

DESTILADORES SOLARES UNIFAMILIARES PARA "TELARITOS"  
CATAMARCA: DISEÑO Y ENSAYOS PRELIMINARES#

A. Iriarte\*, I. Golomb, J. Sequi, S. B. de Biagi R. Vargas y A. Sanz

INENCO", Unidad de Investigación Catamarca"

Facultad de Ciencias Agrarias  
C.C. 189 - 4700 - Catamarca

M. Paviotti y M. S. de Rodríguez

Obras Sanitarias Catamarca

RESUMEN

Un serio problema que se presenta en algunas localidades rurales de Catamarca es la carencia de agua en condiciones aceptables de potabilidad debido fundamentalmente a su elevado contenido salino. La baja densidad de población, así como su dispersión no permite concentrar la producción de agua potable en un determinado lugar sino por el contrario buscar soluciones unifamiliares de costo razonables y de tecnología apropiada para estas zonas.

En el presente trabajo se describe los diseños de tres prototipos de destiladores simple invernadero utilizando los siguientes materiales:

1. Ladrillo cerámico hueco
2. Bloque prensado de suelo-cemento
3. Adobe estabilizado

En todos los casos se mantuvo la misma inclinación de los vidrios y el mismo sistema de carga, clasificación y descarga.

Durante los ensayos que se describen en el presente trabajo se fueron corrigiendo detalles de armado y se probaron distintas alternativas de aislamiento hidrófuga pinturas básicas y finales de la superficie evaporadora.

Se analiza la producción diaria y eficiencia de cada módulo durante un periodo seleccionado.

CONSIDERACIONES GENERALES

Una amplia región de la provincia de Catamarca, localizada principalmente en el Sur y Sur-este de la misma presenta el serio problema de la carencia de agua en condiciones aceptables de potabilidad para consumo humano, debido fundamentalmente a su elevado tenor salino, llegando incluso a condicionar en algunas zonas, su utilización en explotaciones agropecuarias.

Miembro de la carrera de investigador del CONICET

Unidad de Investigación Catamarca del INENCO  
Convenio O.S.C.-UNCa.

Por lo general, las fuentes alternativas de provisión de agua que se tiene en dicha región la constituyen las napas subterráneas y la colección del agua de lluvia.

La primera, con napas freáticas marcadamente influenciadas por la proximidad de las Salinas Grandes, si bien muestra un bajo contenido de materia orgánica en suspensión la concentración de Sulfatos y Cloruros determinados por análisis químico, supera los límites tolerables de consumo.

Este índice de concentración elevado por lo general disminuye en la época estival, probablemente como consecuencia de que la recarga de los acuíferos durante el período de máxima precipitación, produce un efecto de dilución.

El contenido de Sulfatos, además de conferirle sabor desagradable al igual que los Cloruros, provoca afecciones gastrointestinales que en los meses de mayor concentración provoca incluso la muerte del ganado vacuno. Además, los análisis químicos muestran una concentración de Fluor que supera el límite tolerable según las especificaciones para agua de bebida y esto produce a menudo una serie de alteraciones de carácter endémico que se conocen con el nombre de "Fluorosis".

El agua de lluvia que puede colectarse y almacenarse en aljibes y represas, durante los períodos de máxima precipitación, presenta generalmente problemas de conservación debido a la contaminación ya sea por bacterias propias del agua como de bacterias y virus provenientes de la tierra y de la flora intestinal de los animales que entran a beber dentro de la represa. Exámenes bacteriológicos realizados sobre muestras extraídas de represas y pozas precarias relevados en la región, las califican como no aptas para consumo.

Por estas razones expuestas, la población rural depende del agua potable que recibe de otras poblaciones y cuyo suministro se realiza por medio de camiones cisternas, muchas veces desde distancias

DESTILADORES SOLARES UNIFAMILIARES PARA "TELARITOS"  
CATAMARCA: DISEÑO Y ENSAYOS PRELIMINARES#

A. Iriarte\*, I. Golomb, J. Sequi, S. B. de Biagi R. Vargas y A. Sanz

INENCO", Unidad de Investigación Catamarca"

Facultad de Ciencias Agrarias  
C.C. 189 - 4700 - Catamarca

M. Paviotti y M. S. de Rodríguez  
Obras Sanitarias Catamarca

RESUMEN

Un serio problema que se presenta en algunas localidades rurales de Catamarca es la carencia de agua en condiciones aceptables de potabilidad debido fundamentalmente a su elevado contenido salino. La baja densidad de población, así como su dispersión no permite concentrar la producción de agua potable en un determinado lugar sino por el contrario buscar soluciones unifamiliares de costo razonables y de tecnología apropiada para estas zonas.

En el presente trabajo se describe los diseños de tres prototipos de destiladores simple invernadero utilizando los siguientes materiales:

1. Ladrillo cerámico hueco
2. Bloque prensado de suelo-cemento
3. Adobe estabilizado

En todos los casos se mantuvo la misma inclinación de los vidrios y el mismo sistema de carga, clasificación y descarga.

Durante los ensayos que se describen en el presente trabajo se fueron corrigiendo detalles de armado y se probaron distintas alternativas de aislamiento hidrófuga pinturas básicas y finales de la superficie evaporadora.

Se analiza la producción diaria y eficiencia de cada módulo durante un periodo seleccionado.

CONSIDERACIONES GENERALES

Una amplia región de la provincia de Catamarca, localizada principalmente en el Sur y Sur-este de la misma presenta el serio problema de la carencia de agua en condiciones aceptables de potabilidad para consumo humano, debido fundamentalmente a su elevado tenor salino, llegando incluso a condicionar en algunas zonas, su utilización en explotaciones agropecuarias.

Miembro de la carrera de investigador del CONICET  
Unidad de Investigación Catamarca del INENCO  
Convenio O.S.C.-UNCa.

Por lo general, las fuentes alternativas de provisión de agua que se tiene en dicha región la constituyen las napas subterráneas y la colección del agua de lluvia.

La primera, con napas freáticas marcadamente influenciadas por la proximidad de las Salinas Grandes, si bien muestra un bajo contenido de materia orgánica en suspensión la concentración de Sulfatos y Cloruros determinados por análisis químico, supera los límites tolerables de consumo.

Este índice de concentración elevado por lo general disminuye en la época estival, probablemente como consecuencia de que la recarga de los acuíferos durante el período de máxima precipitación, produce un efecto de dilución.

El contenido de Sulfatos, además de conferirle sabor desagradable al igual que los Cloruros, provoca afecciones gastrointestinales que en los meses de mayor concentración provoca incluso la muerte del ganado vacuno. Además, los análisis químicos muestran una concentración de Fluor que supera el límite tolerable según las especificaciones para agua de bebida y esto produce a menudo una serie de alteraciones de carácter endémico que se conocen con el nombre de "Fluorosis".

El agua de lluvia que puede colectarse y almacenarse en aljibes y represas, durante los períodos de máxima precipitación, presenta generalmente problemas de conservación debido a la contaminación ya sea por bacterias propias del agua como de bacterias y virus provenientes de la tierra y de la flora intestinal de los animales que entran a beber dentro de la represa. Exámenes bacteriológicos realizados sobre muestras extraídas de represas y pozas precarias relevados en la región, las califican como no aptas para consumo.

Por estas razones expuestas, la población rural depende del agua potable que recibe de otras poblaciones y cuyo suministro se realiza por medio de camiones cisternas, muchas veces desde distancias

considerables. Ante ésta situación, Obras Sanitarias Catamarca, aprovechando el convenio de cooperación técnica existente entre el Gobierno Provincial y la Universidad Nacional de Catamarca, firmó un acuerdo de trabajo por el cual la Facultad de Ciencias Agrarias, a través del INENCO-UDICA., se compromete a realizar estudiantines a desarrollar Destiladores Solares unifamiliares para la provisión de agua potable en las zonas afectadas, poniendo especial énfasis en la adaptabilidad de la tecnología a desarrollar a la realidad socio-económica de la población rural.

## DESARROLLO DEL TRABAJO

En función de la experiencia lograda por la Unidad en el desarrollo y aplicación de tecnología de aprovechamiento de energías no convencionales se elaboró un proyecto que contempla dos etapas: una primera etapa prevee la transferencia inmediata de tecnología de eficiencia comprobada en otras regiones, pero adaptándola a las condiciones climáticas y socio-económicas de la zona. En la segunda etapa se estudiará el desarrollo de nuevos sistemas de alta eficiencia mediante el empleo de acumuladores térmicos tipo poza solar, muros colectores y lechos acumuladores para destiladores de uso comunitario.

Después de la evaluación integral de la región que presenta problemas más acentuados de carencia de agua potable, los técnicos de Obras Sanitarias y de la Universidad, coincidieron en comenzar la primera etapa de transferencia en la localidad de Telaritos, Departamento Capayán, situada aproximadamente a 130 Km. al sud-este de San Fernando del Valle de Catamarca. A fin de adecuar la transferencia a las reales necesidades de dicha población, se hizo una evaluación de los sistemas de captación de aguas actuales y las condiciones en que se encuentra, haciendo un relevamiento de los pozos y represas existentes y se tomaron muestras de agua para determinar su calidad química y bacteriológica. Posteriormente se consultó con los pobladores respecto a sus necesidades diarias de agua y a la modalidad de uso de la misma a fin de tener parámetros reales para dimensionar los destiladores unifamiliares y aconsejar a los usuarios sobre el uso racional del agua potable.

En función de los datos recabados se decide iniciar el desarrollo del proyecto según dos líneas principales de experimentación:

a) Selección y evaluación de distintos materiales que muestran aptitud para la construcción de destiladores, fáciles de obtener o elaborar en la zona de acuerdo a la capacidad de mano de obra existente.

b) Diseño de variantes modulares que responden a las características de los materiales seleccionados en a) que se adapten a las condiciones climáticas y socio-económicas de la población.

Por ello la primera fase del trabajo se inició dentro de la Unidad de Investigación, en el ámbito de la Universidad Nacional de Catamarca, con personal propio de la Unidad y el apoyo de personal y equipos de Obras Sanitarias Catamarca, incluyendo un técnico idóneo en el tema cedido pa-

ra este proyecto por el I.P.V. (Instituto Provincial de la Vivienda).

De la selección de los distintos materiales factibles de usar en la construcción de destiladores se decide iniciar con tres prototipos experimentales tipo simple invernadero, y cuyos materiales de base son: 1) Ladrillo cerámico hueco; 2) Bloque prensado de suelo-cemento; 3) Adobe estabilizado. Además se instalaron destiladores de poliuretano que ya fueron ensayados y evaluados por la CNIE (1) para comprobar su funcionamiento y adaptabilidad a la región, y a la vez para tener un patrón de comparación en la evaluación de los otros modelos mencionados.

## CARACTERISTICAS DE CONSTRUCCION Y DISEÑO

En todos los casos se mantiene similar el ancho de la superficie evaporadora, como así también la orientación y la pendiente de la superficie vidriada (12°). Se diseñó y construyó un sistema de carga y dosificación automática para la provisión de agua a cada uno de los modelos en ensayo, constituido por un recipiente de polietileno semirígido de aproximadamente 3 litros de capacidad y un flotante-válvula de uso sanitario que recibe el agua a tratar de un tanque sobreelevado de fibrocemento de 50 litros de volumen total.

La regulación del dosificador se realiza ajustando el nivel del flotante para mantener un espesor constante, prefijado, de la película de agua en el interior del destilador.

Durante el período de construcción y armado, se probaron distintas condiciones alternativas de aislación hidrófuga y pinturas de base y finales de la superficie evaporadora para seleccionar aquellas de mejor comportamiento. Los materiales constitutivos de la estructura básica fueron evaluados en cuanto a sus condiciones de estabilidad, aislación térmica y acabado de la superficie exterior en repuesta a eventuales daños físicos por impactos y/o erosión.

Además tanto en el diseño como en la ubicación de los prototipos experimentales se consideraron los detalles que favorezcan la libre circulación y acceso a los sistemas de regulación y limpieza.

También se dotó a cada prototipo de un sistema de rápida evacuación y colección del agua de lluvia en el área de la planta para el aprovechamiento de la misma en distintos usos alternativos (mezcla con agua destilada, consumo directo, limpieza, etc.). Fig. Nº 1

1) Destilador con base de ladrillo cerámico hueco: (Unidad L.H): Presenta una superficie de evaporación de 2,50 m<sup>2</sup>, con base baja de ladrillos cerámicos huecos de 18 x 18 x 25 cm (con agujeros) de fabricación standart, asentados en mortero común de albañilería. Toda esta estructura se asienta sobre un contrapiso simple

cascotes aglomerados con cal común y sin capa aisladora horizontal. Las paredes fueron revocadas exteriormente con mortero de albañilería y la superficie interna de evaporación, perfectamente nivelada en el plano horizontal se construyó de concreto, estucado y terminada con un recubrimiento de base múltiple con neopreno rojo aplicada a pincel y final de hypalon negro.

Toda la red de distribución y circulación de agua es de caño polipropileno rojo de 1/2" y 1". Presenta además, una canaleta de chapa galvanizada, estratégicamente ubicada, para receptor y conducir el agua de lluvia de toda el área externa de la unidad.

La canaleta interna, colectora del agua destilada se realizó con un caño de polipropileno de 1" de diámetro, seccionado longitudinalmente y asentado sobre un zócalo de mortero y cascotes con una pendiente aproximada del 1%.

La superficie de condensación está constituida por un vidrio tipo "doble" de 3mm de espesor, montado sobre perfiles de hierro T de 15 x 15mm y sellados con goma siliconada.

#### 2) Destilador con base de bloque de suelo-cemento (Unidad S.C.)

Este prototipo presenta una superficie neta de evaporación de 5 m<sup>2</sup>, con base y caja de bloques prensados de suelo-cemento de 29 x 14 x 10 cm, elaborados por la Unidad de Investigación con máquina moldeadora-prensadora tipo Cinva-Ram de accionamiento manual, que le confiere al bloque un alto grado de compacidad, con caras perfectamente definidas así como un volumen y dimensiones iguales y constantes. Para tal fin se utilizó un suelo de textura adecuada, procedente de yacimientos locales, mezclado y homogeneizado con cemento portland común en una proporción del 12,5% en volumen seco. Esta mezcla se lleva posteriormente a la humedad de moldeo, determinada en nuestro caso en forma empírica hasta encontrar el punto óptimo.

Para asentar los bloques se utilizó un mortero de suelo-cemento de mayor plasticidad y con 2% más de cemento que en el caso de los bloques, para compensar la falta de compresión en las juntas.

El contrapiso es de suelo-cemento compactado por capas y no se hizo ningún tipo de capa aisladora.

La superficie de evaporación es de concreto en una proporción 1:4 (una parte de cemento por cuatro partes de arena), terminado a frataz y fieltro de espuma de goma. No fue estucado para facilitar la adherencia de la pintura hidrófuga. Esta superficie está asentada sobre un relleno base de suelo-cemento masivo al 10%, compactado por capas. Sobre este relleno y antes de la carpeta hay un barrido cementicio (lechada) que también se aplicó a las paredes exteriores en todo el perímetro del destilador.

La carpeta de evaporación se complementa con un zócalo vertical, impermeable, de 0,10m de alto.

En lo que respecta a superficie de condensación cañerías de conducción y canaleta de recolección y conducción del agua de lluvia son similares a la unidad descrita anteriormente.

#### 3) Destilador con base de adobe estabilizado (Unidad A.E.)

De igual que el prototipo anterior presenta una superficie de evaporación de 5m<sup>2</sup>. La base y la caja son de adobes estabilizados de 28 x 14 x 10 cm, moldeados a mano en la forma que tradicionalmente lo hace la gente del lugar. Para ello se utiliza un suelo de características apropiadas amasado con agua y al cual se le agrega en una proporción del 2 al 3% en peso, un agente hidrófugo consistente en una emulsión asfáltica hidrosoluble denominada EBM-1. De acuerdo a las características electro-químicas del suelo, debe utilizarse una emulsión catiónica o aniónica, aunque los ensayos realizados con los suelos de la zona por lo general resulta más apta la primera. A fin de mejorar la aglutinación de la pasta se agrega a la misma paja seca cortada adecuadamente o bien viruta de madera.

El mortero de asiento de los adobes es también de suelo-asfalto con un grado de plasticidad superior al del adobe.

La caja interior de la estructura se rellena con suelo-cemento compactado por capas, al 10% en peso.

Como variante a los prototipos anteriores se interpuso una carpeta impermeable de concreto hidrófugo de 2cm en toda el área abarcada por el destilador para evitar el ascenso de la humedad desde el terreno y del contrapiso. Sobre el relleno de la caja se construyó la superficie de evaporación con concreto hidrófugo dividida en 3 paños con junta de dilatación entre ellos rellenos con una masilla especialmente preparada por la unidad.

La superficie de condensación, tuberías de conducción y canaleta de recolección del agua de lluvia, son similares a los destiladores anteriormente descritos.

#### 4) Destilador con estructura completa de Poliuretano (Unidad P.U.)

Se ensayaron dos módulos distintos, el primero es una estructura cedida por la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales (CNIE), de 1m<sup>2</sup> de superficie de evaporación que fuera utilizado por este organismo en experiencias anteriores y se repasó totalmente en el taller de la Unidad de Investigación Catamarca.

Además la Unidad construyó otro módulo de 1.08 m<sup>2</sup> de superficie neta de evaporación con planchas de poliuretano de 7cm de espesor, ensambia

das y pegadas con goma siliconada. La superficie interior se impermeabilizó con la masilla especialmente preparada que se citó anteriormente.

### Resultados experimentales

En líneas generales el comportamiento experimental de los tres prototipos ensayados pueden considerarse satisfactorio. El gráfico N° 1 muestra los valores de producción diaria de agua destilada por m<sup>2</sup> de superficie de colección así como también la radiación horizontal y temperatura media ambiente, durante 24 días del mes de Setiembre/85. Como puede observarse, todos los destiladores incluido el prototipo de poliuretano responden en forma directa a la cantidad de radiación horizontal incidente, en mayor o menor grado de acuerdo a la inercia térmica de los sistemas. Así por ejemplo en la figura N° 2 (d) vemos que la producción diaria responden prácticamente en su totalidad a las horas diurnas debido a la aislación natural que tiene el poliuretano, siendo su producción nocturna muy escasa. En cambio los otros tres prototipos, como consecuencia de su mayor masa térmica, y menor aislación continúan produciendo durante las horas nocturnas en cantidades significativas.

Sin embargo se demuestra que esto no constituye una ventaja puesto que la energía acumulada no es devuelta durante la noche al agua para continuar con la evaporación, sino que por el contrario gran parte de la misma se pierde en otra dirección. Por esta razón, dada la condición aislante del poliuretano, la energía colectada no se conduce hacia el interior de su masa aprovechándose casi en su totalidad para producir la destilación. Esto se observa claramente en la figura N° 3 en donde a medida que aumenta el nivel de radiación horizontal incidente, son más eficientes que los destiladores que poseen menor masa térmica.

Desde el punto de vista del comportamiento físico de los materiales usados, el testigo de poliuretano tuvo serios inconvenientes ya que el mismo no soportó los niveles de radiación incidente produciéndose ampollas y deformaciones en la superficie expuesta, lo que se tradujo en una significativa disminución en el rendimiento de producción. En los otros prototipos, en cambio no se advirtió modificaciones durante 90 días de funcionamiento.

### Conclusión

Si bien el rendimiento y la producción diaria de los prototipos ensayados no puede considerarse importante, a nivel unifamiliar y teniendo en cuenta las necesidades de uso, los mismos respondieron satisfactoriamente.

Teniendo en cuenta la relación costo-eficiencia consideramos que el más adecuado es el prototipo de suelo-cemento, por cuanto si bien tiene una eficiencia algo menor al de ladrillo cerámico hueco, su costo es 3 a 4 veces inferior. Además la tecnología del suelo-cemento es totalmente accesible para que la comunidad la aplique en forma inmediata aumentando así la factibilidad de la di-

fusión en forma masiva entre los potenciales usuarios.

El adobe estabilizado, si bien no muestra grandes diferencias con respecto a los otros materiales (excluido el poliuretano), tiene el inconveniente que en algunas zonas más aisladas puede ser difícil contar con la solución asfáltica hidrosoluble para su preparación. Esto también es un impedimento para el uso del poliuretano puesto que considerando que se puede trabajar con recubrimientos específicos para evitar su destrucción por alta radiación, la tecnología a emplear no estaría al alcance de la comunidad.

El agregado de una capa aislante por debajo de la superficie de evaporación para evitar la conducción del calor hacia el resto de la masa, permitirá elevar la eficiencia a valores similares al de poliuretano.

### Referencia

(1) Sañudo y Abascal, B.; Mikelman J. et al "Proyecto y construcción de un módulo desalinizador solar" - CNIE, Informe final, 1982.

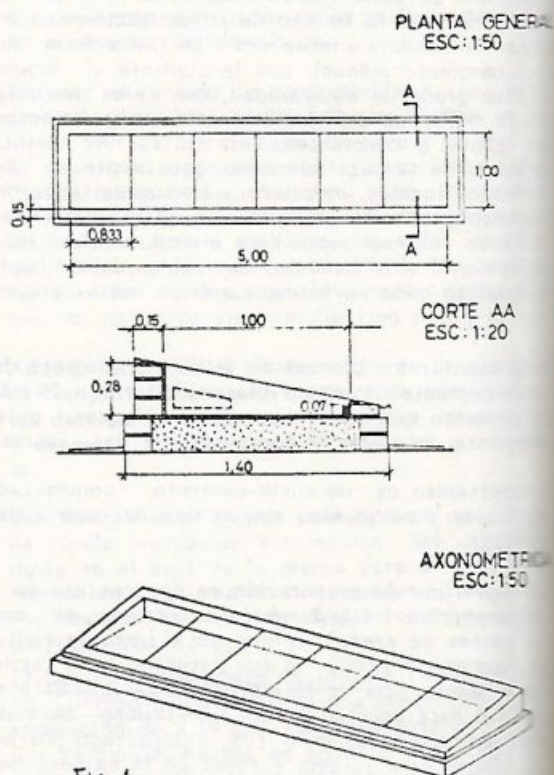


Fig. 1

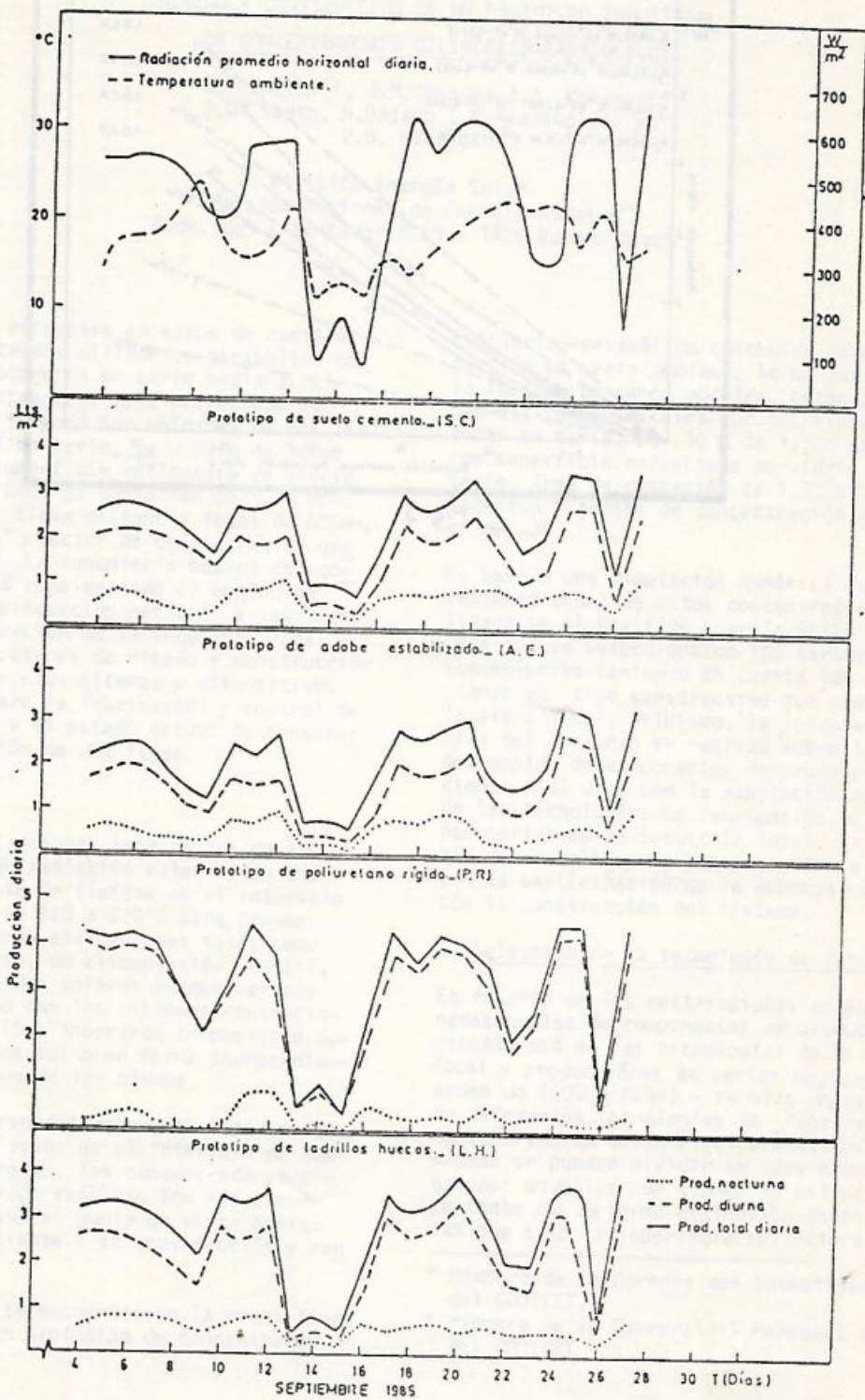


Fig. 2

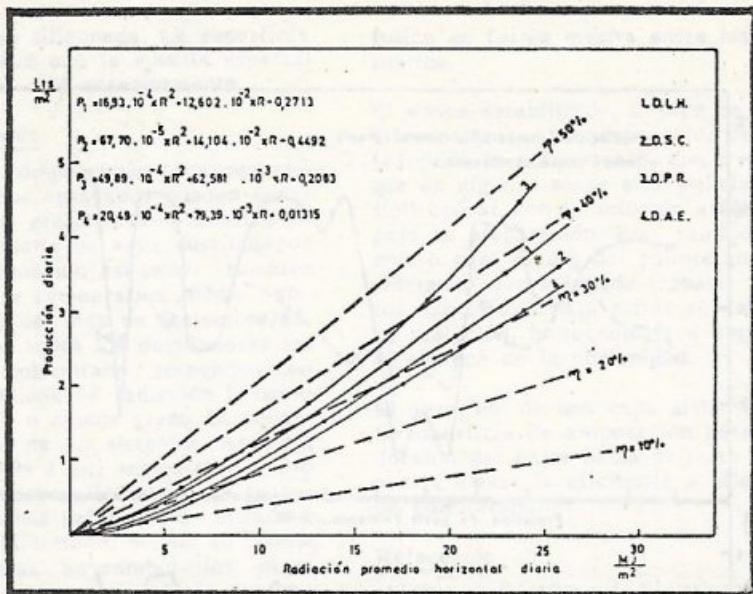


Fig. 3