- PN-ABE-795

SALINAS SOLARES

ESTE DOCUMENTO FORMA PARTE DE UNA SERIE DE INFORMES FINALES SOBRE EL DESARROLLO DE LAS TECNOLOGIAS INVESTIGADAS POR EL PROYECTO DE LEÑA Y FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA, HASTA FINALES DE 1987.

EN UNO DE LOS ANEXOS SE ENCUENTRA LA LISTA COMPLETA DE ESOS INFORMES Y DE OTRAS PUBLICACIONES PREPARADAS POR EL PROYECTO.

ICAITI ESPERA QUE LA INFORMACION PRESENTADA EN ESTOS DOCUMENTOS SEA UTIL PARA LAS PERSONAS INTERESADAS EN UN MEJOR APROVECHAMIENTO DE LAS FUENTES RENOVABLES DE ENERGIA.

PN-ABE-195

INSTITUTO CENTROAMERICANOS DE INVESTIGACION
Y TECNOLOGIA INDUSTRIAL
ICAITI

SALINAS SOLARES

Proyecto Leña y Fuentes Alternas de Energía
ICAITI-ROCAP-AID No. 596-0089

1989

El INSTITUTO CENTROAMERICANO DE INVESTIGACION Y TECNOLOGIA INDUSTRIAL (ICAITI) es un organismo regional de carácter tecnológico, creado por los cinco Gobiernos de Centroamérica, con la asistencia de las Naciones Unidas, para servir al desarrollo y a la integración económica centroamericana. El ICAITI persigue, entre otros, los siguientes objetivos fundamentales:

Realizar investigaciones tecnológicas para la utilización apropiada de materias primas regionales; desarrollar procesos de fabricación; elaborar nuevos productos y adoptar tecnologías mejoradas.

Desde su fundación en la ciudad de Guatemala, en enero de 1956, el ICAITI funciona como una entidad autónoma, de carácter internacional, no lucrativa, dedicada de lleno a impulsar el fomento del sector industrial de Centroamérica y, por ende, el incremento de su nivel productivo.

Durante los años de 1980 a 1987, el ICAITI llevó a cabo el Proyecto Leña y Fuentes Alternas de Energ' , con apoyo financiero de la Oficina Regional para Programas Centroamericanos (ROCAP) de la Agencia para el Desarrollo Internacional (AID). Los resultados del Proyecto están resumidos en una serie de informes como éste (ver Anexo A-6). El ICAITI espera que el contenido de esta serie de informes sea útil a los interesados en el uso de las técnicas mejoradas para aprovechar las fuentes renovables de energía.

El ICAITI cuenta con un equipo de técnicos en los siguientes campos: energía, desarrollo de pequeñas industrias y desarrollo industrial en general. Ofrece servicios de información, con acceso a redes computarizadas internacionales. Puede, asimismo, brindar, tanto a empresas como a instituciones o personas individuales: asistencia técnica, capacitación, evaluación; asesoramiento técnico en producción, normas y control de calidad; estudios de factibilidad, pruebas y análisis, investigación aplicada y otros servicios relacionados con la industria centroamericana.

Más información puede obtenerse directamente en:

ICAITI
Ave. Reforma 4-47, Zona 10
Guatemala, Guatemala
Apartado Postal 1552

Fax : 31-7470
Telex: 5312-ICAITI-GU
Cable: ICAITI
Teléfonos: 3106-31/35

INDICE

RESUMEN 1

1. ANTECEDENTES 3

2. INTRODUCCION 5

3. OBJETIVOS 6

4. METODOLOGIA 7

4.1. Revisión bibliográfica

4.2. Visita a las zonas productoras de sal en Centroamérica

4.3. Pruebas de laboratorio

4.4. Pruebas de campo

5. RESULTADOS 11

5.1. Pruebas de laboratorio

5.2. Pruebas piloto

5.3. Pruebas de campo

5.4. Diseminación de la tecnolcgia

5.5. Disponibilidad de materiales

5.6. Costos

5.7. Eficiencia del proceso mejorado

5.8. Ahorro de leña

5.9. Evaluación económica

5.10. Impacto social

5.11. Perspectivas de diseminación

6. CONCLUSIONES 24

7. RECOMENDACIONES 25

8. ANEXOS (detalle en pagina siguiente) 26

ANEXOS

ANEXO	A-1	Bibliografía	27
ANEXO	A-2	Información General Recogida en la Investigación Bibliográfica	28
ANEXO	A-3	Producción de Sal en Guatemala y Honduras	33
ANEXO	A-4	Producción Mundial de Sal, por Países	36
ANEXO	A-5	Campañas Promocionales del Proyecto	39
ANEXO	A-6	Lista de Informes Técnicos y otras Publicaciones del AITI Correspondientes al Proyecto Leña y Fuentes Alternas de Energía	41

RESUMEN

Mediante una investigación bibliográfica sobre los sistemas actuales de producción de sal en Centroamérica y mediante una serie de experimentos, se encontró una tecnología simple y efectiva para producir sal, que fue diseminada con mucho éxito.

Esta tecnología consiste en utilizar plástico negro para revestir los patios de concentración y cristalización de la sal. Se usaba algo similar en Costa Rica al momento de la evaluación de campo y de allí se tomó para su experimentación y aplicación en Guatemala y Honduras. En Guatemala se usaban patios de cristalización revestidos de ladrillo cocido, y en Honduras se hacía la cristalización hirviendo el agua en hornos de leña.

Los resultados de campo fueron muy satisfactorios. La inversión inicial para el sistema plástico es la quinta parte del costo de los ladrillos que se usan tradicionalmente en Guatemala y la eficiencia de los patios mejora en un 55% (a causa de la mejor absorción de energía de la superficie negra); mejora la calidad de la sal (ya que no se obtiene con impurezas de ladrillo); y permite usar terrenos que no necesariamente sean planos ni con suelos arcillosos.

El manejo de los patios cubiertos de plástico requiere del doble de la mano de obra que los convencionales, es más delicado y hay que cambiar o reparar el plástico frecuentemente. Ello hace que la tecnología sea adecuada para pequeñas operaciones limitadas de capital pero intensivas en mano de obra, y que no funcione muy bien en patios de grandes extensiones.

También se ensayaron otros tipos de revestimiento, como polietileno líquido negro aplicado a baldosa de barro cocido, piso de cemento, piso de cemento con pigmento negro y resina aplicada al ladrillo de barro.

La tecnología del plástico negro fue adoptada, en forma casi espontánea en aproximadamente 120 salinas de Guatemala. La tecnología de patios de barro cocido, que es la que tradicionalmente se ha usado en Guatemala, se

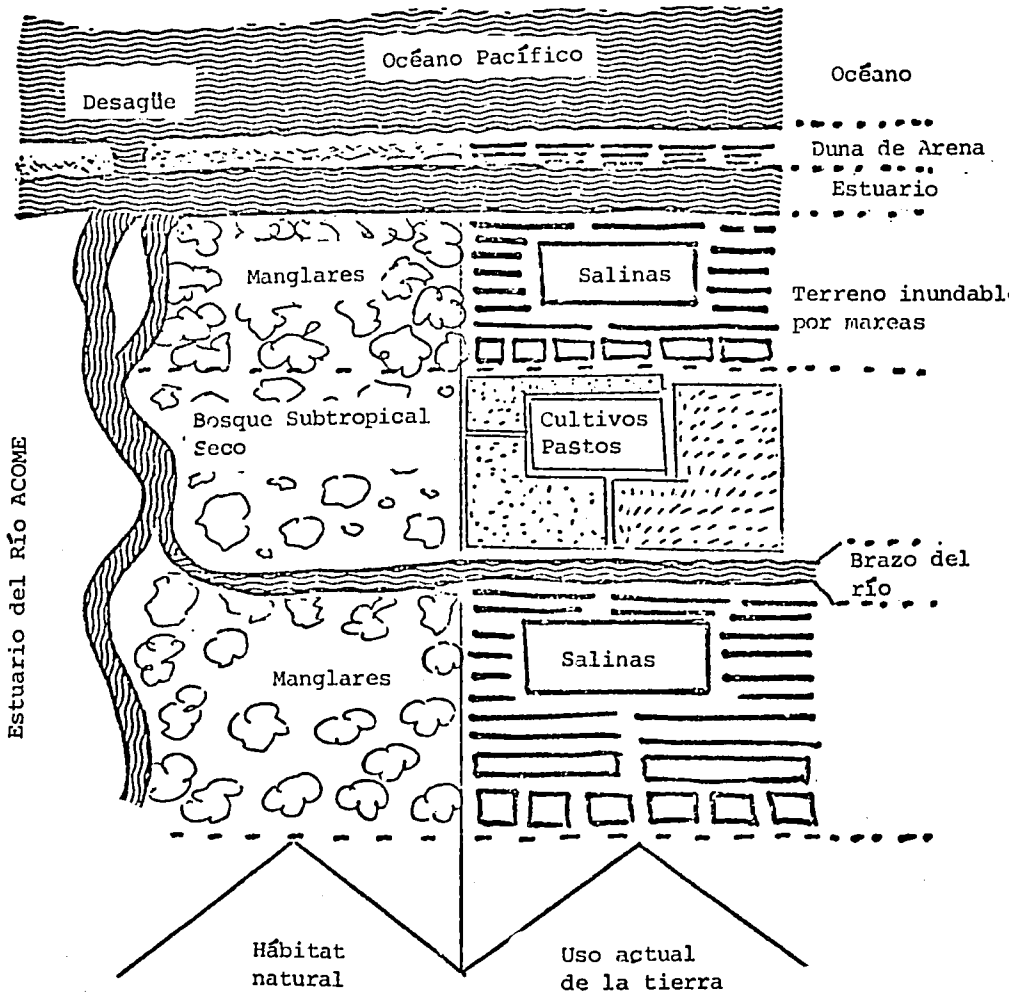
difundió en forma rápida en Honduras; como resultado, la producción de sal mediante leña bajó del 100% al 40% en dos años, con lo que sólo en este período se ahorraron 100 000 metros cúbicos de leña en este país.

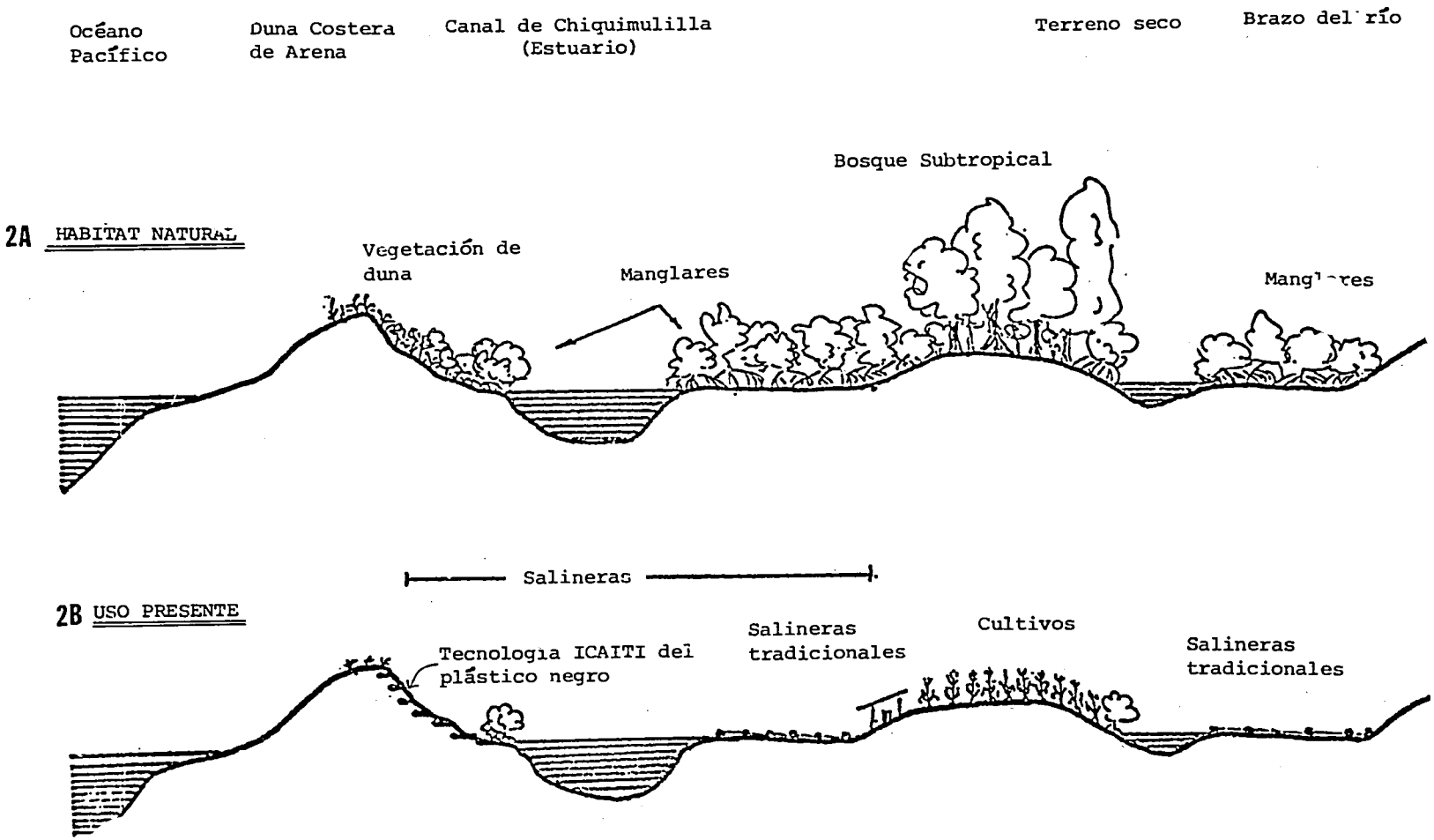
En 1987 se estimó que en Guatemala la tecnología dió como resultado el establecimiento de 117 nuevas empresas que emplean 600 personas; le ahorró a Guatemala $CA 2.0 millones en divisas anteriormente empleadas para la importación de sal; evitó la destrucción de 400 hectáreas de manglar, y motivó al gobierno de Guatemala a que estableciera una línea de crédito especial para salinas mejoradas.

En Honduras, se logró el ahorro de 100 000 metros cúbicos de leña tal como ya se dejó indicado. Estos son los efectos de los primeros años de aplicación de las tecnologías; cabe esperar que los beneficios sociales, económicos y ambientales continuen siendo igualmente importantes.

ESTADO NATURAL Y USO PRESENTE DE LA

TIERRA COSTERA CERCA DE SIPACATE




Océano Pacífico
Duna Costera de Arena
Canal de Chiquimulilla (Estuario)
Terreno seco
Brazo del río
Bosque Subtropical
2A HABITAT NATURAL
Vegetación de duna
Manglares
Salineras
2B USO PRESENTE
Tecnología ICAITI del plástico negro
Salineras tradicionales
Cultivos
Salineras tradicionales

1. ANTECEDENTES

La población de América Central depende en gran medida de los recursos forestales para satisfacer sus necesidades energéticas; en el año 1984 la biomasa, principalmente la leña, constituyó la fuente del 65% de la energía total consumida en el istmo. Mientras tanto, según se estimó, la cubierta vegetal del bosque denso había quedado reducida al equivalente del 34% del territorio total, debido a la continua destrucción a que ha estado sometida; esta destrucción es tal que, de continuar al mismo ritmo, la hará desaparecer totalmente hacia principios del siglo entrante.

Un 90% de la leña es empleada para cocinar. El 10% restante, se emplea para la producción artesanal y tradicional de artículos como pan, ladrillos y tejas, cal, cerámica, sal, panela, y algunos procesos de secado. Muchas de estas actividades artesanales suelen estar concentradas en zonas geográficas reducidas (por causa de la disponibilidad de materia prima, mercados, etc.) y por su fuerte demanda de leña, son causa de una deforestación localizada.

El 68% de la población total de la región, más de 12 millones de personas, depende de la leña para cocinar y, de no tomarse medidas drásticas oportunas, se prevé que este gran sector de la población se verá afectado por una aguda escasez de la única fuente energética de que dispone. En la actualidad, las consecuencias de esta escasez pueden apreciarse en el surgimiento de zonas críticas, en las que una familia tiene que gastar más de la tercera parte de sus ingresos para adquirir la leña que necesita para cocinar.

Ante esta problemática, en septiembre de 1979, el ICAITI y la Oficina Regional para Programas Centroamericanos (ROCAP) de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (AID), celebraron un convenio para la ejecución del proyecto denominado "Leña y Fuentes Alternas de Energía".

Los objetivos generales que se fijaron para el proyecto fueron: a) experimentar con árboles de crecimiento rápido y patrones para su producción (a cargo del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE), y b) desarrollar, demostrar y diseminar tecnologías que

permitieran hacer un uso más racional de la leña, y aprovechar nuevas fuentes económicas de energía, tales como la energía solar y el biogás (a cargo del ICAITI). Se establecieron como prioritarias las necesidades de las zonas rurales y de las pequeñas industrias.

El proyecto a cargo del ICAITI duró ocho años. En este período, se han probado más de cien aplicaciones de tecnologías, de las cuales se llevaron a etapa de demostración unas cincuenta. En una evaluación final, se concluyó que el proyecto ha logrado un gran impacto traducido en el ahorro de 200 000 metros cúbicos de leña, como resultado de la adopción de tecnologías eficientes para el uso de la leña y de tecnologías que la reemplazan por energía solar; también se dió impulso a 400 pequeñas industrias, con la generación de empleos a más de 1500 personas. Alrededor de 13 000 familias se beneficiaron directamente del Proyecto, y fueron innumerables los beneficiados indirectos.

Hay que señalar que el desarrollo de una tecnología responde a factores dinámicos y, por lo tanto, está en continua evolución. Tiene que adaptarse a las necesidades de los usuarios y estas necesidades pueden variar con el tiempo y los inevitables cambios en las condiciones sociales y económicas de las poblaciones. Por lo tanto, no existe una "tecnología apropiada" en sí; lo que se trata de identificar es la mejor solución a un problema, aprovechando los recursos disponibles y dentro del contexto socio-económico del momento.

2. INTRODUCCION

Este informe presenta los ensayos hechos en Guatemala y Honduras para mejorar la producción de las salinas. La mejora consiste en usar tela negra de PVC (u otros materiales) como piso de los patios para la cristalización solar de sal común a partir de salmueras de agua de mar. Inicialmente la investigación incluyó a todos los países de la región y cubría las dos etapas del proceso de producción de sal: la concentración y la cristalización. También se examinaron otros métodos de evaporación, como la cocción, que se trata específicamente en el informe Horno de Leña para Producción de Sal, de esta serie.

El informe presenta los objetivos de la investigación, la metodología seguida y los resultados alcanzados. Se ofrece información relacionada con la rentabilidad de las salinas mejoradas y se discute su potencial de difusión en el área centroamericana. También se presenta información adicional relacionada con la tecnología y la producción de sal a nivel mundial.

3. OBJETIVOS

Los objetivos del trabajo fueron:

3.1. Evaluar las técnicas existentes para producción de sal en Centroamérica.

3.2. Identificar zonas en las que tecnologías energéticamente más eficientes pudieran ser adoptadas en sustitución de las existentes.

3.3. Experimentar con diferentes técnicas y materiales de construcción para revestir los patios de las salinas.

3.4. Seleccionar el prototipo que dé los mejores resultados, incluyendo facilidad de construcción, uso y mantenimiento, calidad de la sal obtenida y costos de inversión y operación.

3.5. Dar asistencia técnica a salineros dispuestos a ensayar los nuevos sistemas.

3.6. Promover la tecnología nueva entre los salineros.

4. METODOLOGIA

Primero, se hizo una revisión bibliográfica, seguida de visitas a las zonas productoras de sal en los seis países de centroamérica; a continuación se realizaron pruebas de laboratorio y pruebas de campo. Se analizaron los resultados y se hicieron las evaluaciones de productividad física y económica.

4.1. Revisión bibliográfica

Aunque no se encontró material escrito aplicable a las condiciones de producción de la región centroamericana, se halló información general relacionada con la tecnología y la producción de sal en el mundo. La lista de obras consultadas se presenta en el Anexo A-1.

4.2. Visita a las zonas productoras de sal en Centroamérica

Los países centroamericanos producen sal por dos métodos: a) evaporación solar de agua de mar, de esteros o de pozos salinos; y b) cocción de salmueras utilizando hornos que queman leña.

Casi todas las salinas se encuentran localizadas a lo largo del litoral Pacífico. En el Atlántico no se produce sal a causa de las condiciones climáticas adversas (lluvia y alta humedad relativa del ambiente.) Casi toda la sal producida en Centroamérica es para consumo humano o animal.

a) Un sistema típico Guatemala: El agua salobre se capta generalmente de un estero, por efecto de sifón durante la marea alta o por bombeo, según las necesidades y condiciones del sitio. En algunos casos se usa agua de un pozo o del mar. El agua ingresa a los estanques llamados "asoleaderos" o" concentradores", construidos sobre tierra firme; éstos se comunican entre sí por medio de agujeros localizados en el fondo, y el agua circula de un estanque al otro por gravedad. Durante el tiempo que el agua permanece en los concentradores (18 - 20 días), su concentración salina aumenta. Al final de la etapa de concentración, la salmuera se deposita en un último estanque llamado "depósito de agua de grado".

La segunda etapa, o "etapa de cristalización", se inicia cuando el agua de grado se trasiega por bombeo a los llamados cristalizadores, que son patios revestidos de baldosa de barro cocido. En los cristalizadores la salmuera solamente permanece un día, ya que el fenómeno de cristalización ocurre con rapidez. Luego, de que los cristales se han formado se recogen del patio en una mezcla cristal-salmuera y se depositan en mesas de madera con ranuras para que la salmuera remanente escurra hacia el patio. El secado de la sal se lleva a cabo por acción directa de los rayos solares. Finalmente la sal se recoge de las mesas y se almacena en bodega. Puede ser comercializada en estas condiciones; algunos productores la muelen para obtener un grano más fino.

Se visitó una salina ubicada en la aldea Sipacate, La Gomera, Escuintla. El proceso de producción no incorporaba ninguna técnica fuera de las tradicionales. El propietario de la salina manifestó interés en el empleo de técnicas mejoradas que dieran como resultado un incremento en la productividad de sal. Además ofreció colaborar con las pruebas de laboratorio, aportando terreno disponible para efectuarlas, y mano de obra.

El proceso de producción en las salinas circunvecinas era el mismo que en la salina visitada.

b) Honduras: Se visitaron algunas salinas aledañas al puerto de San Lorenzo y en el golfo de Fonseca, departamento de Valle. El agua se capta directamente del mar mediante una bomba y se introduce a una represa o embalse grande comunal (generalmente lo comparten 3 ó más productores). De allí el agua es trasegada por gravedad a represas más pequeñas, propiedad de cada productor. Luego el agua pasa a una serie de estanques concentradores en los que el agua aumenta gradualmente su concentración de sal.

La etapa de concentración termina cuando la salmuera se almacena en un depósito de agua de grado.

La etapa de cristalización tradicional consiste en transportar la salmuera en cubos o baldes (operación que realizan uno o varios peones manualmente) hacia las pailas o bandejas metálicas rectangulares. El agua contenida en las pailas es sometida a cocción en hornos de combustión de leña hasta que toda el agua se evapora y es entonces cuando el cristal se forma. La sal se recoge y se coloca en un lugar aledaño al horno, formando montones. Luego se transporta a bodegas. Generalmente se muele y se introduce en sacos para la venta. La sal comercializada es yodada.

En Honduras y desde 1984, en parte como resultado del proyecto, viene aumentando la popularidad del sistema solar con patios de baldosa de barro cocido. Al igual que en Guatemala, la cristalización da inicio cuando el agua de grado se bombea hacia los patios finales.

c) Costa Rica: Se visitaron algunas salinas situadas en el golfo de Nicoya, provincia de Guanacaste. Se observó el empleo de plástico negro de PVC en la construcción de patios cristalizadores. Según la información de los usuarios, la aplicación de esta técnica les representaba un incremento del 33% en la producción de sal sobre la técnica tradicional de cristalización en patios de ladrillo con cemento.

La etapa de concentración de salmuera se lleva a cabo por evaporación natural de la salmuera, en estanques construidos sobre la arena.

d) No se hicieron visitas en El Salvador, Nicaragua ni Panamá. Sin embargo, se sabe que en El Salvador toda la sal es producida solarmente, en Nicaragua se produce sal solar y sal cocida, y en Panamá se produce sal solar y se desconoce si se produce sal cocida.

Como resultado de las visitas se derivaron las siguientes conclusiones sobre las tecnologías tradicionales (patios con baldosas), principalmente sobre Guatemala y Honduras:

- La tecnología tradicional es de fácil aplicación y aprendizaje;

- Los requerimientos de calidad no son estrictos en los países centroamericanos;

- El costo de instalar una salina es relativamente alto. El movimiento de tierras y la mano de obra requieren fuertes desembolsos de dinero durante la etapa inicial de instalación de una salina.

- Las tareas de mantenimiento son también costosas; principalmente, la reconstrucción de estanques concentradores y la reparación de patios cristalizadores al inicio de la temporada.

- El agua contenida en los estanques asoleaderos se filtra hacia abajo y hacia los lados, y se pierde. También existe infiltración de abajo hacia arriba, es decir, cuando hay marea alta el nivel freático sube y produce dilución de la salmuera ya que el agua infiltrada generalmente tiene una menor concentración de sal que la salmuera almacenada.

- El sitio para una salina requiere de la eliminación del manglar, lo cual daña el entorno ecológico. Entre las diversas consecuencias está la erosión, la desertificación, la destrucción de áreas de desove para el camarón, y la desaparición de ciertas especies de moluscos.

  La sal producida contiene varias impurezas, incluyendo partículas rojizas que se desprenden de los patios de barro.

Resultó evidente que si se lograra aumentar la productividad de las salinas se reduciría proporcionalmente la necesidad de área superficial.

Se estudió inicialmente la posibilidad de incrementar la productividad de las áreas de concentración. Más adelante se describen los esfuerzos realizados en esta dirección, las cuales no fueron fructíferos. Si se encontró factible y apropiado ensayar el método de cristalización empleado en Costa Rica y aplicarlo en Guatemala y Honduras, como experiencias demostrativas para el resto de la región.

4.3. Pruebas de laboratorio

Se le llama pruebas de laboratorio a ensayos de campo en unidades piloto de tamaño reducido. Es decir, que las pruebas de campo fueron a escala comercial y las de laboratorio a escala experimental. Entre las pruebas de laboratorio se incluyen las realizadas en patios de 100 m^2 y las efectuadas en "minipatios" de 1.30 m^2.

Se ensayaron diversas técnicas para mejorar la capacidad de absorción de calor y la impermeabilidad de las superficies de cristalizado, según se describe en la sección siguiente.

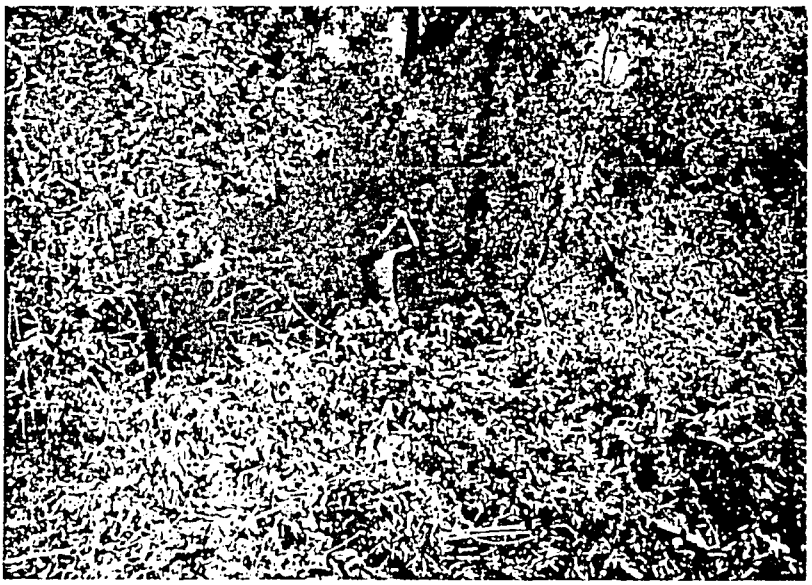
4.4. Pruebas de campo

Se iniciaron a finales de 1982 y concluyeron en 1984; se mantuvo un servicio de asesoría técnica hasta 1985. Consistieron en el mejoramiento parcial de salinas particulares. Se trabajó con 8 unidades experimentales/demostrativas, cuatro en Guatemala y cuatro en Honduras.

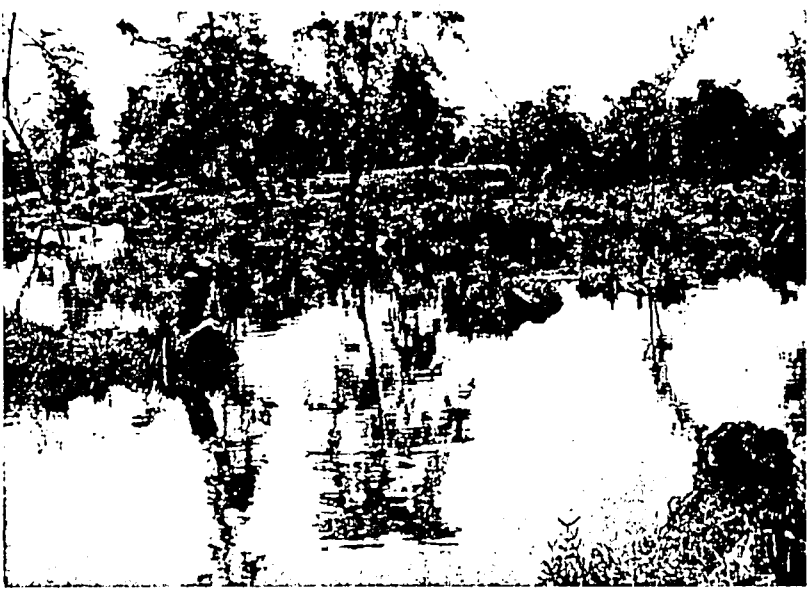
La obtención de resultados estuvo limitada por el grado de participación y colaboración de los propietarios. Por ello es que se les denomina unidades experimentales demostrativas. En algunos casos el propietario probó una mejora, se desinteresó y abandonó el programa.

Las pruebas consistieron en la utilización de tela plástica de polietileno y PVC, y en la aplicación de pintura de polietileno líquido negro en los patios de cristalización. Se midió la productividad de sal, en kilogramos por metro cuadrado por día, en comparación con unidades "testigo", que eran los mismos patios de baldosa de barro cocido, pero sin ninguna aplicación de tela plástica o de pintura.

Se consideró otra modificacion al sistema tradicional de concentración: una estructura en forma de tienda de campaña o carpa sobre un estanque de cemento; el techo de dos aguas estaba forrado con tela de polietileno transparente, sujetada con alambres y tensores, prácticamente un invernadero.

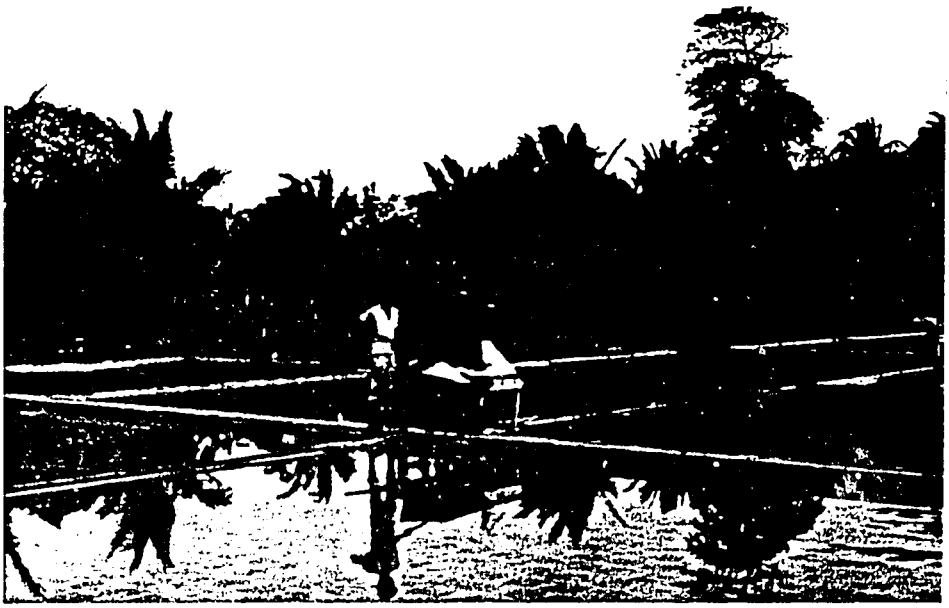


Un bosque de manglar blanco (Lagucularia racemosa) siendo talado para hacer espacio en donde se construirán nuevas salineras. La foto muestra también algunos árboles "madre de sal" (Conocarpus erectus). Sipacate, Escuintla, Guatemala. Enero de 1987.

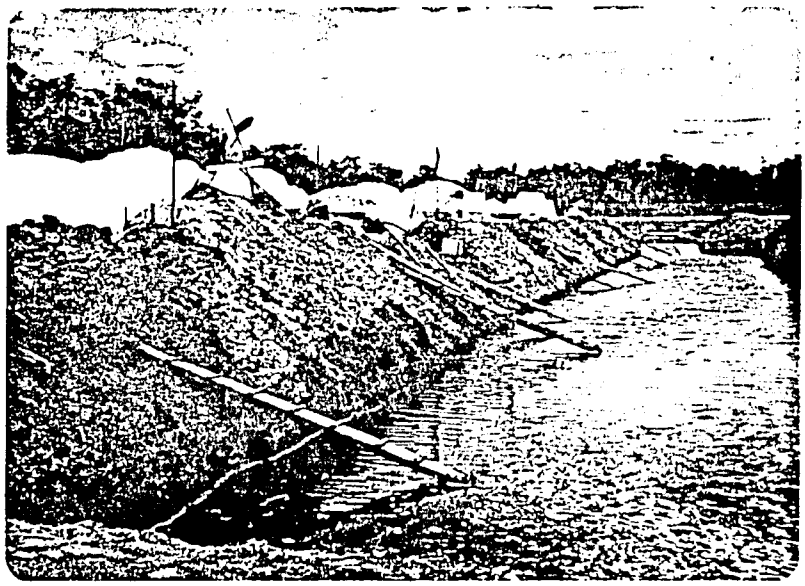


Luego del corte del manglar, los terrenos quedan despejados.

Salineras tradicionales en construcción cerca de Sipacate. Se espera que produzcan 1200 toneladas de sal por temporada, en una extensión de 44 hectáreas que estuvo una vez cubierta de un denso bosque.



Salinas tradicionales en Sipacate, Escuintla, Guatemala.



Represa para toma de agua que alimenta las salinas.
Golfo de Fonseca, Honduras.

Salinas que usan la tecnología ICAITI de revestimiento con plástico negro. En primer plano están los estanques de cristalización y los patios de secado están al fondo. Más atrás: el Canal de Chiquimulilla y terrenos que han sido despejados para instalar salineras tradicionales. Sipacate, Guatemala.

Salineras construidas en dunas de arena con tecnología del plástico negro, cerca de Sipacate, Guatemala.

5. RESULTADOS

Se presentan los resultados de mejoramiento de la fase de cristalización en las pruebas de laboratorio y de campo. Las pruebas de laboratorio se dividen en dos tipos: a nivel experimental (minipatios de 1.3 m2) y a nivel piloto (patios de 100 m2). Las pruebas de campo se realizaron en Guatemala y Honduras.

5.1. Pruebas de laboratorio

Se llevaron a cabo entre el 7 y el 14 de marzo de 1983. Consistieron de la medición de la productividad en minipatios de cristalización, utilizando diferentes tipos de recubrimientos para la superficie. Los tratamientos aplicados fueron:

a) Testigo: piso de ladrillo de barro cocido.

b) Pintura de polietileno líquido negro sobre ladrillo de barro cocido.

c) Piso de cemento de 1/2" de espesor sobre base de grava de 3/4" de espesor.

d) Igual al anterior, con pigmento negro añadido al cemento.

e) Cubierta de polietileno negro o plástico agrícola de 8/1000" extendido sobre el suelo.

f) Piso de ladrillo de barro cocido sobre mezcla de cemento y arena sobre pieza de polietileno transparente.

g) Mezcla de silicones y resinas ("repelagua") sobre piso de ladrillo de barro cocido.

A continuación en el cuadro 1 se dan los resultados de la experimentación.

CUADRO 1 Productividad de minipatios de cristalización con diferentes tipos de superficie (lb/m²-dia)

Tratamiento	Productividad (lb/m²-dia)	Incremento en la Productividad, % del testigo
A) Ladrillo común	0.70	(testigo)
B) Ladrillo negro	0.87	25
C) Concreto común	0.65	- 6
D) Concreto con pigmento negro	0.70	0
E) Polietileno negro	0.74	6
F) Ladrillo sobre cemento	0.785	12
G) Ladrillo con resinas impermeables	0.83	19

Los resultados no son consistentes con otras observaciones, especialmente con los altos incrementos en la productividad de patios cristalizadores de tamaño comercial recubiertos de tela plástica de polietileno o PVC. Se cree que al reducir extremadamente la escala se introdujeron perturbaciones que sesgaron los resultados y anularon su representatividad cuantitativa. Sin embargo, se pudieron observar algunas ventajas y desventajas cualitativas para los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Observación
A)	El ladrillo suelta particulas rojizas que se mezclan con la sal,
B)	La pintura de polietileno liquido se desprendia y sus particulas aparecian en la sal.
C)	El cemento no causó ningún efecto negativo visible.
D)	El pigmento negro se desprende y se mezcla con la sal.

E) El grano de sal es más fino y más blanco; no se observó ningún efecto negativo al emplear tela plástica negra.

F) Partículas rojizas en el grano de la sal.

G) Igual al anterior.

5.2. Pruebas piloto

Se compararon aplicaciones de pintura negra de polietileno líquido (B, arriba) y de tela plástica negra con aplicaciones testigo, a una escala piloto.

En ambas pruebas se mantuvieron las demás condiciones (área superficial, concentración de la salmuera y condiciones de operación) idénticas. Se trabajaron en patios aledaños, para eliminar variaciones del clima.

El Cuadro 2 presenta los resultados de la prueba con pintura y el Cuadro 3 los resultados de la prueba con tela plástica negra.

CUADRO 2 Productividad de un patio experimental de cristalización de sal pintado con polietileno líquido negro, en comparación con patio testigo de barro cocido

Fecha (Ene/Feb) 1983	Productividad del patio testigo (kg/m^2-día)	Productividad del patio pintado (kg/m^2-día)	Incremento (pintado/ testigo) x 100%
31	0.78	1.10	41
1	0.84	0.96	15
2	0.65	1.05	61
3	0.88	1.15	31
4	0.86	1.12	31
		Incremento promedio:	36 %

CUADRO 3	Productividad de un patio experimental de cristalización de sal recubierto de PVC negro en comparación con patio testigo de barro cocido.		
Productividad Fecha (Ene/Feb) 1983	Productividad del patio testigo (kg/m^2-dia)	Incremento del patio recubierto (kg/m^2-dia)	(recubierto/ testigo x 100) %
19 al 21	1.11	1.72	55

Se construyó además un patio de cristalización con ladrillo de cemento liquido de color negro de 10 x 10 m. El incremento de la productividad fue similar al que se observó en el patio de ladrillo de barro cocido pintado con polietileno negro. No se observó ningún efecto negativo sobre la calidad de la sal producida. El costo de instalación fue bastante mayor que los de baldosa de barro y desde ese punto de vista no le interesó a los usuarios. A pesar de ello, vale resaltar que este tipo de ladrillo no sufre infiltraciones de ninguna clase y su deterioro es mucho menor que el del tadrillo tradicional de barro.

Los resultados de los tres lotes experimentales ensayados fueron superiores a sus respectivos testigos. Por razones de costo de materiales, facilidad de aplicación de la técnica, calidad de la sal producida y por la experiencia obviamente exitosa desarrollada por los salineros costarricenses, se escogió para demostración en escala comercial la aplicación de tela plástica de polietileno negro.

5.3. Pruebas de campo

Aunque se prestó asistencia técnica y se montaron patios demostrativos en ocho salinas, solamente se obtuvieron datos de productividad para una de ellas. Sin embargo, la técnica fue incorporada sin vacilación por seis de las ocho, cinco de las cuales la utilizan hasta el momento en diferentes grados.

El Cuadro 4 presenta las salinas a las que el ICAITI prestó asistencia técnica.

CUADRO 4 Salinas a las que el ICAITI prestó asistencia técnica para mejoramiento de su productividad, 1983-1985.

Nombre	Localización	Fecha	Operando
1. Salina Chang	Sipacate, Escuintla, Guatemala	1983	si*
2. Salina Brisas del mar	Tahuexco, Suchitepéquez, Guatemala	1985	si
3. Salina Carazo	Sipacate, Escuintla, Guatemala	1983	si*
4. Salina Presa del Delfín	Puerto San Lorenzo, Honduras	1985	si
5. Salina S/N	"	1985	si
6. Salina S/N	"	1985	si
7. Salina S/N	Nacaome, Honduras	1985	si
8. Salinas del Sur	Iztapa,	1984	no

* Experimentaron con telas plásticas para producir cantidades pequeñas de sal; el sistema mejorado no les interesó por ser productores grandes ya establecidos.

Se obtuvieron datos de la salina Brisas del Mar. Los datos muestran una productividad de 1.38 kg de sal por metro cuadrado de patio de cristalización, por día. Esta productividad es un 74% superior a la de las salinas tradicionales, que tienen productividades promedio de 0.63 kg/m²-día. Sin embargo, se estima que parte de la variación resulto por que la concentración de la salmuera en la salina demostrativa fue de 21°Bé previo a entrar a la fase de cristalización, un 17% más que la usual en las salinas tradicionales,(18°Bé). (°Be= grados Baume, una forma de medir la densidad de la salmuera y su concentracion de sales).

Los patios de cristalización construidos con piso de barro sí permiten infiltraciones; los patios con revestimiento de plástico, no. Esta mejora es atribuible directamente al uso de la tecnología mejorada y ayuda a incrementar la productividad.

Como resultado de su alta eficiencia relativa, las salinas mejoradas requieren una superficie bastante menor que una salina tradicional. Asimismo, la relación entre el área de concentración y el área de cristalización es considerablemente menor en una salina mejorada que en una salina tradicional. Las salinas mejoradas que utilizan la tela plástica negra para todos los pozos concentradores y cristalizadores tienen un área de concentración 3.4 veces el área de cristalización, mientras que las salinas tradicionales tienen un área de concentración equivalente hasta 8 veces la de cristalización. Como resultado se encuentra que las salineras tradicionales ocupan alrededor de 4 veces más área en total que una salina mejorada, para producir la misma cantidad de sal. Además, la salina mejorada se puede construir sobre cualquier tipo de suelo mientras que las convencionales requieren suelos poco filtrantes y arcillosos.

En síntesis, se estima que la productividad de los patios de cristalizacion de plastico negro fue un 55% mayor que en las salinas convencionales. El cuadro 5 presenta los resultados de los tres días en que se midió la productividad.

CUADRO 5 Productividad de un patio mejorado de cristalización a nivel comercial en la Salina Brisas del Mar, Suchitepéquez, Guatemala (kg/m²-día)

Fecha	Producción promedio (kg/día)	Productividad (kg/m²-día)
19/3/85	39.7	1.39
20/3/85	40.0	1.40
21/3/85	38.6	1.35
	Promedio	1.38

Los datos de Honduras confirman los resultados de campo obtenidos en Guatemala. Según datos obtenidos en 1987 en una visita de campo, la productividad de sal en cristalizadores de plástico negro es 57% superior, en

promedio, a la obtenida en patios de cemento o de baldosa de barro cocido. Se obtuvieron cifras de 2.5 kg/m²-día para las salinas mejoradas, contra 1.59 kg/m²-día para las salinas convencionales.

5.4. Diseminación de la tecnología.

a) Guatemala.

La tecnología mejorada con plástico se ha difundido en forma casi espontánea a aproximadamente 120 salinas en Guatemala.

Varios peones que vieron las pruebas iniciales con la tela plástica decidieron iniciar su propia pequeña salina en las dunas (barras de arena) de la costa Pacífica. La tela plástica permite aprovechar este terreno, algo que no era posible con la tecnología tradicional. Usando su propia mano de obra, nivelaron terrazas en la pendiente de la barra protegida del mar, para los pozos de concentración y cristalización.

La empresa tuvo éxito y el siguiente año otros pequeños empresarios hicieron lo mismo. En dos años (temporadas 84-85), el número alcanzó 29 pequeños productores en esta zona. En la temporada 85-86, se estima que había 42 nuevos salineros. Casi todos ellos eran pequeños productores y muchas de las empresas manejadas a nivel familiar.

Las inversiones iniciales fueron moderadas ($CA 3 000); la operación requería intensivamente de mano de obra no calificada; una salina fácilmente mostraba ganancias del 20 - 25% al final de la primera temporada. Y, quizá lo mas importante, se aprovecharon para fines altamente productivos, terrenos y recursos naturales que no estaban siendo usados antes.

En ese momento, el Gobierno de Guatemala se interesó en la tecnología. Con la asistencia del ICAITI, se planificó un programa para impulsar a los pequeños productores de sal a través del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Sus objetivos eran fomentar pequeñas empresas productoras de sal yodada con tecnología apropiada e incrementar la producción de sal para cubrir la demanda nacional y crear fuentes de trabajo. Se estableció una línea de crédito especial, que benefició a 89 productores con préstamos de intereses bajos en 1986-87 (véase referencia bibliográfica).

Con base en una encuesta realizada por el ICAITI en mayo de 1987, se calculó que por lo menos 117 nuevos pequeños empresarios se han establecido en Guatemala y utilizan las salinas mejoradas. Estas salinas emplean alrededor de 600 personas para sus operaciones entre noviembre y mayo cada año. También se han invertido cerca de 150 años-hombre de mano de obra en la preparación de terrenos.

Quizá lo más importante es que estos beneficios se han concentrado en los sectores rurales de bajos ingresos.

Los grandes salineros en Guatemala siguen empleando la tecnología tradicional. Aunque ésta requiere de grandes inversiones, maquinaria, ingenieros, etc. (2-3 años en preparación de terrenos solamente), los grandes productores la prefieren por ser más manejable en términos de operación y mantenimiento. No hay que reconstruirlas cada año y una vez que están operando requieren menos de la mitad de los empleados requeridos para una producción equivalente utilizando la tecnología mejorada de plastico negro. A largo plazo, sus ingresos son mayores y sus problemas laborales menores. Una de las razones es que pagan un precio minimo y simbólico por los terrenos y operan en forma más intensa con capital y tierra que mano de obra. Por su menor eficiencia y por su mayor tamaño una salina tradicional requiere cuatro veces el área de una salina mejorada, por unidad de sal producida. Además por el tipo de terreno requerido, las salinas tradicionales, implican la destrucción de grandes áreas de bosques de manglares.

Actualmente la producción tradicional de sal en Guatemala ocupa 1 225 hectáreas de lo que fueron manglares. Si la sal que ahora se produce en las salinas mejoradas se hubiera producido en las convencionales, se habrian ocupado otras 400 hectáreas. Cuando por cualquier razón una salina tradicional es abandonada, la tierra queda contaminada a causa de los altos niveles de sal y otros residuos que se acumulan en el fondo. Sin embargo, algunas salineras de la costa sur se han convertido en estanques de crianza de camarón, una actividad económicamente promisoria, pero que requiere niveles de inversión muy elevados.

Una mayor difusión de la tecnología mejorada en Guatemala evitará la destrucción adicional de manglares (un ecosistema importante y valioso) y permitirá ocupar parte de las actuales áreas salineras para la crianza de camarón.

b) Honduras.

La tecnología de patios de barro cocido, tradicional en Guatemala pero poco utilizada en Honduras, se difundió en forma rápida en este país, como resultado de las actividades del proyecto en la Costa Sur (Golfo de Fonseca). Cuando el proyecto se inició, en 1980, casi toda la producción de sal en este país se hacia mediante hornos de leña, en su mayoría, propiedad de pequeños productores. Pero ya entonces habían surgido empresas salineras grandes, con lo que estaba reduciéndose la participación de los pequeños productores en el mercado de la sal de exportación; muchas salineras estaban dejando de funcionar, y los dueños de las que aún estaban operando, deseaban encontrar la forma de aumentar su eficiencia de producción.

El proyecto promovió intercambio entre los salineros lo que hizo que los productores de Honduras conocieran bien las técnicas basadas en la energía solar: la técnica tradicional de Guatemala mediante patios revestidos con ladrillos de barro, y la técnica de plástico negro.

El aprovechamiento de la energía solar, comparada con los hornos de leña, les resultó muy atractivo, y aunque la variante del plástico negro ofrece más ventajas, en su mayoría optaron por la otra, ya que el plástico resultó difícil de conseguir en el país, y además, porque disponen de muchos terrenos baldíos apropiados, extensos, y cerca de fábricas de ladrillos de barro.

En 1987, la técnica del plático negro ha sido adoptada por sólo unos 25 productores hondureños en pequeño, mientras que, al finalizar el proyecto, alrededor del 60% de la producción total de sal se hacía ya mediante patios revestidos de ladrillo, propiedad de más de 200 productores que habían elegido la tecnología tradicional de Guatemala.

5.5. Disponibilidad de materiales

a) Guatemala: En las localidades del interior (aldeas, municipios o cabeceras departamentales) aledañas a las salinas pueden obtenerse materiales como tela plástica, mangueras, cubos, cepillos, repuestos para bombas centrífugas y lubricantes. En la ciudad de Guatemala se consigue la bomba centrífuga. Las carretillas de mano se ordenan en talleres de carpintería o son construidas por los mismos usuarios.

b) Honduras: Los cepillos, lubricantes y algunos repuestos se pueden obtener en la ciudad de Choluteca (cercana al puerto de San Lorenzo) y los demás materiales, solamente en Tegucigalpa.

Generalmente el precio de los combustibles (diesel y gasolina) es un poco más elevado en las regiones del interior en ambos países.

5.6. Costos

Se dividen en costos de inversión y costos de operación. El Cuadro 6 presenta las inversiones estimadas, y el Cuadro 7 una estimación de los costos de operación para los primeros cuatro años, en Guatemala. Estos costos son para una salina de 4 000 m^2, lo cual es un poco más grande que la mayoría de las salinas pequeñas establecidas recientemente.

CUADRO 6 Lista de Materiales y Costos para una salina mejorada de una hectárea en Guatemala (4000 m2 de cubierta plástica) ($CA de 1987)

Rubro	Unidad	Cant.	Costo unitario	Costo total	%
1. Tela plástica de polietileno negro de 6/1000" de espesor y 1.52 m de ancho y 127 m de largo	rollo	20	73	1,460	55.2
2. Bomba centrifuga a gasolina, 3 hp	-	1	364	364	13.8
3. Poliducto de 2" y 300' de largo	rollo	2	44	88	3.3
4. Carretillas de madera	-	2	15	30	1.1
5. Cepillos con cerda plástica	-	4	3	312	0.5
6. Mesas de madera de 1 x 1 metros	-	8	15	120	4.5
7. Balanza (0-100 kg)	-	1	71	71	2.7
8. Densimetro (pesa jarabes)	-	1	10	10	0.4
9. Palas	-	4	5.5	22	0.8
10. Varios (piedra de rio, montura bomba, coplas, etc.)	-	-	-	30	1.1
11. Bodega (rancho)	-	1	436	436	16.5
Subtotal				2,643	
Impuesto al valor agregado (7%)				185	
Imprevistos				264	
TOTAL				3,092	

CUADRO 7 Costos Anuales Para Salinas Mejoradas de una Hectárea ($CA de 1987)

Rubro	1	2	3	4
Costo de inversión	3,092	1,037	1,114	2,679
Costos de operación	3,183	3,501	3,851	4,236
Impuestos	109	109	109	109
TOTAL	6,384	4,647	5,074	7,024

CUADRO 8 Flujo de Fondos Para Salina Mejorada de una Hectárea ($CA 1987)

Descripción	año 1	2	3	4
1. Ingresos por ventas (1/)	19,725	19,725	19,725	19,725
2. Costos de operación	6,384	4,647	5,074	7,024
3. Amortización de la deuda	2,811	2,811	2,811	---
4. Saldo de caja (ganancia)	10,530	12,267	11,840	12,701

1/ Se supone un precio constante de $CA 0.075 por kg de sal para toda la serie.

5.7. Eficiencia del proceso mejorado

Los resultados de campo y laboratorio indican que el proceso mejorado de producción solar de sal en la fase de cristalización es un 55% más eficiente que el tradicional, como consecuencia de un mejor aprovechamiento de la energía solar captada y de la eliminación de filtraciones.

Aún es posible optimizar el proceso de producción en las salinas mejoradas. Puede optimizarse la cantidad de combustible utilizada al seleccionar adecuadamente el dimensionamiento de las bombas. También existe la posibilidad de emplear un sistema de bombeo eólico o fotovoltáico como sustitución parcial del sistema centrífugo

con motor de diesel o gasolina usado actualmente; estas alternativas requieren más estudio. Puede mejorarse el diseño de las salinas, que incluye la disposición del terreno y el dimensionamiento de los tanques de concentración.

5.8. Ahorro de leña

En Honduras se ahorraron 30 600 t de leña con un valor aproximado de $CA 337 500.

En Guatemala el método de producción de sal cocida con leña ya era raro en 1984, y ahora está en desuso. Casi toda la producción es por el método solar con patios de baldoza de barro. Sin embargo, la tecnología mejorada adoptada por el ICAITI dio un mecanismo para incrementar la producción en forma rápida, intensivo en mano de obra y sin la destrucción de bosques de manglares.

5.9. Evaluación económica

El cálculo de la rentabilidad simple (ganancias entre inversión total) resulta en un retorno de 56.8% anual, tomando el promedio de las utilidades de los cuatro años y el total de la inversión efectuada durante esos cuatro años. Sin embargo, la ganancia depende de varios factores, especialmente el manejo de la salina y los precios que se puede obtener para el producto.

El saldo de caja es positivo desde el primer año. Con base en las suposiciones se puede recuperar la totalidad de la inversión desde el primer año.

5.10. Impacto social

El fortalecimiento de la industria de sal beneficia a las comunidades rurales circunvecinas. La actividad genera utilidades para los salineros y sus familias, un ingreso monetario que permite mejorar las condiciones de vida en general. Además, genera valor agregado por intercambio comercial, y proporciona empleo.

Se estima que la producción de sal mediante el uso de plástico negro da empleo a unas 580 personas en las 125 salinas nuevas de Guatemala. Cada salina emplea temporalmente (4 -5 meses al año) entre 4 y 5 personas. Estas operaciones están beneficiando el sector de empresarios pequeños.

El desarrollo de una industria de sal, que dependa cada día más de pequeños salineros que utilizan la tecnología mejorada, significará un cambio social beneficioso a la vez que permitirá a las personas con mayor capital dedicar sus recursos a otras actividades productivas.

5.11. Perspectivas de diseminación

En Guatemala la tecnología mejorada se ha difundido extensamente en forma espontánea en varias localidades del litoral Pacífico. Hata 1987, la diseminación había avanzado, en una forma rápida y con crecimiento. El futuro de esta tecnología depende en gran parte del mercado de sal y las oportunidades que se ofrecen al pequeño productor para participar en este mercado.

En Honduras la diseminación ha estado a cargo de la contraparte, CDI/PTR (Centro de Desarrollo Industrial/Programa de Tecnologías Rurales), que está promoviendo la producción de sal solar mediante ambas tecnologías (ladrillos y plástico) con bastante éxito.

En El Salvador, Nicaragua y Panamá existe potencial de diseminación que aún no ha sido evaluado.

Esta aplicación tecnológica obviamente fue apropiada para las condiciones que se encontraron en Guatemala y fue beneficiosa para los usuarios. Para su diseminación en otros países solamente es necesario darla a conocer, contar con entidades de contrapartida a través de las cuales se puede transferir la tecnología, y que algunos salineros comiencen a utilizar la tecnología mejorada para que en forma espontánea sus vecinos continúen haciéndolo.

En el Anexo A-5 se resumen las campañas promocionales realizadas durante el proyecto.

6. CONCLUSIONES

6.1. El uso de tela plástica negra para fondo de salinas solares tiene varias ventajas sobre los métodos tradicionales de producción de sal para los pequeños productores. Permite hacer salinas directamente sobre barras arenosas y aprovecha más eficientemente la energía solar; asimismo, permite empezar una salinera con una inversión relativamente baja, es intensivo en mano de obra y tiene un rendimiento económico muy atractivo.

6.2. Cuando se compara la producción de sal con plastico negro con el sistema solar tradicional en Guatemala (empleando pozos grandes y cristalizaciones con baldosa de barro), se encuentra que, por cada tonelada de sal producida, el sistema con plastico negro utiliza dos veces la mano de obra y aproximadamente un cuarto del terreno.

6.3. El impacto ambiental de la tecnología es positivo. Evita la destrucción de manglares al hacer innecesario el uso de grandes extensiones de tierra arcillosa. Evita el uso de leña para la cocción de la sal en lugares donde esto todavía se hace.

6.4. El impacto social es también favorable. Promueve la formación de pequeñas empresas salineras y genera empleo rural. Por no ser demasiado atractiva para las grandes salineras, la tecnología causará un desplazamiento de actividad económica y de ingreso hacia estratos de menores recursos

7. RECOMENDACIONES

7.1. Que los demás países centroamericanos (El Salvador y Nicaragua, principalmente) financien una evaluación del potencial de aplicación de la tecnología en estos países, si es necesario usando su contribución extraordinaria al ICAITI.

7.2. Que en Guatemala y Honduras se dé un seguimiento al desarrollo de la tecnología para darle el apoyo técnico necesario y para continuar afinándola.

7.3. Fomentar en todos los países el establecimiento de líneas de crédito parecidas a las que se crearon en Guatemala para los salineros.

8 ANEXOS

ANEXO A-1 Bibliografía

Preexistente o consultada

1 Mannar, Venkatesh' Bradley, H.L. Pautas para el establecimiento de instalaciones de sal solar elaborada a partir de agua de mar, salmuera subterránea y agua de lagos salados. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. 1984

2 Kaufmann, D. Sodium Chloride. Reinhold, N. York.

3 United Nations. Extraction of Chemical from Seawater, in Land Brines and Rock Sal Deposits. New York, 1972

Generada por el Proyecto

4 Salinas Mejoradas, Publicación ICAITI.

5 Aplicaciones de Energía Solar. Publicación ICAITI, d(305).

Nueva

6 Estudio sobre la viabilidad para el desarrollo de un proyecto de salinas mejoradas en el litoral del Pacífico. Departamento Técnico, División Técnica, CORFINA, Guatemala, 1986.

7 Fomento de pequeñas empresas productoras de sal yodada con tecnología apropiada. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala, 1986

ANEXO A-2 Información General Recogida en la Investigación Bibliográfica

A. La sal en la dieta humana: La sal proporciona iones de sodio y iones de cloro. El sodio actúa en el control de los movimientos musculares. El ión cloro produce ácido clorhídrico para la digestión. Una función importante de la sal es regular la presión arterial y el intercambio de fluidos intracelulares. En organismos normales la concentración de sal solamente puede variar dentro de límites estrechos. La sal que se elimina del cuerpo debe ser reemplazada.

En Centroamérica la sal tiene importancia en la dieta infantil como vehículo para suministrar yodo, elemento cuya ausencia produce bocio y cretinismo infantil.

La sal se ha utilizado también desde tiempos prehistóricos para encurtir, preservar y curar carnes y pescados y para curtir pieles.

B. La sal en la dieta animal: La sal es tan importante para la salud del ganado como para la salud humana. Se encuentra en los fluidos del cuerpo animal casi en la misma concentración que en el cuerpo humano. Su insuficiencia impide el crecimiento de los animales jóvenes y produce fatiga, reduce la producción de leche, y causa pérdida de peso y trastornos nerviosos en los adultos.

C. La sal para consumo industrial: Actualmente sólo el 6% de la producción mundial de sal se usa directamente para el consumo humano; el resto se emplea principalmente por la industria de productos químicos. Junto con el azufre, el carbón, la piedra caliza y el petróleo, la sal es uno de los componentes químicos principales de esa industria.

La industria de productos cloroalcalinos es el mayor consumidor industrial de sal. Esos productos son: el cloro, la sosa cáustica (hidróxido de sodio) y la ceniza de sosa (carbonato de sodio). El cloro se usa en la producción de resinas de cloruro de polivinilo, que forman la base para fabricar diversos productos plásticos y se utilizan en la industria del papel, para el tratamiento de agua potable y residual, en las lavanderías y en el blanqueado de productos textiles; en la síntesis de muchos productos químicos orgánicos e inorgánicos, incluyendo el ácido clorhídrico y la fabricación de insecticidas. La sosa cáustica y el hidrógeno son coproductos que se forman durante la fabricación del cloro. La sosa cáustica se usa en la fabricación de productos químicos, papel y pulpa, jabones y detergentes y en la refinación de aceites vegetales, la obtención de cauchos y la refinación de petróleo. También se usa para disolver la bauxita en

la fabricación de aluminio. El consumo de sosa cáustica se considera como un indicador de la actividad industrial de un país. El hidrógeno se usa principalmente para fabricar amoníaco. La ceniza de sosa (carbonato de sodio) se usa para hacer vidrio y en la fabricación de productos químicos, jabones y detergentes. En los últimos años, el descubrimiento de grandes fuentes de trona (bicarbonato de soda natural) ha hecho que decaiga la demanda de bicarbonato de soda obtenido de la sal. Pequeñas cantidades de sal se utilizan para producir otros productos químicos como sodio metálico, sulfato de sodio, nitrito y nitrato de sodio, clorato de sodio, cianuro de sodio y bisulfato de sodio.

La sal encuentra aplicación en las industrias de productos alimenticios como las de envasado en lata, panadería, elaboración de harinas y otros alimentos, conservas cárnicas, preservación de pescados, productos lácteos y sazonamiento de alimentos. Se usa también en la nutrición animal como vehículo de minerales complementarios.

La industria del cuero utiliza la sal para curtir. La sal se emplea para derretir el hielo en las calles y carreteras. Se usa como fundente en la producción de aleaciones de aluminio de gran pureza, como agente de flotación en el beneficio de minerales y para estabilizar terrenos e impermeabilizar tanques de agua. La sal se usa también directamente en la fabricación de papel y pulpa. La sal, la alúmina y el ácido acético se usan para separar látex emulsificados en la producción de caucho sintético. La industria petrolera utiliza la sal para perforar cuando se prevé que hayan formaciones salinas subterráneas.

Las industrias textil y tintorera la usan para salar los materiales de teñir. La sal se emplea también para regenerar los purificadores de agua de intercambio de cationes, usados con fines municipales o domésticos.

A medida que se extienden las fronteras de la industria de productos químicos, se descubren constantemente nuevas aplicaciones para la sal y sus derivados. Seguramente la sal desempeñará un papel todavía más importante en el futuro.

D. La industria de sal solar: La producción de sal comun es una de las industrias más antiguas y más amplimente distribuidas del mundo. La sal se produce explotando yacimientos de roca sólida, y por medio de la evaporación de agua de mar, lagos, esteros y salmueras subterráneas. La evaporación representa más del 50% de la actual producción de sal.

Los oceànos son la mayor fuente de cloruro sòdico, con màs del 50% de la producciòn mundial de hoy. Las reservas de los mares se estiman en 50 billones de toneladas. Por ser de utilidad en la presentaciòn que sigue, se listan a continuaciòn los elementos màs importantes que se encuentran en el agua de mar.

Elementos Quìmicos que Contiene el Agua de Mar

ELEMENTO	CONCENTRACION (PARTES POR MILLON)
CLORO	19 000
SODIO	10 500
MAGNESIO	1 360
AZUFRE	885
CALCIO	400
POTASIO	380
BROMO	65

Principales sustancias quìmicas en un litro de agua de mar

Sales disueltas (por òrden de precipitaciòn)	Concentraciòn (gm/litro)	Porcentaje del peso total de las sales disueltas
Carbonato càlcico ($CaCo_3$)	0.12	0.34
Sulfato càlcico ($CaSo_4$)	1.26	3.61
Cloruro sòdico ($NaCl$)	27.21	77.74
Sulfato magnèsico ($MgSo_4$)	1.66	4.74
Cloruro potàsico (KCl)	0.86	2.46
Cloruro magnèsico ($MgCl_2$)	3.81	10.88
Bromuro magnèsico ($MgBr_2$)	0.08	0.23

El cloruro sódico, también llamado halita, predomina, constituyendo, en peso, el 80% del total de sales disueltas en el agua del mar. Un litro de agua de mar contiene 35 gm de sales disueltas, que le dan una gravedad específica de 1.034. Este valor fluctúa muy poco.

La salinidad del agua del mar depende de cierto número de factores, como ubicación, estación del año, temperatura y dilución por la entrada de ríos. Es más baja en las riberas y estuarios que mar adentro. A pesar de que la salinidad varía, la proporción relativa de los elementos disueltos en ella es siempre
la misma en cualquier lugar del mundo, durante todas las estaciones y, según los geólogos, a través de todas las épocas.

Para fabricar sal y sus subproductos por medio de la evaporación solar del agua del mar es necesario conocer tanto la composición química de esa agua como la química de fases.

En el estudio de la química de fases, la concentración de la salmuera se expresa en la escala de Baumé, que se define de la siguiente forma:

$$^{\circ}Be = 145 - \frac{145}{\text{Gravedad específica de la salmuera a } 15.6^{\circ}C}$$

Las diferentes sales disueltas en el agua de mar se precipitan según el grado de concentración. Existe una separación de las sales durante la evaporación progresiva del agua de mar.

La evaporación del agua de mar puede dividirse en cuatro fases.

La primera fase comprende de los 3°Be a los 13°Be. En la primera fase la mayoría de los carbonatos se precipitan como sales de hierro, magnesio y calcio. El carbonato férrico y el carbonato magnésico cristalizan completamente a los 13°Be; el carbonato cálcico cristaliza hasta en un 90%, mientras que el 10% restante se precipita a los 15°Be, o sea en la fase siguiente.

La segunda fase va de los 13° a los 25.4°Be. Se centra alrededor del yeso. Este cristaliza agujas de $CaSo_4.2H_2O$, desde los 13° hasta los 16.4°Be y de ahí en adelante como anhidrita $CaSo_4$; el 85% del sulfato cálcico presente se precipita en esta fase. La precipitación del 15% restante se reparte entre la tercera y cuarta fases, en cantidades que van disminuyendo hasta que la evaporación termina. El yeso se utiliza para producir cemento y yeso blanco. También se utiliza en las fábricas de sal solar, ya que sus cristales se usan para pavimentar el piso de los estanques, evitando la infiltración de la salmuera por el suelo.

La tercera fase se extiende de los 25.6 a los 30°Be. En esta fase se precipita la sal común. La cristalización comienza a los 25.6°Be y su ritmo aumenta rápidamente en las etapas iniciales. El 72% de la cantidad total se precipita a los 29°Be y el 79% a los 30°Be. A niveles más altos de salinidad, la cristalización se demora considerablemente y sólo se completa cuando concluye la evaporación. La concentración a la que comienza a cristalizarse el cloruro de sodio se llama punto de salación y el líquido madre se llama en este punto "salmuera". Al término de esta fase, cuando la concentración es de 30°Be, al líquido se le llama agua madre (en inglés bittern, por su característico sabor amargo.)

ANEXO A-3: Producción de sal en Guatemala y Honduras

CUADRO 9	Producción Anual de Sal en Guatemala (Toneladas Métricas)	
1978	(1)	24901
1979	(1)	20636
1982	(2)	29545
1983	(1)	32000
1984	(1)	24132
1985	(3)	31800

CUADRO 10	Importación de la Sal en Guatemala (1)	
Año	TONELADAS METRICAS	$CA X 10^3
1978	19 932	763.2
1979	18 314	920.9
1980	19 568	1 967.8
1981	28 573	3 956.5
1982	7 815	1 025.4
1983	14 845	1 860.7
1984	6 964	869.0
1985	8 500	1 075.0

CUADRO 11	Producción de Sal en Honduras (4) (Toneladas Métricas)		
PERIODO	SAL SOLAR Salinas con ladrillo	SAL SOLAR Salinas con plástico	SAL COCIDA
1984-85	14 601	-	4 816
1985-86	3 113	568 (*)	2 340

(*) Representa el 10% de la sal producida en el año
(1) CORFINA (Ref. 6, Anexo A-1)
(2) Prensa de Guatemala
(3) OPS
(4) Delegación del ICAITI en Honduras

CUADRO 12 Resultados de Encuesta Hecha en las Salinas de Sipacate, Guatemala (1985). Salinas con Patios Cubiertos de Plástico Negro.

No.	Area Cubierta con Plástico m^2	No. Rollos Plástico Negro (*)	Producción qq/día (**)	Precio Venta 1984 Q/99	Precio Venta 1985 Q/qq	Número Empleados	Grados Baumé
1	1287	5	1.5	4.0	6.00	1	16.0
2	1716	6	4.0	4.5	6.00	2	18.0
3	326	0	8.0	**	**	5	17.0
4	2288	8	6.0	4.5	0.00	2	22.5
5	1001	4	3.5	0.0	***	3	20.0
6	1716	6	5.0	0.0	4.25	2	24.0
7	17160	60	3.0	0.0	4.75	2	20.0
8	10286	36	4.0	0.0	4.00	2	21.0
9	1859	7	4.0	5.0	4.00	0	15.0
10	2574	9	4.0	6.0	4.00	3	17.5
11	2574	9	5.0	0.0	4.50	2	18.0
12	6006	21	13.5	0.0	4.50	4	19.0
13	5148	18	15.0	5.0	4.00	4	15.0
14	2288	9	8.0	0.0	4.12	2	14.0
15	2288	8	6.0	0.0	4.00	1	15.0
16	4290	15	12.0	0.0	4.25	5	18.5
17	700	0	4.0	5.8	4.00	1	11.0
18	874	0	4.0	0.0	4.50	2	19.0
19	1716	6	5.5	0.0	4.25	2	19.5
20	1144	4	3.0	0.0	4.00	6	12.0
21	4290	15	12.0	0.0	4.85	4	18.5
22	3146	0	10.0	6.0	4.25	2	14.0
23	858	3	3.0	0.0	4.00	2	17.0
24	2574	9	8.0	0.0	4.85	3	17.5
25	2860	10	8.5	0.0	4.00	3	18.0
26	2288	8	7.5	0.0	4.25	2	19.0
27	2860	10	9.0	0.0	4.00	3	17.5
28	4004	14	0.0	0.0	4.00	5	19.0
29	2288	8	4.0	0.0	4.12	5	18.0
TOTAL	92419	306	181			80	
PROMEDIO	3187	12	6.5	5.1	4.31	3	17.0

(*) Cada rollo cubre 286 m^2 de terreno
(**) 1 qq = 1 quintal = 45.4 kg

CUADRO 13 Resultados de Encuesta Hechaen las Salinas de Sipacate, Escuintla, Guatemala. Salinas con Patios Cubiertos con Ladrillo de Barro.

No. de Clasificación	Area Asoleadores m^2	Area Cristalizadores m^2	Producción qq/día	Inversión en patios cristalizadores,	Precio venta 1985 /libra	Número Empleados	Concentración al finalizar asoleaderos grados Baune	Area Total útil m^2
1	40,000	5,000	50	25,000	4.50	8	17	45,000
2	30,000	3,500	20	17,500	4.00	6	14	33,500
3	50,000	2,100	60	10,500	3.50	9	00	52,100
4	70,000	10,000	No Informó	50,000	No Informó	No Informó	No Informó	80,000
5	3,000	425	No Informó	2,125	3.75	3	14	3,425
6	240,000	34,500	68	150,000	No Informó	41	17	274,500
7	72,000	10,300	60	51,000	No Informó	8	17	82,300
8	80,000	11,300	80	565,000	4.00	15	No Informó	91,300
TOTAL	585,000	77,125	338	871,125		90		662,125
PROMEDIO	73,125	9,641	56	108,953	3.95	13	16	82,766

1 qq = 100 lbs = 45.4 kg

ANEXO A-4 Producción Mundial de Sal por Países
(en miles de toneladas métricas)
Fuente: US Bureau of Mines Minerals Year Book

País	1978	1979p	1980e
AMERICA			
Bahamas	1636	441	685
Canadá	6465	6895	7044
Costa Rica	35	46	40
República Dominican	38	38	38
El Salvador	27	27	27
Guatemala	11	15	10
Honduras	32	32	32
Islas de Barlovento y Sotavento	50	50	50
México	5647	5636	6000
Antillas Neerlandesas	400	400	400
Nicaragua	18	18	20
Panamá	15	19	19
Estados Unidos, Incluido Puerto Rico			
Sal de Roca	13352	13537	10734
Otras Sales:			
Estados Unidos	25619	28092	25949
Puerto Rico	25	25	25
Argentina:			
Sal de roca	1	1	1
Otras sales	701	563	627
Brasil	2733	2806	3000
Chile	395	591	500
Colombia:			
Sal de roca	178	176	173
Otras sales	575	459	445
Perú	493	451	500
Venezuela	158	155	244
EUROPA			
Albania	50	64	68
Australia:			
Sal de roca	1	1	1
Sal evaporada	322	381	411
Sal de salmuera	156	208	200
Bulgaria	87	86	122
Checoslovaquia	258	272	273
Dinamarca	325	381	382
Francia:			
Sal de roca	459	574	301
Sal de salmuera	1105	1191	1115
Sal Marina	865	1805	1277
Sal en solución	3867	4504	4424

República Democrática Alemana:			
Sal de roca	2694	3004	3091
Sal de marina	53	55	56
República Federal de Alemania			
Comercializable:			
Sal de roca	6860	8978	7909
Sal marina y otras sales	5824	6143	6091
Grecia	134	155	155
Islandia	4	4	4
Italia:			
Sal deroca y de salmuera	3729	4499	4005
Sal marina	1213	1181	1273
Malta	1	1	1
Paises bajos	2945	3959	3471
Polonia:			
Sal de roca	1438	1461	1091
Otras sales	2964	2977	2273
Portugal			
Sal de roca	327	408	409
Sal marina	149	150	127
Rumania:			
Sal de roca	1661	1654	1655
Otras sales	3088	3076	3073
España:			
Sal de roca	1418	1420	1455
Sal marina y otras sales evaporadas	1280	1263	1355
Suiza	392	392	369
URSS	14527	14327	14527
Reino Unido:			
Sal de roca	1314	1593	1600
Sal de salmuera	1764	1919	2000
Otras sales	4248	4324	3000
Yugoeslavia			
Sal de roca	85	137	0
Sal marina	21	21	378
Sal de salmuera	193	193	0
AFRICA			
Argelia	172	165	173
Angola	50	50	50
Benin	4	4	4
Egipto	756	617	700
Etiopia:			
Sal de roca	10	15	15
Sal marina	50	93	91
Ghana	50	50	50
Kenia:			
Bruta	20	20	20
Refinada	12	12	12
Libia	15	10	10
Madagascar	30	30	30
Mali	5	5	5
Mauritania	1	1	1
Mauricio	6	6	6
Marruecos	35	102	105

Mozambique	28	28	28
Namibia (sal marina)	227	227	227
Niger	1	3	3
Senegal	140	140	140
Sierra Leona	182	182	182
Somalia	27	30	30
República Sudafrica	491	540	568
Sudán Tanzania	20	37	36
Togo	1	1	1
Túnez	426	440	437
Uganda	1	1	1
ASIA			
Afganistán	81	20	5
Bangdalesh	787	675	700
Birmania	305	258	269
China:			
Continental	19571	14801	17316
Taiwán	341	367	724
Chipre	0	6	7
India:			
Sal de roca	5	5	5
Sal marina	6710	7046	7213
Indonesia	235	708	656
Irán	700	700	600
Iraq	82	100	91
Israel	122	107	110
Japón	1075	1093	1091
Jordania	30	25	30
Kapuchea	12	26	30
Corea Septentrional	545	545	573
Kuwait	19	19	20
Laos	15	18	20
Líbano	12	10	12
Mongolia	15	15	15
Pakistán:			
Sal de roca	414	513	500
Otras sales	227	193	200
Filipinas	226	339	354
Sri Lanka	150	122	127
Siria	109	75	82
Tailandia:			
Sal de roca	12	11	12
Otras sales	164	164	164
Turquía	931	1133	1091
Vietnam	532	527	518
República Arabe del Yemen	27	64	65
República Democrática Popular del Yemen	75	75	80
OCEANIA			
Australia:			
Sal marina y de salmuera	5778	5812	5326
Nueva Zelandia	65	70	73
TOTAL	166629	166564	166564

ANEXO A-5 Campañas Promocionales del Proyecto

1. ENSEÑANZA Y CAPACITACION

GUATEMALA

1.1 Conferencias promocionales

- Conferencia sobre uso de plástico negro en salinas, dirigida a ANSAL (Asociación Nacional de Salineros), Escuintla 1984.

1.2 Cursillos

- Cursillo "Producción de sal con técnicas mejoradas", Quetzaltenango. 1987

1.3 Visitas guiadas

- Visita de salineros del Puerto San Lorenzo y Nacaome (Honduras) a las salinas ubicadas en Tahuexco y Sipacate, 1985.

1.4 Capacitación

- Capacitación al propietario de la salina "Brisas del Mar", Tahuexco, Suchitepéquez, 1985.

1.5 Consultoria

- OCREN, Ministerio de Agricultura y Ganaderia, 1986.

- CORFINA, 1986.

HONDURAS

1.6 Conferencias promocionales

- Conferencia sobre producción de sal solar, dirigida a CDI/PTR, RENARE, COHDEFOR Y ASOCIACION DE SALINEROS DE SAN LORENZO, 1983.

1.7 Capacitación

- Capacitación a tres propietarios de salinas en el puerto de San Lorenzo, 1985.

- Capacitación a un propietario de salina en Nacaome. 1985.

- Capacitación a un técnico extensionista de CD/PTR.

2. ARTICULOS PUBLICADOS EN PERIODICOS Y BOLETINES (varios, páginas siguientes)

3. ASISTENCIA TECNICA

GUATEMALA

- Salinas Chang. Propietario: José Chang, Sipacate, Escuintla.
- Salinas del Sur. Propietario: Rodolfo Rámila. Puerto San José, Escuintla.
- Salinas Brisas del Mar. Propietario: Héctor Ortiz, Tahuexco, Suchitepéquez.
- Salina Carazo. Propietario Sr. Carazo, Sipacate, Escuintla.

HONDURAS

- Salina Presa del Delfín. Propietario Jacinto Pineda. Puerto San Lorenzo, Valle.

- Salinas sin nombre (dos). Vecinos de salina Presa del Delfín.

- Salina sin nombre. Nacaome.

ANEXO A-6 **Lista de informes técnicos y otras publicaciones del ICAITI correspondientes al Proyecto Leña y Fuentes Alternas de Energía.**

1) PUBLICACIONES EN EL PERIODO 1980-1987

	Título	Año	Precio (US$)
-	Leña y Fuentes Alternas de Energía: Estudios sobre leyes y políticas en América Central	1983	3.00
-	Manual de Construcción y Operación. Planta de biogás	1983	2.00
-	Manual de Construcción y Operación. Planta económica de biogás	1983	2.00
-	Biogás: Información general	1983	2.00
-	Informe Técnico de Biogás. Ensayos de sustrato)	1984	2.00
-	Aplicaciones de Biogás y Bioabono	1985	2.00
-	Digestor para biogás. Construcción Convencional (Hoja de datos técnicos)	1984	0.50
-	Digestor para biogás. Construcción de bajo costo (Hoja de datos técnicos)	1985	0.50
-	Estufas domésticas: Pruebas de Eficiencia Energética	1984	3.00
-	Estudio sobre la introducción y adopción de estufas de leña en cinco comunidades de Guatemala	1983	3.00*
-	Manual de Construcción y Operación Estufa Chulah	1983	2.00*
-	Manual de Construcción y Operación Estufa Lorena	1983	2.00
-	Estufa de Cerámica. Manual de construcción y operación	1985	2.00

* Publicación agotada; disponible solamente en fotocopia.

Publicaciones en el período 1980-1987 (Cont.)

	Título	Año	Precio (US$)
-	Manual para estufas de uso colectivo. Construcción y Operación	1984	2.00
-	Producción de panela, con bagazo de caña	1987	2.00
-	Informe del desarrollo de una estufa de cerámica	1985	2.00
-	Colector solar plano. Manual para la fabricación	1986	2.00
-	Aplicaciones de energía solar	1983	3.00
-	Secado solar de granos.	1985	3.00
-	Secadores solares Carpa y Wengert Construcción-uso-mantenimiento	1985	2.00
-	Secado de madera	1986	2.00
-	Conservación de productos marinos	1985	2.00

2. INFORMES FINALES, DISPONIBLES A PARTIR DE 1988

	Título	Precio (US$)*
-	Aprovechamiento energético de biogás	3.00
-	Digestor para biogás, construcción convencional	4.00
-	Digestor para biogás, construcción de bajo costo	3.00
-	Digestores especiales para biogás	3.00
-	Aprovechamiento de efluentes de biodigestores	4.00
-	Horno de leña para cal	2.00
-	Horno de leña para producción de sal	2.00
-	Estufas domésticas mejoradas: cerámica prefabricada	4.00
-	Estufas industriales de leña	3.00
-	Estufas domésticas mejoradas: Lorena y similares	3.00
-	Hornilla para panela	3.00
-	Hornos de leña para pan	4.00
-	Hornos para ladrillos	3.00
-	Hornos para carbón vegetal	6.00
-	Gasificador de biomasa	3.00
-	Uso de energía solar y biogás para pasteurizar leche	3.00
-	Pequeño secador para piña (Solar-combustión)	3.00

* Abril, 1989

Publicaciones disponibles en 1988 (Cont.)

	Título	Precio (US$)*
-	Secador para cacao y granos Solar-combustión	2.00
-	Secado de madera aserrada. Solar-combustión	4.00
-	Calentador solar para agua	5.00
-	Salinas solares	3.00
-	Secamiento solar de pescado	4.00
-	Curado solar de cebolla	3.00
-	Secado solar de leña y bagazo de caña	3.00
-	Secadores solares para fruta	5.00

* Abril, 1989