnológico con SUOSIL

La tecnología **SUOSIL** permite procesar **lodos con 96–98 % de humedad**, eliminando la necesidad de centrifugado o secado térmico. Su secuencia tecnológica combina:

1. **Choque electrohidráulico**
– Ondas de presión ultra altas para desintegración celular y desinfección.
2. **Cavitación ultrasónica**
– Formación y colapso de microburbujas, que oxidan contaminantes y liberan nutrientes.
3. **Ozonización simultánea**
– Eliminación de olores, patógenos y compuestos persistentes sin químicos adicionales.

Con esta integración, se transforma el 100 % del volumen de lodos en **fertilizante líquido organomineral Clase A**, sin residuos secundarios.

Consumo energético: 25–75 kWh/tonelada en operación industrial (con registros piloto desde 10 kWh/ton).

Tiempo de proceso: ~1 hora por tonelada.

4. Validación científica y sanitaria

Ensayos internacionales respaldan la calidad de SUOSIL:

- **Eurofins Agro & ProAgria Yield Service (Finlandia):** verificaron cumplimiento de límites de metales pesados y calidad higiénica.
- **Universidad Agraria de San Petersburgo (Rusia):** ensayos de campo en trigo y avena demostraron aumentos de rendimiento.
 - Trigo: 2,96–2,97 kg/m² con dosis 2 y 3 de SUOSIL Liquid (superando al control y a NPK).
 - Avena: incremento en producción de grano y paja.

Tabla de metales pesados (muestra SUOSIL Liquid, Eurofins Agro)

Elemento	Límite UE (mg/kg)	SUOSIL Liquid (mg/kg)	Cumple Clase A
As	25–40	5,3–5,9	✓
Cd	0,7–1,5	0,12–0,29	✓
Cr	70–300	3,5–9,5	✓
Cu	70–600	3,1–51	✓

Elemento	Límite UE (mg/kg)	SUOSIL Liquid (mg/kg)	Cumple Clase A
Hg	0,4–1	0,07–0,12	✓
Ni	25–100	3,5–12	✓
Pb	45–120	2,1–2,3	✓
Zn	200–1500	180	✓

Los análisis muestran que SUOSIL cumple los **estándares europeos de bioseguridad**, lo que asegura viabilidad para certificación en Ecuador (Agrocalidad).

5. Mercado ecuatoriano de fertilizantes líquidos

En Ecuador, los agricultores enfrentan precios elevados en fertilizantes líquidos:

- Fertilizantes foliares: desde **USD 6,43 hasta 10,00 por litro**, dependiendo de marca y presentación (ej. Hi-Phos, Foligreen – La Hectárea Ecuador).
- Productos premium: hasta **USD 18–27 por litro** (fertilizantes especiales o bioinsumos certificados).
- Biofertilizantes con registro Agrocalidad (ej. LEOSIL): precios de referencia minorista en torno a **USD 28 por envase**.

Rango de mercado verificado: **USD 5–27 por litro**.

6. Costos de producción con SUOSIL

Ventajas competitivas:

- **Materia prima gratuita** (lodo residual que actualmente se considera un desecho).
- **Menor energía** que incineración o compostaje (25–75 kWh/ton vs hasta 500–800 kWh/ton en otras tecnologías).
- **No requiere centrifugado, filtros ni secadores** → menores OPEX.

Costo estimado de producción: USD 1–2/L

Precio de venta proyectado: USD 3–5/L

Esto posiciona al fertilizante SUOSIL como:

- 30–60 % más barato que productos actuales.
- Con márgenes brutos del 50–70 %.

7. Comparación: Modelo Tradicional vs SUOSIL

Concepto	Modelo PTAR Tradicional	Con SUOSIL
Materia prima	Químicos y aditivos costosos	Lodo residual (costo cero)
Equipos	Centrífugas, filtros, secadores	Módulo integrado sin secado
Energía	Alta (procesos mecánicos)	Baja (25–75 kWh/t)
Producto final	Lodo húmedo sin valor	Fertilizante líquido Clase A
Precio de mercado	NO GENERA PRODUCTO FINAL	USD 3–5/L
Residuos secundarios	Sí (lodos deshidratados, lixiviados)	No (circularidad 100 %)

8. Beneficios integrales

Económicos

- Ahorro de OPEX (energía, transporte, disposición final).
- Ingresos nuevos por venta de fertilizante.
- Reducción de importaciones de fertilizantes químicos.

Ambientales

- Cero residuos secundarios (Economía circular).
- Reducción de emisiones de GEI y lixiviados.
- Recuperación de nutrientes y materia orgánica.

Sociales

- Fertilizantes más asequibles para pequeños y medianos agricultores.
- Creación de empleos verdes en operación y distribución.
- Aporte a la **seguridad alimentaria nacional**.

9. Conclusión

La **valorización de lodos mediante SUOSIL** transforma el rol de las PTAR en Ecuador:

- **Antes:** centros de costo con residuos peligrosos.
- **Ahora:** plataformas productivas que generan insumos agrícolas competitivos bajo un modelo de **economía circular**.

Con fertilizantes líquidos más baratos y seguros, validados internacionalmente y con potencial de registro en Ecuador, el país puede convertir un problema ambiental en una **oportunidad rentable** de negocio verde, alineada con el **Código Orgánico del Ambiente**, la **Ley de Economía Circular**

Inclusiva y los ODS 6, 12 y 13.

En definitiva, SUOSIL no solo representa una **innovación tecnológica**, sino una **estrategia de desarrollo sostenible y resiliente para el Ecuador**.

Proyecciones Económicas de Valorización del Lodo con SUOSIL en Ecuador

1. Use case de cálculo

- **Capacidad de planta modular SUOSIL:** 1–3 toneladas/hora.
- **Operación:** 16 horas/día, 300 días/año (uso típico de PTAR en Ecuador).
- **Producción:** cada tonelada de lodo tratado genera aprox. **0,8 m³ = 800 L de fertilizante líquido Clase A**.
- **Precio de venta estimado:** USD **3–5/L** (competitivo vs mercado local: USD 5–27/L).
- **Costo de producción estimado:** USD **1–2/L** (materia prima gratuita + energía 25–75 kWh/ton).

2. Producción anual de fertilizante líquido SUOSIL en 3 escenarios

Capacidad de planta	Toneladas/día	Toneladas/año	Producción (L/año)
1 t/h	16	4.800	3.840.000 L
2 t/h	32	9.600	7.680.000 L
3 t/h	48	14.400	11.520.000 L

3. Ingresos proyectados por venta de fertilizante en 3 escenarios

Capacidad de planta	Producción (L/año)	Venta a USD 3/L	Venta a USD 5/L
1 t/h	3.840.000	USD 11,52 M	USD 19,2 M
2 t/h	7.680.000	USD 23,04 M	USD 38,4 M
3 t/h	11.520.000	USD 34,56 M	USD 57,6 M

4. Costos de producción y margen estimado

- **Costo unitario:** USD 1–2/L.
- **Precio de venta:** USD 3–5/L.

Margen bruto esperado: 50–70 %.

Ejemplo según capacidad de procesamiento (escenario planta 1 t/h):

- Producción: 3.840.000 L/año.
- Ingreso a USD 3/L: USD 11,52 millones.
- Costo a USD 1,5/L: USD 5,76 millones.

Ganancia neta anual estimada sin considerar el uso de aditivos para formulaciones específicas: ~USD 5,7 millones.

5. Beneficios adicionales para las PTAR

- **Ahorro en OPEX:** sin centrifugado/secado (ahorro típico USD 50–100k/año).
- **Eliminación de disposición final:** ahorro en transporte y relleno (~USD 20–30/t).
 - Ejemplo: PTAR con 10.000 t/año → ahorro extra de USD 200–300k.
- **Ingreso adicional:** en caso de participación directa en la comercialización de fertilizante.

6. Resumen

Etapa	Situación	Impacto económico
Antes (PTAR tradicional)	Lodo como residuo → centrifugado, secado, transporte y disposición final.	Costo alto: OPEX energético + mantenimiento (~USD 250–400k/año).
Con SUOSIL	Lodo húmedo procesado directamente, 100 % convertido en fertilizante.	Ahorro: ↓ energía, ↓ mantenimiento, ↓ disposición.
Mercado final	Fertilizante líquido Clase A (materia prima = desecho).	Ingreso: USD 11,5–19,2 M/año (planta 1 t/h). Margen 50–70 %.

Referencias

- Eurofins Agro & ProAgria Yield Service. (2018). *Reports on the evaluation of SUOSIL fertilizer samples*. Finlandia: Eurofins Agro.
- Jardintek. (s.f.). *Fertilizante foliar y edáfico – 20 L*. Recuperado el 16 de agosto de 2025 de <https://jardintek.ec/inicio/1606-fertilizante-foliar-y-edafico.html>
- La Hectárea. (s.f.). *Catálogo de fertilizantes para banano – Agroquímicos*. Recuperado el 16 de agosto de 2025 de <https://www.lahectarea.com.ec/product-category/banano/siembra/agroquimicos/fertilizantes/>
- Metcalf, & Eddy, Inc. (2014). *Wastewater engineering: Treatment and resource recovery* (5.ª ed.). McGraw-Hill Education.
- Ocompra. (s.f.). *Fertilizante orgánico LEOSIL Premium – 10 L*. Recuperado el 16 de agosto de 2025 de <https://www.ocompra.com/ecuador/buscar/item/fertilizante-organico-leosil-premium/>
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- República del Ecuador. (2017). *Código Orgánico del Ambiente*. Registro Oficial Suplemento 983, Quito.
- República del Ecuador. (2021). *Ley Orgánica de Economía Circular Inclusiva*. Registro Oficial Suplemento 541, Quito.
- SUOSIL OY. (2018). *Patente FI 130216 B: Method for neutralizing sewage sludge and obtaining raw materials for organo-mineral fertilizers*. Helsinki: Oficina Nacional de Patentes de Finlandia.
- Universidad Agraria de San Petersburgo. (2019). *Field trials of SUOSIL liquid fertilizer in oats and wheat*. San Petersburgo, Rusia.
- World Bank. (2020). *Wastewater treatment in Latin America: Challenges and opportunities*. Washington, DC: World Bank.