



Artículo

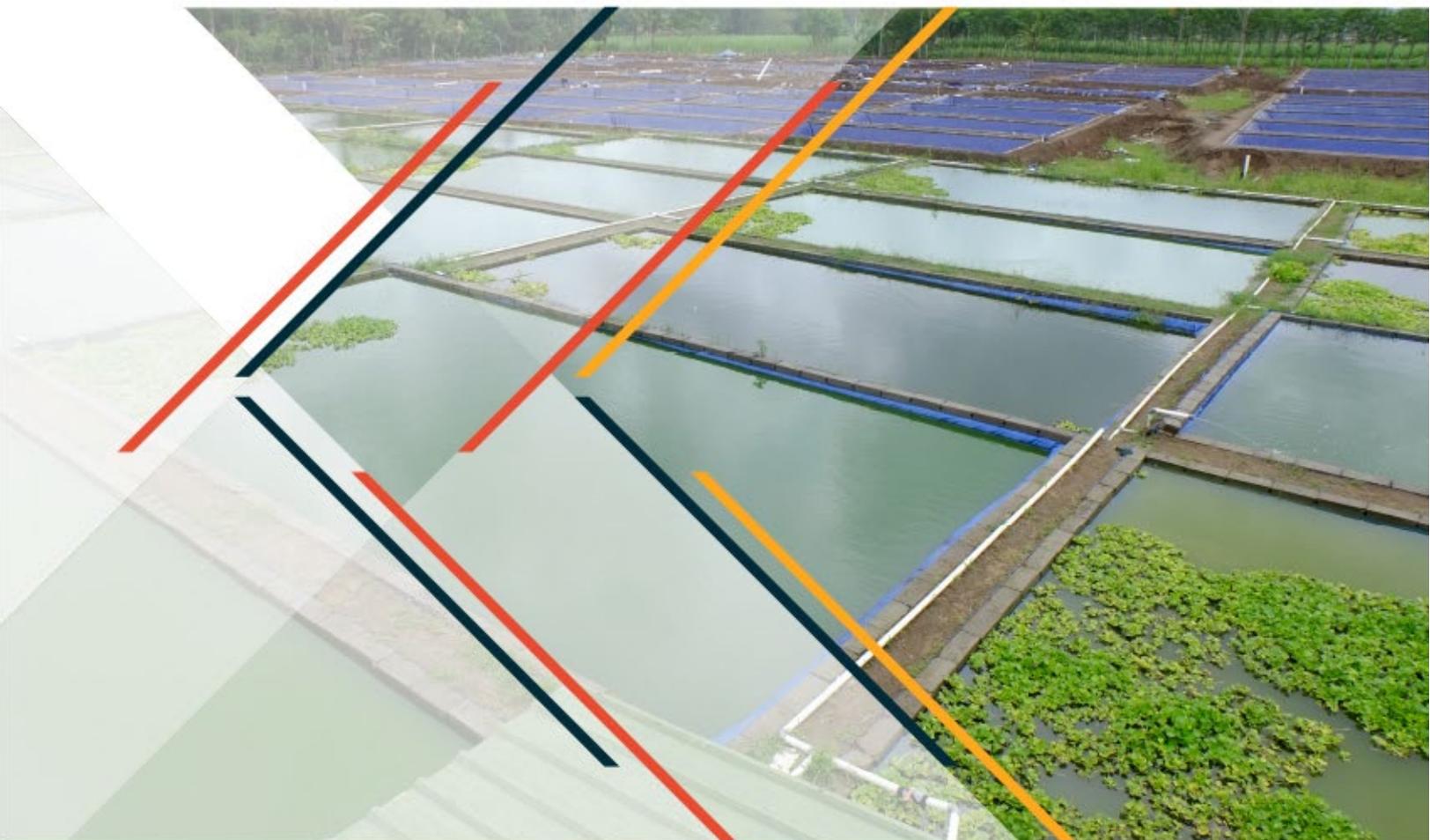
Sobre una Hoja de Ruta Acuicultura Geotérmica

Programa Utilización del Calor Geotérmico en Procesos industriales (Geo II)

Agreement Number: 81272378

Project Processing number: 19.2268.1-002.00

Agosto, 2022



Implementado por
giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

En Cooperación con





Publicado por:
Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Bulevar Orden de Malta, Casa de la Cooperación Alemana,
Urbanización Santa Elena,
Antiguo Cuscatlán, El Salvador, Centroamérica.
T +503 2121-5145 F +503 2121-5101

E info@giz.de
I www.giz.de

Denominación del programa:
Proyecto Utilización del Calor Geotérmico en Procesos Industriales
en los Países Miembros del SICA (GEO II)

Autor:
Dr. Héctor M. Aviña J., México
Propuesta COSOFT 83362146

Revisión técnica / formato / edición:
CECACIER, San José, Costa Rica

Diseño gráfico / diagramación.:
CECACIER, San José, Costa Rica

Fotografías / fuentes:
Dr. Héctor M. Aviña J., México
CECACIER, San José, Costa Rica

Referencias a URL:
Los contenidos de las páginas externas a las que se remite en la presente publicación
son responsabilidad exclusiva del respectivo proveedor. La GIZ se distancia expresamente de estos
contenidos.

Por encargo de:
Comitente: Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania
Países: Costa Rica, El Salvador, Honduras, Belice, Guatemala, Nicaragua, Panamá, República Dominicana.

Entidad responsable a nivel político: Sistema de la Integración Centroamericana (SG-SICA)
Duración total: de 2020 a 2023
Persona de contacto del comitente: Ana Lucía Alfaro Murillo,
email: ana.alfaro@giz.de

La GIZ es responsable del contenido de la presente publicación.

San José, Costa Rica. Agosto 2022.

Palabras Clave

Acuicultura, Baja Entalpía, Energía Geotérmica, Factibilidad de Proyectos Geotérmicos, Usos Directos de la Geotermia.

Resumen

El desarrollo de proyectos de acuicultura climatizados con recursos geotérmicos de baja entalpía resulta atractivo y factible mediante actividades analizadas, planificadas y ejecutadas adecuadamente. Es posible un abastecimiento de alimento con beneficios económicos, los cuales justificarán los gastos inherentes en las etapas de identificación, construcción, operación y mantenimiento del sistema a utilizar.

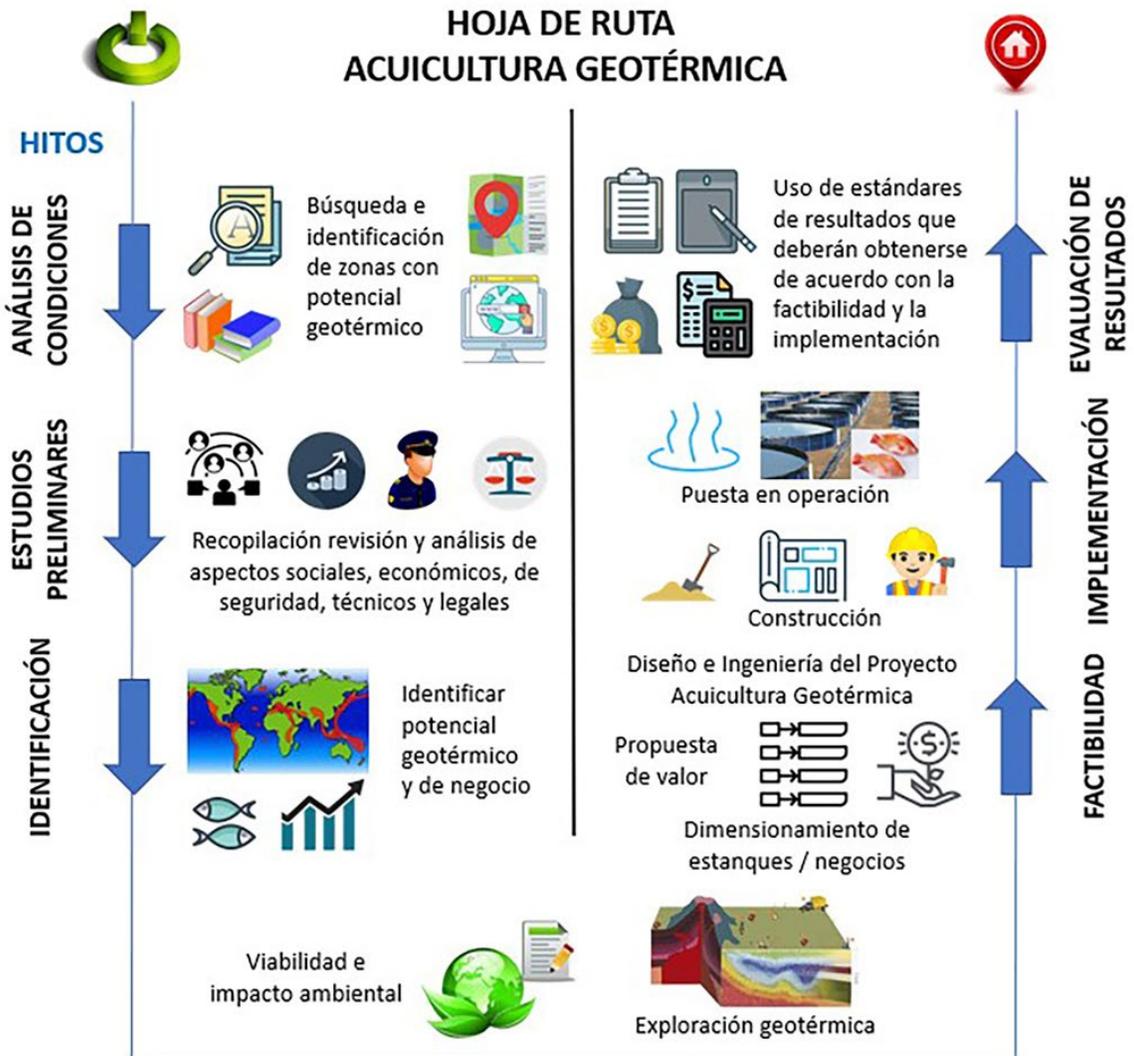
El propósito de esta hoja de ruta es brindar un panorama general de los puntos más relevantes que deben considerarse en el desarrollo de un proyecto de crianza de peces y otras especies acuáticas mediante granjas de acuicultura climatizadas con energía geotérmica de baja temperatura. Esta información se ha estructurado de la siguiente manera: Análisis de las condiciones del sitio con potencial geotérmico de baja temperatura aprovechable; ejecución de estudios preliminares que contemplen

aspectos sociales, económicos, técnicos, legales y operacionales del proyecto; identificación de oportunidades y requerimientos técnico-económicos, así como de factores que pudieran afectar al desarrollo del proyecto.

El considerar la información aquí presentada, de manera integral, es crucial para determinar la factibilidad de un proyecto de acuicultura climatizada con energía geotérmica, además de brindar elementos para la toma de decisiones que favorezcan el proyecto y ayuden a identificar oportunamente riesgos o problemas de tipo ambiental, legal, social y técnicos, para su pertinente mitigación, promoviendo extender la vida útil del sistema bajo un esquema operativo saludable.

Si bien estos lineamientos sirven de referencia para el análisis, la planeación e implementación de un proyecto de esta naturaleza, no son limitativos y pueden llevarse a un nivel de detalle mucho más extenso abarcando aspectos muy específicos para cada sitio, permitiendo la obtención de proyectos a la medida, que generen grandes utilidades y beneficios para un amplio sector de la comunidad.

HOJA DE RUTA ACUICULTURA GEOTÉRMICA



PREFACTIBILIDAD



Estudio de crianza de especies en estanques climatizados con geotermia

Análisis de condiciones

A continuación, se desglosarán las actividades primordiales y los pasos a seguir para el aprovechamiento de la tecnología de usos directos del calor geotérmico.

- Búsqueda e identificación de zonas con potencial geotérmico.
- Aprovechamiento local del recuso geotérmico y de estanques de crianza con acuicultura.
- Revisión de información geológica de otras fuentes (petrolera, minera, geográfica, etc.).
- Análisis de la zona (datos de población, actividades económicas, etc.).
- Acuicultura establecida con otras fuentes de energía.
- Posibilidad de incentivar la actividad económica de la región.
- Identificar la existencia de apoyos gubernamentales para el desarrollo de la acuicultura controlada, que permita mejorar la factibilidad del proyecto.
- Situación de la propiedad en la zona de interés (territorial; gobierno, privado, derecho agrario, etc.).
- Revisión de la normatividad en energía geotérmica aplicable al posible proyecto.
- Revisión ambiental preliminar del posible proyecto.

Estudios Preliminares

Constan de la recopilación, revisión y análisis de información preliminar necesaria para evaluar el posible proyecto de acuicultura geotérmica:

- Aspectos sociales
- Aspectos económicos
- Aspectos de seguridad
- Aspectos técnicos
- Aspectos legales

Identificación

Los pasos por seguir para identificar el potencial; además de valorar los pros y los contras, con lo cual se identificará si es posible realizar una factibilidad para el aprovechamiento del uso directo del calor geotérmico son:

- El primer paso para definir la oportunidad de instalar un sistema de acuicultura climatizada con energía geotérmica radica en estimar los ahorros económicos entre esta alternativa y el modelo de crianza convencional (crianza natural o en estanques de agua fría), y calcular el tiempo de retorno del diferencial de ambas inversiones iniciales. Si el tiempo de retorno es menor al 50% del tiempo de vida del proyecto se continua con el análisis, en caso



contrario se descarta la opción del sistema de acuicultura geotérmica.

- Como segundo paso y a partir de los análisis biológicos de las especies seleccionadas y de la eficiencia que se logra con el control de temperatura en los estanques, reflejada en tiempos de crecimiento de las especies más reducidos y con la obtención de especímenes mejor desarrollados; se podrá determinar la demanda térmica requerida a ser abastecida a través de la energía geotérmica disponible. Las ventajas económicas que esto pueda generar servirán para identificar la demanda preliminar de espacio (área m²) requerido por el sistema.
- Evaluar las ventajas y desventajas de los diferentes tipos de estanques para acuicultura climatizados con calor geotérmico (estanques circulares con sistema de flujo, estanques cerrados con recirculación, etc.), considerando el espacio disponible (área m²) y la existencia en la zona de instalaciones básicas, la mano de obra y la maquinaria especializada disponible.
- El identificar la existencia o no de apoyos gubernamentales para el desarrollo de la acuicultura controlada,

es fundamental para la factibilidad del proyecto.

- Enlistar las licencias y permisos requeridos. Entre ellos, los permisos de construcción, las licencias y permisos de uso de suelo para instalaciones de acuicultura, los permisos para la toma y descarga de agua local en caso de hacer uso de cuerpos de agua o mantos freáticos.

Análisis de los recursos hídricos de la zona o región

- Identificar la disponibilidad media anual de metros cúbicos de agua debido a las aguas superficiales (cuerpos de agua) o mantos freáticos para la alimentación de los estanques para la acuicultura. En caso de aprovecharse algún cuerpo de agua natural, deberá considerarse un análisis de descarga de éstos.
- Calidad de los aportes de agua dulce: temperatura, salinidad, PH, clorofila, sólidos en suspensión, etc.

Definir los requerimientos de climatización de estanques para acuicultura, considerando:

- Condiciones geográficas de la región (diversidad climática)
- Temperaturas promedio anual de la región.
- Estacionalidad
- Disponibilidad del recurso geotérmico, identificando temperatura y flujo volumétrico del afluente.
- Determinar los grados día de calefacción en los estanques para acuicultura (ajustar la metodología a rangos de temperaturas óptimas para las especies de cultivo en la región).
- Cálculo de la carga térmica necesaria en los estanques, dependiendo la especie de cultivo y la cantidad proyectada de producto a extraer, considerando temperaturas óptimas de crecimiento, temperatura del agua y el clima en los alrededores.
- Selección del método de calefacción: Existen diferentes métodos de calefacción cuya utilización depende del diseño del sistema, costos asociados, tamaño del sistema, etapa de cultivo, entre otros.

- Serpentín.
- Intercambio de agua.

Identificación de especies para el cultivo en estanques de acuicultura

Seleccionar el cultivo de especies con alto valor agregado para que el producto sea comercializado tanto en el mercado nacional como internacional es la práctica recomendada. Los precios que alcancen en el mercado las especies identificadas podrán constituir incentivos importantes en la población, ayudando; además, a evitar incertidumbres en la fase de comercialización.

El recurso geotérmico permitirá crear las condiciones favorables tanto para el manejo de especies nativas de la región como la posibilidad de introducir especies de regiones con climas diferentes gracias a la climatización del agua.

Deberá considerarse el manejo y los cuidados requeridos, así como conversiones alimenticias necesarias para la selección y adaptación de especies no endémicas (Calderon, 2006¹).

Se deberá contar con la información biotecnológica de las especies a cultivar, con

¹ CALDERON, B. A. (2006). *Desarrollo de Acuicultura en estanquería rústica en el Rancho Los Ángeles*

la finalidad de aprovechar las ventajas que ofrece su cultivo al existir un conocimiento más preciso de su biología, así como de su resistencia a situaciones extremas y los datos de su eficiencia bajo desarrollo en estanques para la zona o región del proyecto (Calderon, 2006).

Identificar la disponibilidad de peces de corta edad (“alevines”) en el medio natural y en los centros de producción dentro de la zona o región, así como los tiempos de cultivo de la especie, capacidad reproductiva y adaptabilidad (Calderon, 2006).

Aspectos Legales

Analizar las condiciones legales para la explotación de la acuicultura en la zona o región (Ejemplo: en México existe la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, así como el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en Materia de: Evaluación del Impacto Ambiental, Áreas Naturales Protegidas).

² BEAZ PALEO, J. (2007). *Ingeniería de la Acuicultura Marina. Instalaciones en tierra*. Madrid: Publicaciones Científicas y Tecnológicas del Observatorio Español de Acuicultura.

Aspectos Sociales

Verificar que no se interfiera con intereses pesqueros o marisqueros, no invadir áreas del sector turístico, no impedir otros desarrollos industriales que puedan ser prioritarios para la región, no alterar costumbres o tradiciones ancestrales, no afectar a la vida normal y habitual de los vecinos (Beaz Paleo, 2007²).

Identificación de factores que pudieran afectar al desarrollo de la acuicultura

- Ambientales
 - Condiciones físicas: Son las que determinan las especies que pueden ser cultivada exitosamente o sirven para identificar cuales especies requieren altos costos de inversión para su acondicionamiento y crianza (temperatura, precipitaciones, insolación, calidad, cantidad y disponibilidad de agua, las cuales son controladas en los sistemas de cultivo intensivos para lograr una producción de gran escala) (Guzmán G., 2020³).
 - Sociales: Involucra las costumbres, tradiciones y creencias religiosas existentes en la zona o región, además

³ Guzmán G., A. (2020). *Propuesta de diseño del sistema de calefacción geotérmica de baja entalpía para el cultivo de CHERAX QUADRICARINATUS*. Ciudad de México: UNAM.



del consumo local de productos marinos. La aceptación general del proyecto para adoptar la acuicultura como una actividad benéfica para la región consiguiendo por lo tanto apoyo de la comunidad, desarrollo social y político, disponibilidad de suministros, servicios, viviendas, la situación de los medios de transporte y comunicaciones necesarios para la implementación de un proyecto (Guzmán G., 2020).

- Institucionales: Incluye la política estatal, la planificación, los programas de capacitación, la extensión y asistencia financiera, así como diversos tipos de controles que pueden provocar efectos tanto positivos como negativos (Guzmán G., 2020).
- Espacio (área m²): Espacio necesario para un correcto funcionamiento de las instalaciones requeridas, tanto en tierra como en lagos, ríos, estuarios o bahías. Debe considerarse el costo de la adquisición de terrenos, así como el control sobre él, tal que pueda destinarse para el cultivo sin entrar en conflicto con otras actividades (Guzmán G., 2020).
- Tecnológicos

- De cultivo: técnicas y conocimientos necesarios para cultivar una o varias especies.
- De productos: preparación y conservación de los productos, distribución en condiciones apropiadas (puede influir en la inversión requerida) (Guzmán G., 2020).
- Productivos
 - Planificación y gestión: selección de especie, lugar, acumulación de capital, diseño, construcción, explotación y gestión de la operación, disponibilidad de personal, así como los conocimientos técnicos necesarios para la ejecución del proyecto (Guzmán G., 2020).
 - Materiales e insumos: Disponibilidad de especies para cultivo, alimento, agua, energía, materiales varios, suministros, costos aceptables, y logística.
 - Operacionales.
 - Costos.
- Mercadeo
 - Funciones administrativas de mercadeo, difusión y la planeación de la explotación de la granja.
 - Demanda: disponibilidad de productos iguales o similares provenientes de la

pesca como competidores directos. A medida que los costos de la pesca aumentan y se acerca a la sobreexplotación la acuicultura se vuelve más redituable (Guzmán G., 2020).

Pre-Factibilidad

Consiste en realizar un análisis de los componentes técnicos que se requieren para el desarrollo del proyecto, realizando una evaluación preliminar de los recursos geotérmicos existentes, zonas de acceso, vías de comunicación, actividad socioeconómica predominante, entre otros. En particular se debe revisar que sea viable la instalación de la tecnología en función de sus características existentes y requeridas. Además de valorar si es viable económicamente lo planteado, si existe un mercado establecido o si realmente existe una necesidad que cubrir con el proyecto.

Estudios Geológicos

- Toma de datos estructurales
- Identificación de unidades geológicas principales
- Cartografía geológica-estructural
- Modelo geológico

Estudios Geoquímicos

- Muestreo de aguas termales

- Muestreo de gases
- Análisis químico de elementos mayores
- Análisis químico de isótopos estables
- Diagramas de Piper
- Geo termometría
- Modelo Geoquímico

Estudios Geofísicos

- Métodos Potenciales
- Magnetometría
- Gravimetría
- Electromagnéticos
- Transitorio Electromagnético TEM
- Método Magnetotelúrico MT
- Gradiente térmico en obra de toma del recurso geotérmico
- Medición de flujos de descarga hidrotermal
- Procesamiento de datos
- Modelo Geofísico

Estudios de viabilidad biológica

- Introducción genérica
- Hábitat
- Morfología de las especies seleccionadas
- Sistema de reproducción de las especies
- Parámetros ambientales naturales
- Enfermedades

Análisis del impacto ambiental.

Desarrollo de la evaluación y el análisis de impacto ambiental. La acuicultura es una espada de doble filo; sin embargo, su uso como método de producción tiene el potencial de relevar algunas de las presiones abrumadoras en especies naturales de peces. No obstante, si las técnicas no son bien usadas pueden ser dañinas al ambiente, especialmente en los casos donde la demanda del mercado causa la alta competición entre los proyectos de la acuicultura. Problemas como la destrucción de manglares y la salinización del agua subterránea debido a la explotación de la acuicultura (cultivo intensivo) deberán analizarse con un detalle importante (Calderon, 2006).

- Análisis de problemas como la fuga y la transferencia de especies, particularmente en los estanques alimentados en cuerpos de agua. El implementar estanques aislados reduce la fuga de organismos a cuerpos de agua ya que se no se precisa la captación y descarga del agua de los estanques a éstos (Calderon, 2006).
- Recuperación natural de los estanques con base en el recambio de agua a través del manto freático (Calderon, 2006).
- Estudios detallados para evitar no solo los vertidos industriales y fecales, imposibles de paliar, sino también los caudales excesivos de aguas dulces que pueden arruinar la producción de la granja de acuicultura. La toma de agua debe realizarse a con una profundidad adecuada (más de tres metros en marea baja), en zonas de aguas lo más saladas posibles, además la descarga no debe interferir con la aspiración y debe ser en una zona de alta dispersión (Beaz Paleo, 2007).

Ubicación física del proyecto y planos de localización

Identificar la localización y las condiciones geográficas de la región como: clima, datos de estacionalidad, recursos naturales, principal actividad económica es fundamental.

El clima en el cultivo de especies con acuicultura cobra gran relevancia en el proceso reproductivo de las especies, en el tiempo de cultivo, en la determinación del sexo de los ejemplares, así como en el desarrollo de fitoplancton, de algunas plantas superiores y de organismos pequeños de los cuales se pueden alimentar las especies de cultivo (Calderon, 2006).

Superficie total de predio y del proyecto

Dimensionamiento del total del m³ y del espacio físico que requieren los estanques (hectáreas). Superficie total que ocuparan los estanques para acuicultura (cuadro de construcción de la superficie requerida para el desarrollo de los estanques) (Calderon, 2006).

Duración del proyecto

Determinar el tiempo estimado de vida útil del proyecto (años).

Aspectos por considerar para la crianza de especies con estanques de acuicultura climatizados con recursos geotérmicos de baja temperatura

- a) Mercado viable.
- b) Calidad y disponibilidad apropiadas del agua.
- c) Recursos financieros.
- d) Inspección constante del producto.
- e) Control de las enfermedades y disponibilidad de veterinarios especializados en acuicultura.
- f) Calidad común apropiada del producto.

Factibilidad

Se describirán las actividades para la factibilidad, (geo científicas, sociales, ambientales, térmicas y económicas de acuerdo con la tecnología a realizar).

Obra de toma del recurso geotérmico

- Propuesta del diseño de la obra de toma del recurso geotérmico disponible.
- Propuesta de transporte del fluido geotérmico a utilizar.
- Análisis de las características químicas del fluido geotérmico.
- Selección del Intercambiador de placas.
- Presupuesto asociado.

La factibilidad de los proyectos también se puede realizar en propuestas en cascada, donde, dependiendo de la temperatura, se pueden aprovechar los diferentes niveles de temperatura (escalonamiento del calor).

En todos los proyectos productivos de manera asilada o en cascada se deben de tomar en cuenta los siguientes datos y cálculos:

- Establecer los valores climáticos del sitio.
- Establecer datos adicionales para los cálculos (cargas térmicas ya utilizadas o extras).
- Obtención de las cargas térmicas de los proyectos productivos.
- Establecer el sistema Intercambio de calor a utilizar (geotermia-proceso).

- Establecer las características del sistema de conducción del fluido caliente y de los procesos (tuberías).
- Selección de equipos.
- Presupuesto asociado.

En todos los proyectos productivos de forma aislada o en cascada se debe de calcular la factibilidad económica de los proyectos realizando los siguientes pasos:

1. Estudiar el mercado (mercado viable).
2. Definir el modelo de negocio.
3. Establecer la viabilidad financiera.
4. Estructurar el modelo financiero.

Para los proyectos de acuicultura climatizados con recursos geotérmicos de baja temperatura se debe considerar, aunado a lo antes mencionado:

- Requerimientos de inversión para instalaciones con climas controlados (aire/agua)
- Costos de inversión, mano de obra y producción.
- Necesidad de mantener un nivel continuo de alta salida del producto para justificar los altos requisitos de capital.
- El tamaño de las granjas de acuicultura puede variar drásticamente dependiendo de la demanda del mercado.

Inversión requerida

Se debe considerar el importe total de la inversión requerida para el proyecto (inversión más capital de trabajo requerido). La inversión requerida para el desarrollo de un proyecto de acuicultura (al inicio) involucra:

- a) Construcción de estanques
- b) Obra de toma, distribución y descarga del recurso geotérmico
- c) Adquisición de alevines de la especie seleccionada
- d) Alimentos
- e) Equipos de filtrado
- f) Equipos de intercambio de calor
- g) Equipos de bombeo
- h) Viabilidad de impacto ambiental
- i) Pago de derechos para la evaluación de la Viabilidad de Impacto ambiental, así como de certificaciones de especies que lo requieran.
- j) Permisos referentes al manejo de especies en peligro de extinción.

Costos operacionales

- a) Nómina de personal.
- b) Servicios públicos (energía eléctrica, agua, telecomunicaciones, etc.).
- c) Alimentos.

- d) Insumos biológicos.
- e) Combustibles.
- f) Análisis periódicos de sanidad e inocuidad.

Implementación

Se puntualizan los pasos para la puesta en marcha, operación, mantenimiento y seguimiento de los proyectos de acuerdo con la tecnología a realizar.

- Una vez realizada la factibilidad de los proyectos para el aprovechamiento del recurso geotérmico y calculado su potencial, se identifican zonas objetivo para la realización de la obra de toma del recurso geotérmico disponible.
- En campos geotérmicos en producción, se puede aprovechar la salmuera caliente para el desarrollo en cascada de proyectos geotérmicos de usos directos.
- Existen zonas geotérmicas, donde se tiene disponibilidad del recurso a temperaturas de operación de manera superficial, en estos casos, es posible la instalación de obras de toma para la circulación del fluido geotérmico en los sistemas tecnológicos de usos directos.

Las actividades relacionadas a la construcción de la obra de toma para la captación del

recurso geotérmico necesario para el proyecto se mencionan a continuación:

- Preparación de información detallada y especificaciones para la construcción de la obra de toma y equipos necesarios.
- Obtención del capital necesario para la construcción de la obra de toma.
- Obtención de los permisos requeridos para la construcción de la obra de toma.
- Obtención de ofertas de contratistas y terminación de obra de toma.
- Obtención de ofertas de equipos y materiales.
- Obtención de ofertas de construcción e instalación.
- Pedido de materiales.
- Firma de contrato de construcción de obra de toma.
- Firma de contrato de instalación.
- Supervisión de construcción e instalación.
- Construcción de la obra de toma.
- Instalación y pruebas de equipo de bombeo de la obra de toma.
- Preparación del sitio: Zanjas y nivelación del terreno.
- Instalación de tuberías, equipos de calefacción y sistemas de control.
- Prueba del sistema y puesta en marcha.

- Entrenamiento de operarios.

Las actividades relacionadas al desarrollo del proyecto se mencionan a continuación:

- Tramitar permisos de uso de suelo.
- Presentar planos de construcción a los órganos gubernamentales necesarios.
- Adquisición de póliza y permisos de construcción.
- Preparación del sitio (nivelación de terrenos, construcción de zanjas para los canales de distribución si es que se requieren).
- Selección de materiales para la fabricación de los estanques: fibra de vidrio, metal, concreto, estanques de tierra, etc.
- Construcción de los estanques para acuicultura (estanques, conductos de distribución del agua, mecanismos de aireación del agua, revestimientos impermeables de los estanques).
- Instalación del sistema de bombeo (bombas, filtros, tuberías, instrumentación, etc., tanto para el agua dulce como para el fluido geotérmico).
- Instalación del sistema de filtrado (sistema de recirculación, zonas de adición de químicos para el acondicionamiento del agua, equipos

filtrantes, filtros biológicos, tuberías de agua potable y bio-depuradores, etc.)

- Instalación de sistemas de intercambio de calor.
- Instalación de sistemas de recirculación.
- Construcción de edificaciones adicionales: oficinas, almacén y bodega
- Excavación y cimientos
- Construcción de paredes y techos
- Cerramiento perimetral
- Instalación de tuberías de aguas grises y negras
- Instalación de aire acondicionado
- Instalación eléctrica (cableado, entubado y acometida eléctrica)
- Pruebas de funcionamiento
- Acta de aceptación
- Cierre de contrato

Evaluación De Resultados

Se mencionarán los estándares de resultados que se deberán tener de acuerdo con la factibilidad y la implementación.

- Medición y comparativa en tiempo real de resultados con los establecidos en la factibilidad.
- Monitoreo constante de la temperatura del recurso geotérmico utilizado.
- Evaluar resultados de comercialización.

- Medición de desempeño de los sistemas de intercambio de calor.
- Monitoreo de las condiciones del fluido geotérmico.
- Evaluación de ahorro energético.
- Evaluación del aumento en la productividad por el control de temperatura en los estanques.

Rentabilidad

Elaboración de registros que permitan tener un control estricto y poder evaluar los costos y gastos que incurren en el desarrollo de esta actividad, así como los rendimientos del cultivo.

- Incremento de venta en los mercados de la especie seleccionada
- Precocidad y frecuencia de reproducción (proliferación en gran cantidad)
- Evaluar el desarrollo de técnicas como el uso del recurso geotérmico en las granjas de acuicultura para la obtención de mejores resultados, con rendimientos cada vez mayores de talla comercial.

Análisis de la sanidad, inocuidad y certificaciones

La elaboración de registros y un control relacionado con las normas de sanidad, permitirá llevar buenas prácticas de producción y de manufactura para evitar la contaminación por agentes biológicos, químicos o de otro tipo (normas de inocuidad) (González, Urcelay, & Sigler, 2007⁴).

La etapa de evaluación de resultados permitirá identificar problemas típicos en las granjas de acuicultura y poder atenderlos oportunamente, tales como (González, Urcelay, & Sigler, 2007):

- Manejo empírico del cultivo, sin recolección ni uso de datos de manejo productivo, de costos e ingresos.
- Carencia de capacitación o actualización en técnicas de cultivo, administración, sanitarias y de organización.
- Porcentaje elevado de hembras por mala masculinización (problema de los proveedores de insumos biológicos).
- En algunas granjas se presentan ciclos productivos de más de 12 meses.

⁴ GONZÁLEZ, S., URCELAY, G., & SIGLER, C. (2007). *Programa Maestro del Comité Sistema Producto Tilapia del Estado de Colima*. Colima, México: SAGARPA.

- Infraestructura (y en ocasiones equipo) inactiva o empleado a un porcentaje de su capacidad, lo cual aumenta el costo fijo y la depreciación.

Determinar la especie y/o especies con mejores posibilidades de éxito

- Realizar muestreos fisicoquímicos, biológicos-Ictiológicos y bioecológicos.
- Control de calidad del producto tomando en cuenta aspectos de alimentación, fertilización, oxigenación, filtración, cuidado en la reproducción, maduración, engorda.

Referencias

BEAZ PALEO, J. (2007). *Ingeniería de la Acuicultura Marina. Instalaciones en tierra*. Madrid: Publicaciones Científicas y Tecnológicas del Observatorio Español de Acuicultura.

CALDERON, B. A. (2006). *Desarrollo de Acuicultura en estanquería rústica en el Rancho Los Ángeles, Puerto Rico, Carmen, Camp. MANIFESTACION DE INPACTO AMBIENTAL MODALIDAD PARTICULAR*. Ciudad del Carmen, Campeche.

GONZÁLEZ, S., URCELAY, G., & SIGLER, C. (2007). *Programa Maestro del Comité Sistema Producto Tilapia del Estado de Colima*. Colima, México: SAGARPA.

Guzmán G., A. (2020). *Propuesta de diseño del sistema de calefacción geotérmica de baja entalpía para el cultivo de CHERAX QUADRICARINATUS*. Ciudad de México: UNAM.