

## CAPITULO V I I . - PANORAMA MUNDIAL Y NACIONAL DEL APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS.

Se sabe que el agua subterránea es la fuente más importante de agua dulce en el estado Natural para satisfacer necesidades humanas. Para dar una idea del enorme panorama de las aguas subterráneas se muestran las siguientes relaciones: Se ha estimado que menos del 3% del agua dulce Natural se encuentra disponible superficialmente en rios y lagos, mientras que el 97% restante (calculado en 98,183,000 millones de m<sup>3</sup>) está bajo la tierra. Una apreciación más conservadora estima que el volumen de agua subterránea en nuestro planeta es de 20 veces mayor que el de las aguas dulces superficiales.

Para brindar un ejemplo de la importancia económica y social que las aguas subterráneas podrían representar en el desarrollo de algunas naciones, indicamos la posición actual de dichos recursos en algunos países: el 90% del abastecimiento total de agua potable para Dinamarca y Bélgica proviene de fuentes subterráneas, mientras que la proporción para Alemania y Holanda representa más del 75%. En Estados Unidos casi el 80% del agua dulce empleada en las áreas rurales se extrae de depósitos subterráneos y cada año se construyen más de 800,000 pozos. Incluso ciudades en pleno desierto como Teherán y Marruecos se abastecen de agua subterránea que siglos de consumo han demostrado que son aparentemente inagotables.

Sin embargo, el uso substancial de agua subterránea apenas ha em

pezado. Las reservas de aguas subterráneas se hallan aún inexploradas en vastas regiones del mundo, incluso en algunas áreas desérticas, perdiéndose en lagos, en el mar, o evaporándose en el candente aire del desierto.

En lo que respecta a la situación nacional, puede observarse de la lámina No. 16 que el 52% de la superficie de nuestro país es árida, en donde no puede progresar ninguna clase de agricultura si no es a base de riego

El 30% es semiárido en donde solo pueden progresar cultivos aleatorios de temporal, sujetos a sequías constantes por escasez de la precipitación o por deficiente distribución de la misma durante el año.

En tales condiciones existirá en nuestro país al aprovecharse todos los recursos hidráulicos superficiales, un sobrante de tierras que no recibirán beneficios de riego y que por lo tanto quedarán condenadas a no cultivarse y otras a que progresen cultivos de temporal muy aleatorio.

Según cifras preliminares que sobre la materia se han hecho, se ha deducido que solamente podrán regarse 7,000,000.00 hectáreas de los 23,000,000.00 de hectáreas laborables que existen en nuestro País.

Bajo todas estas observaciones podemos entonces deducir que en

nuestro problema de optimizar la producción agrícola en México el factor limitante lo constituye el agua y no la textura ni la cantidad de tierra.

Geográficamente en nuestro País existe cantidad de tierra apta para el cultivo pero que dadas las características de precipitación pluvial baja y evaporación alta, nos dificulta recepción y almacenamiento de cantidades significativas de agua superficial mediante presas, aprovechables en agricultura.

Así la única solución viable para el aprovechamiento óptimo de tierras de cultivo consiste en la explotación racional de las aguas subterráneas. Debe hacerse hincapié que esta explotación debe ser RACIONAL, ya que tal hecho de ser en algunos casos recurso renovable a largo plazo nos limita en cuanto a su explotación. Precisamente el objetivo primordial de todos los estudios geohidrológicos es lograr una programación de explotación racional óptima tomando en cuenta las disponibilidades que nos brinda la naturaleza.

Mediante el estudio profundo de los métodos de extracción de agua y técnicas adecuadas de riego se puede ir perfeccionando en cuanto a costos de producción agrícola totales y lograr la máxima utilización del agua. Es evidente para nosotros observar el fenómeno acontecido en la Costa de Hermosillo de como el agricultor con el incentivo de la escasez

del agua ha logrado mejores rendimientos y eficiencia en general en todo el sistema productivo agrícola, llegándose a constituir en una de las regiones más eficientemente explotadas en Agricultura en México.

A raíz de esta situación en México actualmente se ha incrementado el interés por esta clase de estudios, se encuentran en desarrollo en Sonora, Valle de México, Monterrey, Chihuahua, Querétaro, Puebla, Baja California, Sinaloa, Guadalajara, Hidalgo, y se tienen planes para iniciar esta misma clase de estudios en Zacatecas, San Luis Potosí, Yucatán y Oaxaca en el presente año.

A continuación se ilustra el estado actual de la explotación de aguas subterráneas en la República Mexicana, comparándola con la explotación de aguas superficiales.

VOLUMENES DISTRIBUIDOS DE AGUAS OBTENIDAS DE  
POZOS, EN EL CICLO 1967 - 1968.-

| DISTRITOS                  | VOLUMEN DISTRIBUIDO<br>EN MILES DE M <sup>3</sup> . |
|----------------------------|---|
| PABELLON AGS.              | 33,806  |
| RIO COLORADO B. C.         | 1'050,991   |
| SANTO DOMINGO B. C.        | 286,132   |
| CAMPECHE.                  | 606   |
| REG. LAGUNERA DGO. Y COAH. | 456,625   |
| VALLE DE JUAREZ CHIH.      | 102,896   |

|                              |   |
|------------------------------|---|
| BARRIO DE STO. DOMINGO MEX.  | 191                                       |
| SAN BARTOLO DEL LLANO MEX.   | 324                                       |
| SAN FELIPE SANTIAGO MEX.     | 55  |
| SAN MIGUEL TENOCHTITLAN MEX. | 80  |
| SAN PEDRO DE LOS BAÑOS MEX.  | 481                                       |
| STO. DOMINGO DE GUZMAN MEX.  | 413                                       |
| DTOS. DE TEPALTEPEC MICH.    | 114,787                                   |
| EDO. DE MORELOS.             | 38,220                                    |
| ORIENTAL PUE.                | 1,096                                     |
| SAN JUAN DEL RIO QRO.        | 1,290                                     |
| COSTA DE HERMOSILLO SON.     | 774,990                                   |
| GUAYMAS SON.                 | 156,126                                   |
| CABORCA SON.                 | 645,700                                   |
| RIO MAYO SON.                | 9,843                                     |
| RIO YAQUI SON.               | 6,128                                     |
| YUCATAN.                     | 3,499                                     |
|                              | -----                                     |
| T O T A L =                  | 3'684,279 Millares de<br>M <sup>3</sup> . |

VOLUMEN TOTAL DISTRIBUIDO DE AGUAS SUPERFICIALES EN  
EL CICLO 1967 - 1968. - = 20'358,678 Millares de  
M<sup>3</sup>.

Indice de explotación de Agua Subterránea comparada con Agua total utilizada:

$$I = \frac{3'684,279.00}{20'358,678.00 + 3'684,279.00} = 0.154$$

Es de primordial importancia el papel que desarrolla la Universidad en nuestro País en este problema, pues es la encargada de satisfacer la demanda de técnicos especializados en estos campos de la Ingeniería, desarrollando en sus programas de estudio las materias correspondientes.

## B I B L I O G R A F I A

---

- El Estudio del Agua Subterránea.  
Germán Figueroa Vega.
- Especificaciones de la Dirección de Aguas Subterráneas.  
Ignacio Saenz Ortiz.
- Geohidrology.  
Roger J. M. De Wiest.
- Ground Water Hidrology.  
David K. Todd.
- Ground Water and Wells.  
E. Johnson Inc.
- Handbook of Applied Hidrology.  
Ven Te Chow.
- Hidrology.  
Wister Brater.
- Informe Estadístico No. 43.  
Secretaría de Recursos Hidráulicos.
- Informe Estadístico No. 44  
Secretaría de Recursos Hidráulicos.
- Integral Planning and Engineering Planning of Water Development.  
Tahal. -  
A. Wiener.
- Introducción a la Prospección Geofísica.  
M. B. Dobrin.
- Investigación de Aguas Subterráneas.  
B. Darder Pericás y J. Darder Seguí.
- Investigation of Ground Water Supplies with Electric well logs.  
Hubert Guyod.

Mecánica de Suelos Tomo III

E. Juárez Badillo y A. Rico R.,

Memorandum Técnico No. 264

Secretaría de Recursos Hidráulicos.

Principles of Physical Geology.

Arthur Holmes.

Proyecto Río Magdalena. Planimex Ingenieros Consultores, S. A.

Joseph Bar-Joseph.

Relaciones Volumétricas para algunos Acuíferos Semiconfinados.

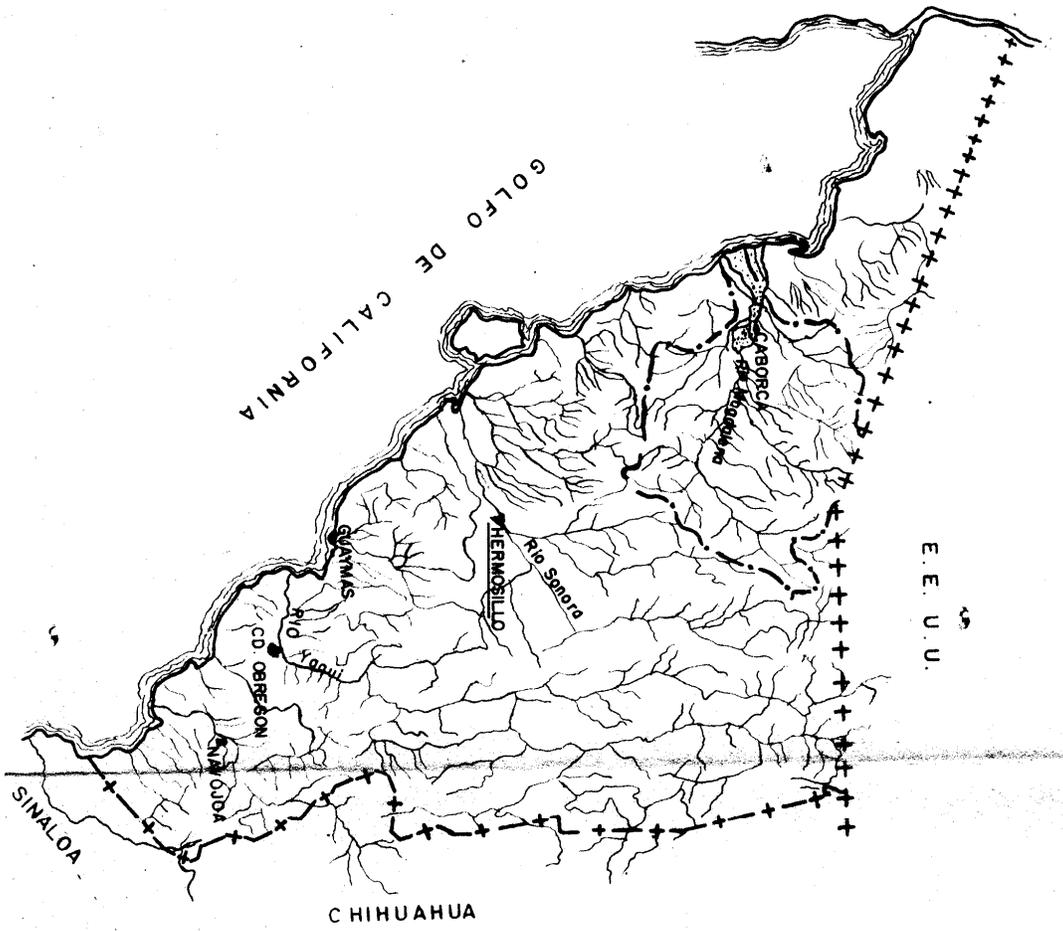
Germán Figueroa Vega.

Water - Resources Engineering.

Linsley y Franzini.

Especificaciones Generales para Pozos.  
Dirección General de Aguas Subterráneas.  
Secretaría de Recursos Hidráulicos.

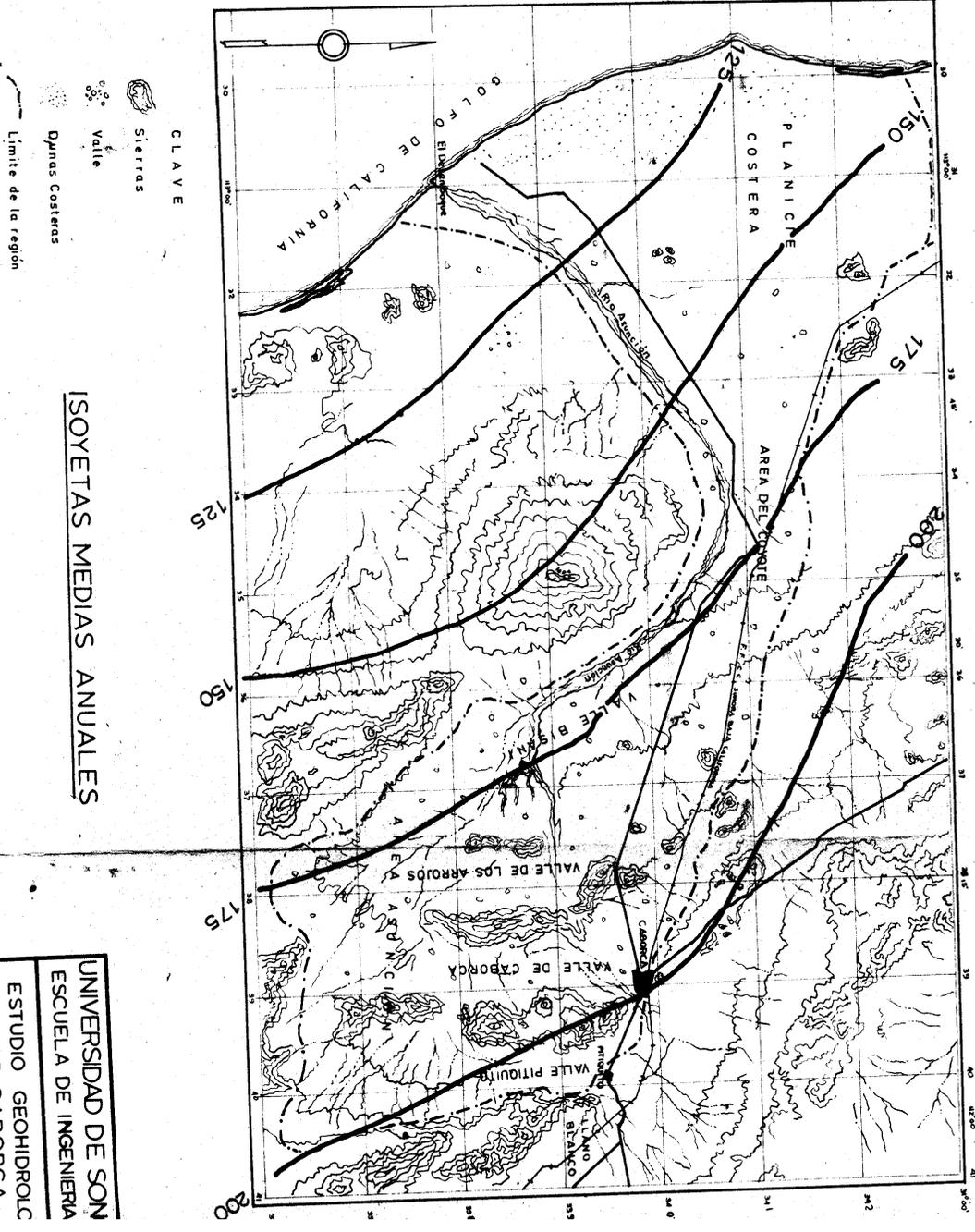
Ing. Ignacio Saenz Ortiz.



LOCALIZACION DE LA  
ZONA DE ESTUDIOS EN  
EL EDO. DE SONORA

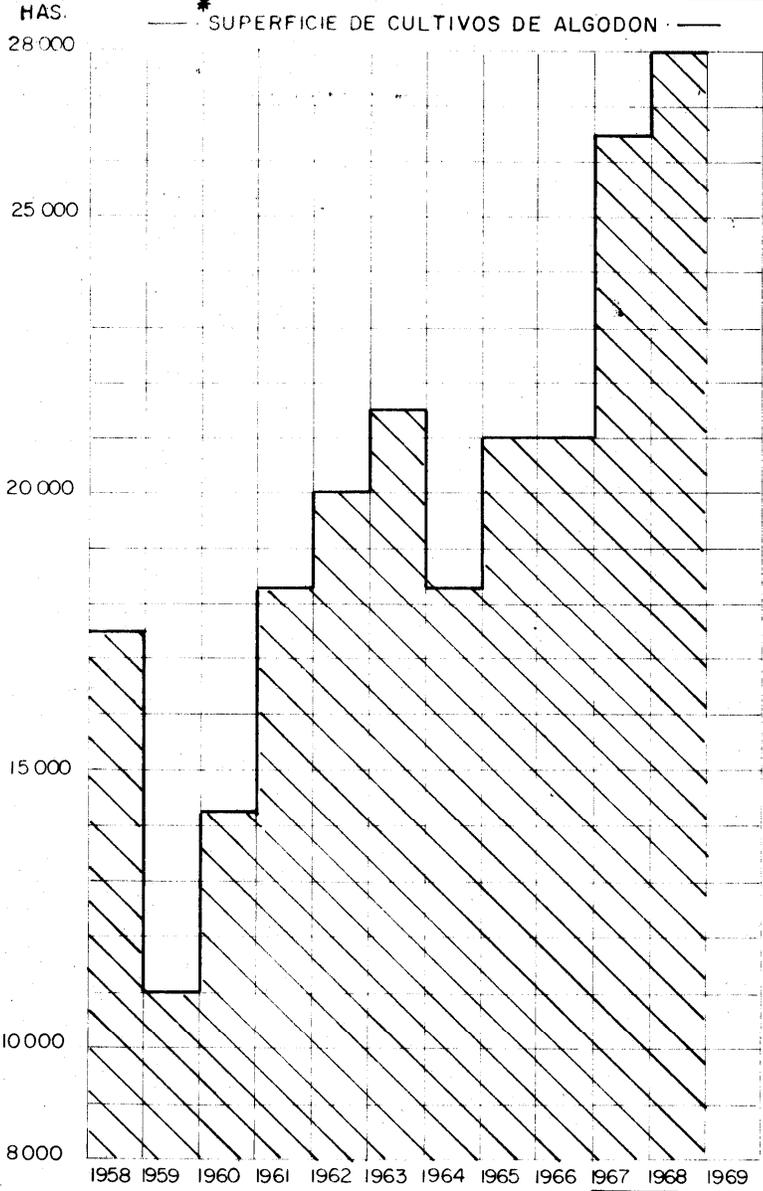
ESCALA





**ISOYETAS MEDIAS ANUALES**

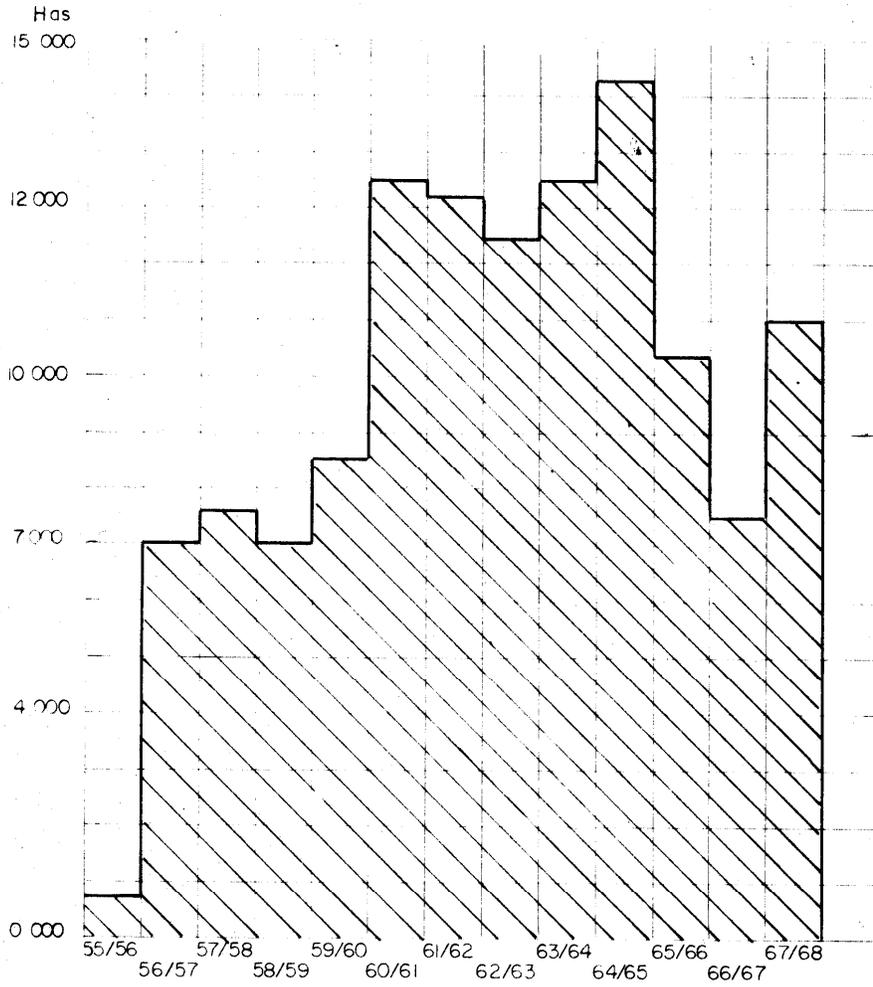
UNIVERSIDAD DE SON  
 ESCUELA DE INGENIERIA  
 ESTUDIO GEOMORFOLOGIA



\* Siembra.....15 de marzo -15 de abril.  
Cosecha.....hasta 20 de set.

UNIVERSIDAD DE SONORA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
ESTUDIO GEOHIDROLOGICO  
DE CABORCA  
TESIS PROFESIONAL  
JOSE VALVERDE A.

\* SUPERFICIE DE CULTIVOS DE TRIGO \*



\* Siembra .....Octubre

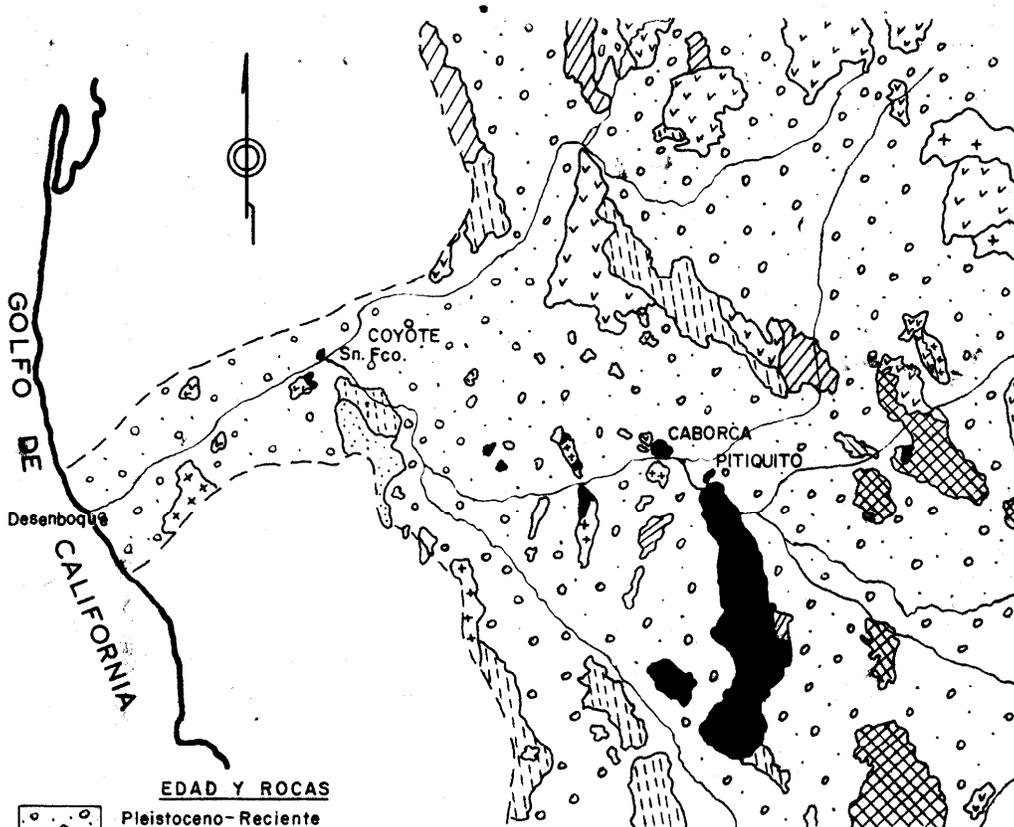
Cosecha .....Abril

UNIVERSIDAD DE SONORA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ESTUDIO GEOHIDROLOGICO  
DE CABORCA

TESIS PROFESIONAL  
JOSE VALVERDE A.

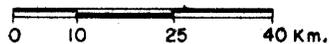
MAPA GEOLOGICO DE LA REGION DE CABORCA



EDAD Y ROCAS

-  Pleistoceno-Reciente (depositos aluviales)
-  Terciario (continental) (depositos clasicos conglomerados)
-  Cenozoico medio volcánico (lavas basálticas, andecitas, riolíticas)
-  Cenozoico inferior intrusivas (granitos, granodioritas)
-  Mesozoico no diferenciado
-  Cretacico (Calizas, lutitas)
-  Triásico (capas clásticas rojas, areniscas, lutitas y volcánicas)
-  Paleozoico metamórfico (metasedimentos y metavolcánicos)
-  Paleozoico (cambrico alpermico) calizas, dolomitas, cuarcitas y filitas
-  Precambrico (cuarcitas, lutitas, dolomitas metamórficas e igneas)

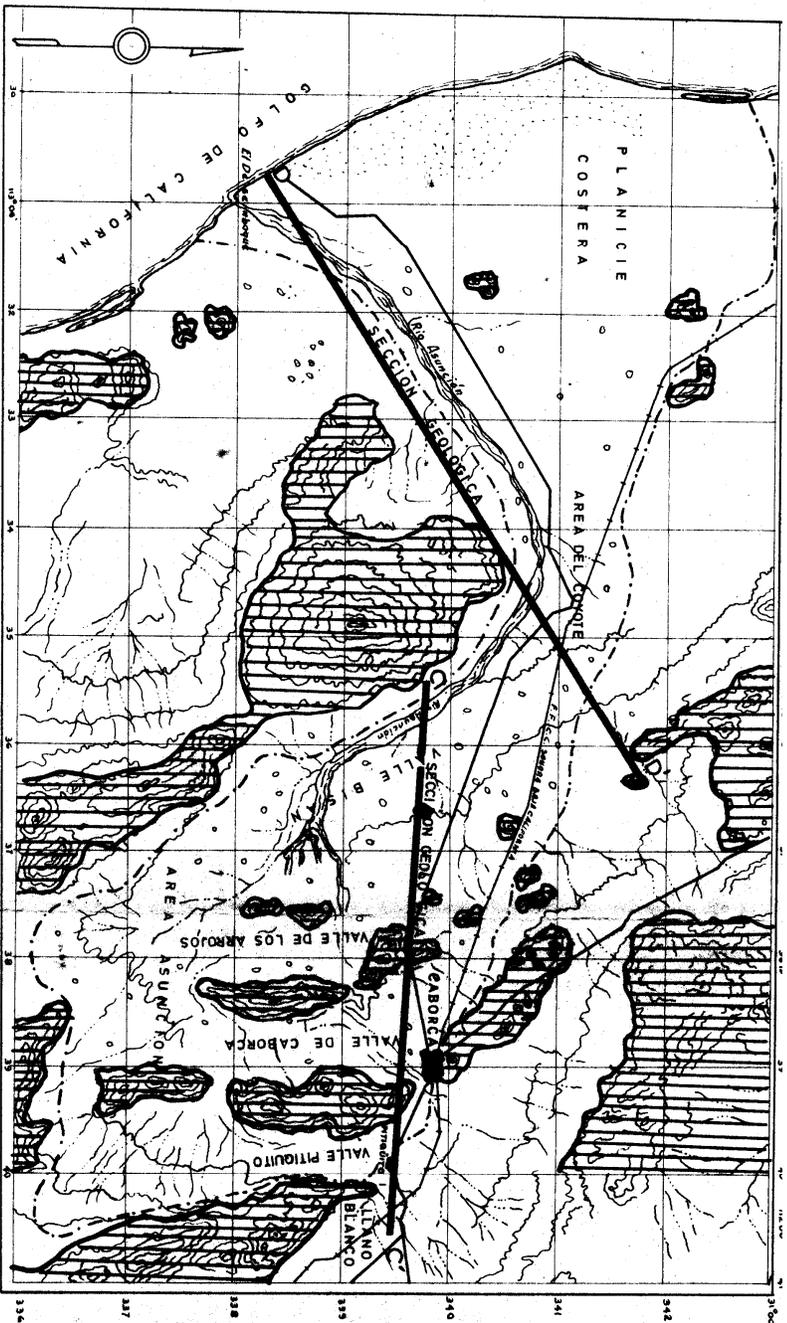
Nota:  
 Tomamado de la carta Geologica de la Republica Mexicana 1968 Escala 1: 2,000 000  
 2a. carta Geologica de la parte Septentrional de la Republica Mexicana. Escala 1: 2,500 000



UNIVERSIDAD DE SONORA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ESTUDIO GEOHIDROLOGICO DE CABORCA

TESIS PROFESIONAL  
 JOSE VALVERDE A.

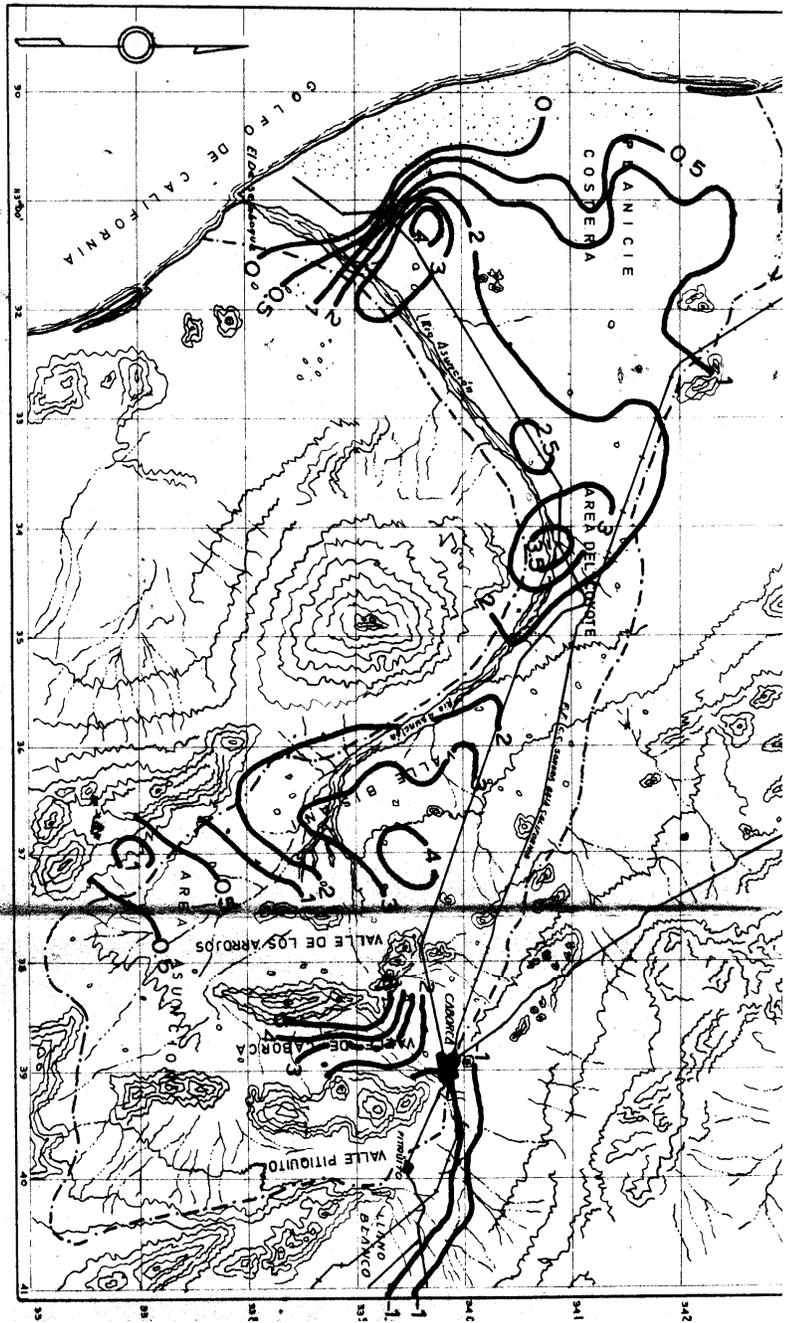


CLAVE

-  Sierras
-  Valle
-  Dunas Costeras
-  Limite de la region
-  Arroyos.

LIMITES Y DIVISION GEOMORFOLOGICA

UNIVERSIDAD DE SONORA  
 ESCUELA DE INGENIERIA EN  
 ESTUDIO GEOMORFOLOGICO  
 DE CABORCA



- CLAVE
- Sierras
  - Valle
  - Dungs Costeras
  - Limite de la region
  - Arroyos

ABATIMIENTOS TOTALES DE LOS NIVELES  
 OCT. 1966 - OCT. 1968

UNIVERSIDAD DE SONORA  
 ESCUELA DE INGENIERIA  
 ESTUDIO GEOMORFOLOGICO  
 DE CABORCA.



**SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS**  
**JEFATURA DE IRRIGACION Y CONTROL DE RIOS**  
 DIRECCION DE AGUAS SUBTERRANEAS

ZONA: CABORCA. (VALLE DE BISANI)

ESTADO: SONORA.

Pozo de Bombeo No. C Y - 78

Pozo de Observación No. \_\_\_\_\_

Lecturas en Pozo DE BOMBEO.

Distancia entre pozos: \_\_\_\_\_

Elevación punto de Medida: 202.067m.

Caudal Inicial: 48 L. p. s.

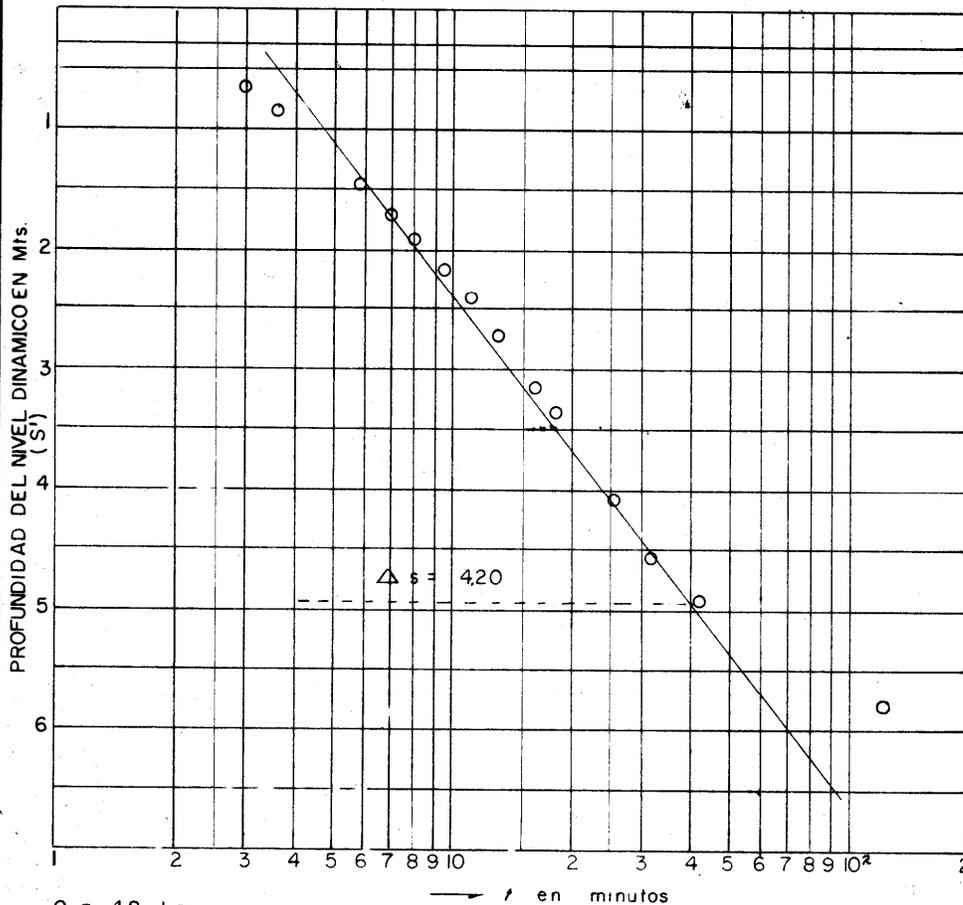
OPERADOR: ING. A. CIENFUEGOS.

N. E = 61.73 m.

ETAPA DE RECUPERACION.

| FECHA    | HORA | LECTURA<br>SONDA | t   | t' | t/t  | S | OBSERVACIONES |
|----------|------|------------------|-----|----|------|---|---------------|
| 10-10-68 |      | 67.45            | 121 | 1  | 121  |   | 5.72          |
|          |      | 67.13            | 122 | 2  | 61   |   | 5.40          |
|          |      | 66.56            | 123 | 3  | 41   |   | 4.83          |
|          |      | 66.24            | 124 | 4  | 41   |   | 4.51          |
|          |      | 65.79            | 125 | 5  | 25   |   | 4.06          |
|          |      | 65.47            | 126 | 6  | 21   |   | 3.74          |
|          |      | 65.08            | 127 | 7  | 18.1 |   | 3.35          |
|          |      | 64.85            | 128 | 8  | 16   |   | 3.12          |
|          |      | 64.41            | 130 | 10 | 13   |   | 2.68          |
|          |      | 64.11            | 132 | 12 | 11   |   | 2.38          |
|          |      | 63.90            | 134 | 14 | 9.5  |   | 2.17          |
|          |      | 63.63            | 137 | 17 | 8    |   | 1.90          |
|          |      | 63.43            | 140 | 20 | 7    |   | 1.70          |
|          |      | 63.19            | 145 | 25 | 5.8  |   | 1.46          |
|          |      | 62.99            | 150 | 30 | 5    |   | 1.26          |
|          |      | 62.60            | 165 | 45 | 3.6  |   | 0.87          |
|          |      | 62.39            | 180 | 60 | 3.00 |   | 0.66          |

— PRUEBA DE BOMBEO DE CORTA DURACION POZO - CY. 78 —



Q = 48 l.p.s.

$\Delta s = 4,20$  m.

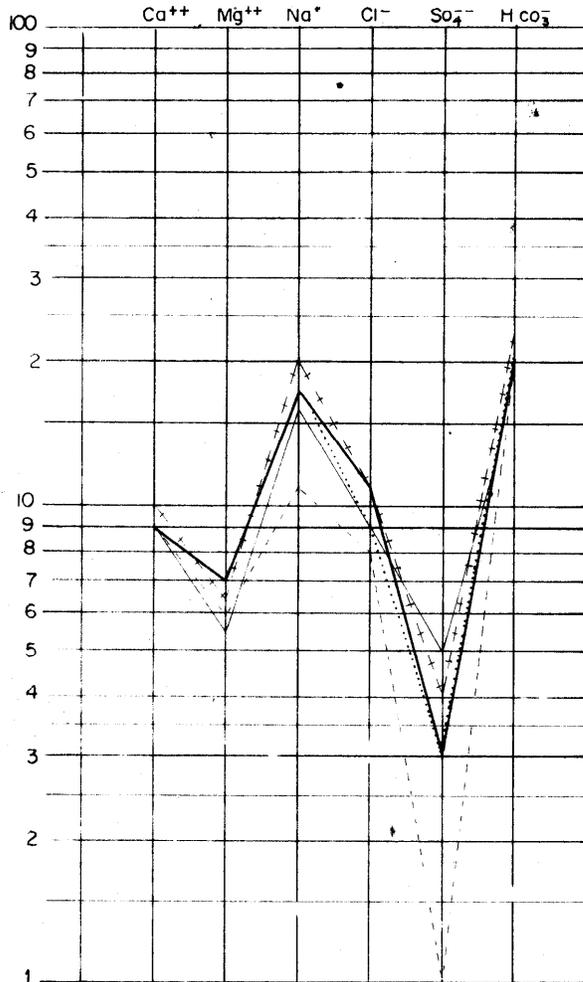
$$T = \frac{0.183 \cdot Q \text{ (l.p.s.)} \cdot 10^{-5}}{4.20 \text{ As (m)}} = 0.002 \text{ m}^2/\text{seg.}$$

$$= 173 \text{ m}^2/\text{dia}$$

|                                       |
|---------------------------------------|
| UNIVERSIDAD DE SONORA                 |
| ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL           |
| ESTUDIO GEOHIDROLOGICO<br>DE CABORCA  |
| TESIS PROFESIONAL<br>JOSE VALVERDE A. |

— AGUA TIPO ASUNCION —

Grados  
Franceses  
5xmeq/lt.

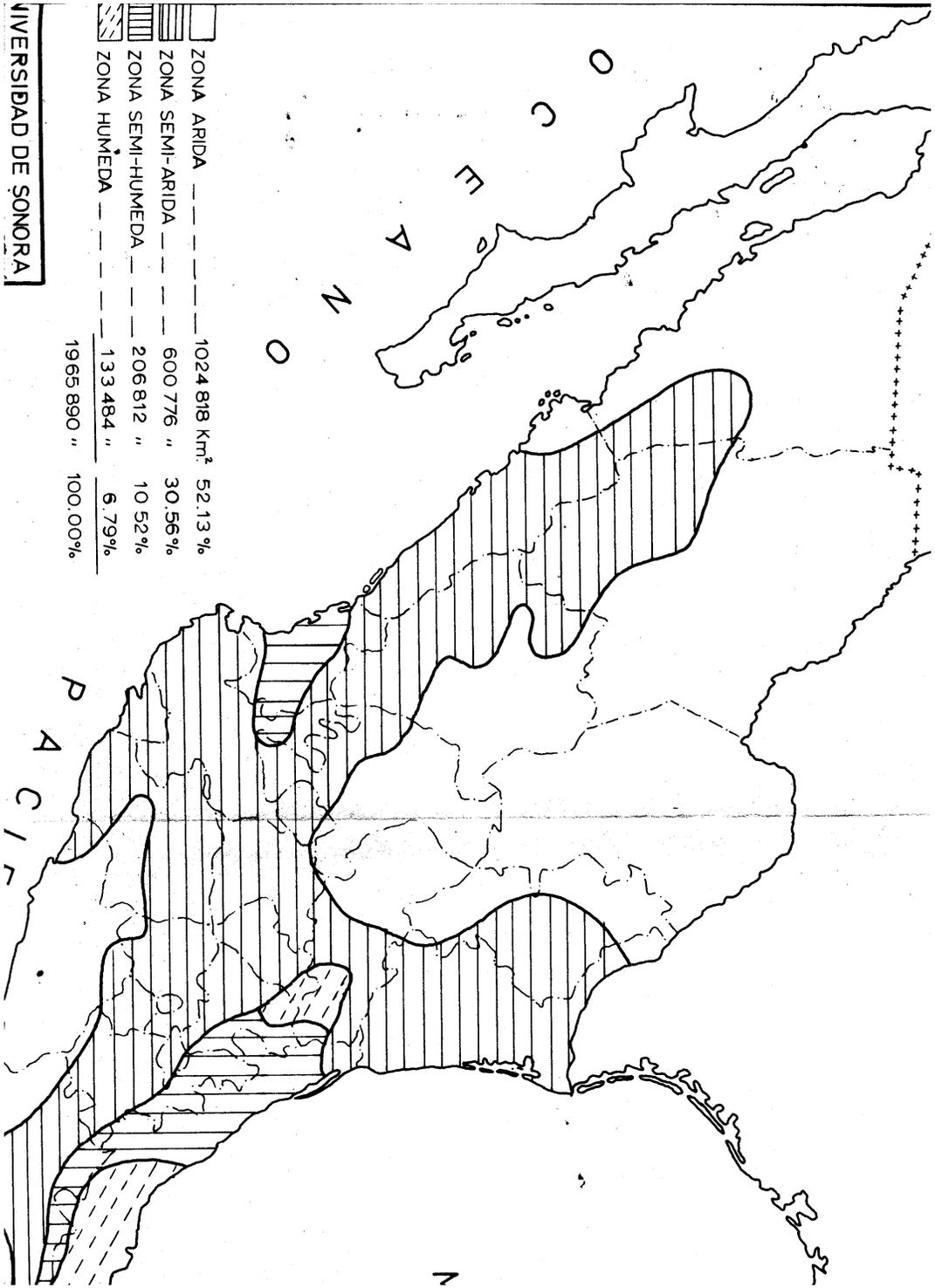


— DIAGRAMA DE CORRELACION GEOQUIMICA —

| Pozo       | Solidos Totales (p.p.m.) |
|------------|--------------------------|
| — CY-193   | 480                      |
| +++ CY-96  | 518                      |
| --- CY-780 | 441                      |
| ---- CY-91 | 384                      |

UNIVERSIDAD DE SONORA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 ESTUDIO GEOHIDROLOGICO  
 DE ÇABORCA

TESIS PROFESIONAL  
 JOSE VALVERDE A.



### Desarrollo

Todos los planes de muestreo en las tablas de Dodge y Romig tratan de minimizar la Inspección Total Media (ATI) considerando tanto la inspección de muestreo como la de rectificación, o al 100% de lotes rechazados. La cuestión de la Inspección Total Media depende del número de lotes rechazados que hay que rectificar (o sea, inspeccionar al 100%), y esto, a su vez depende del grado de calidad de producto ofrecido.

Para el muestreo simple a través de la fórmula para la Inspección Total Media (ATI):

$$ATI = n + (1 - P_a) (N - n)$$

Variando el valor de  $p$  de 0 a 1 para los lotes que se van a inspeccionar, el valor de  $P_a$  irá de 1 a 0 de acuerdo con la curva OC para el plan particular. La representación gráfica del ATI permite al analista elegir, entre varios planes, aquel que minimiza la ATI para cada valor promedio del proceso. Estos cálculos fueron los que se utilizaron como base para especificar los planes contenidos en las tablas de Dodge y Romig.

De las tablas de muestreo simple de Dodge y Romig para un LCMS de 2 %, se obtiene que a un tamaño de lote  $N = 68,856$  corresponde un tamaño de muestra  $n = 330$  y un número de aceptación  $c = 27$ ; teniendo un porcentaje defectuoso tolerado en el lote de 4.8 % (PDTL).

Con el propósito de ilustrar el plan de muestreo para el control de calidad en este punto, se proponen datos de temperatura típicos proporcionados por el M.C Zeferino García Quintero

egresado de la Universidad de Sonora. Los datos fueron registrados durante una asesoría a una planta procesadora de fruta y se presentan en la tabla 4 del Apéndice A. Se sugiere un muestreo de 5 mediciones cada hora, equivalente a ocho subgrupos de cinco datos por cada turno.

El histograma de frecuencia y el gráfico de control correspondiente al primer turno, son presentados en las figuras 2 y 3, respectivamente. De igual manera, los datos para el segundo turno son esquematizados en las figuras 4 y 5, y los del tercer turno en las figuras 6 y 7.

El programa de producción es de una sola línea los tres turnos. Se empacan bolsas de 1 Kg de producto, los tres primeros días de la semana para satisfacer la demanda del mercado mayoritario que es del 60 %, aproximadamente y bolsas de 100 g los dos días de operación restantes , para cubrir el mercado minoritario que es del 40 %.

Siendo la variable a medir, el peso del producto empacado, y con el fin de ilustrar el plan de muestreo, son presentadas las tablas 5 y 6 del Apéndice A.

Se elaboran histogramas de frecuencia para cada presentación (peso) y para cada turno. Así mismo, se construyen gráficos de control de calidad  $\bar{X}-\sigma$ , donde las especificaciones son  $100 \pm 5$  g y  $1.0 \pm 0.005$  Kg para cada tamaño, respectivamente.

El histograma de frecuencia es mostrado seguido del gráfico de control de calidad. Por lo tanto, los datos para 100g son mostrados en las figuras 8 y 9, correspondiendo estos al primer

turno, siendo las figuras 10 y 11 para el segundo turno y finalmente las figuras 12 y 13 para el tercer turno. De igual manera, el empaque de 1.0 Kg está representado en las figuras 14 y 15 para el primer turno, figuras 16 y 17 corresponden al segundo y por último el tercer turno está en las figuras 18 y 19.

Finalmente se observa en la tabla 5 de los planes MIL-STD 105D, que es específica para fruta seca, de donde se tomó el siguiente plan de muestreo que: para bolsas de 100 g y un tamaño de lote  $N = 1,430$  corresponderá una muestra de tamaño,  $n = 6$  y un número de aceptación,  $c = 1$ ; así mismo para bolsas de 1 Kg y un tamaño de lote  $N = 143$ , es necesario una muestra,  $n = 6$  con un número de aceptación,  $c = 0$ .

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Muestreo durante el Proceso.

En el histograma de frecuencia (Fig. 2) se aprecia una tendencia por la distribución a ser un poco desequilibrada, lo que quiere decir, que los datos de temperatura están ligeramente cargados hacia la parte derecha, dando evidencia de aumento de los valores de temperatura conforme avanza la jornada de trabajo.

Del gráfico de control  $\bar{X}-\sigma$  de la temperatura de proceso que es mostrado en la figura 3.A, el cual corresponde a los valores  $\bar{X}$  del primer turno de trabajo cuyo horario es de 7:00 a 15:00 hrs, se observa un cambio en el nivel de las

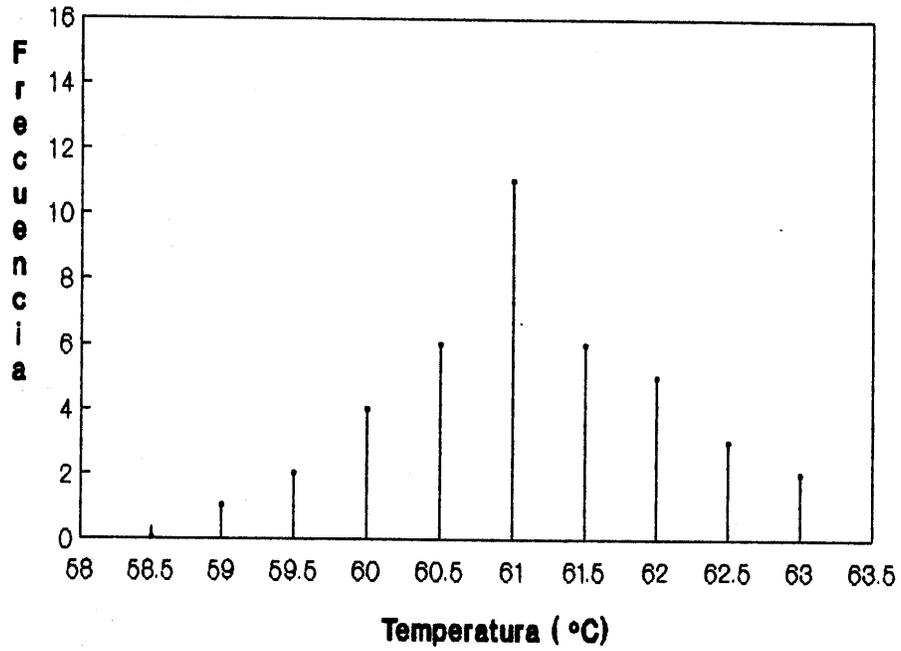


Fig. 2. Histograma de Frecuencia de la Temperatura del Proceso de Deshidratación de Rodajas de Manzana, correspondiente al Primer Turno.

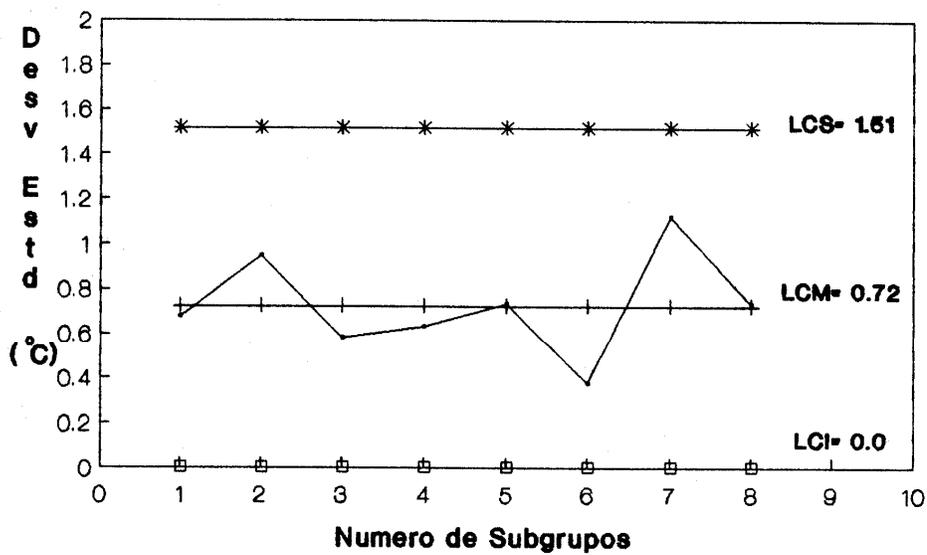
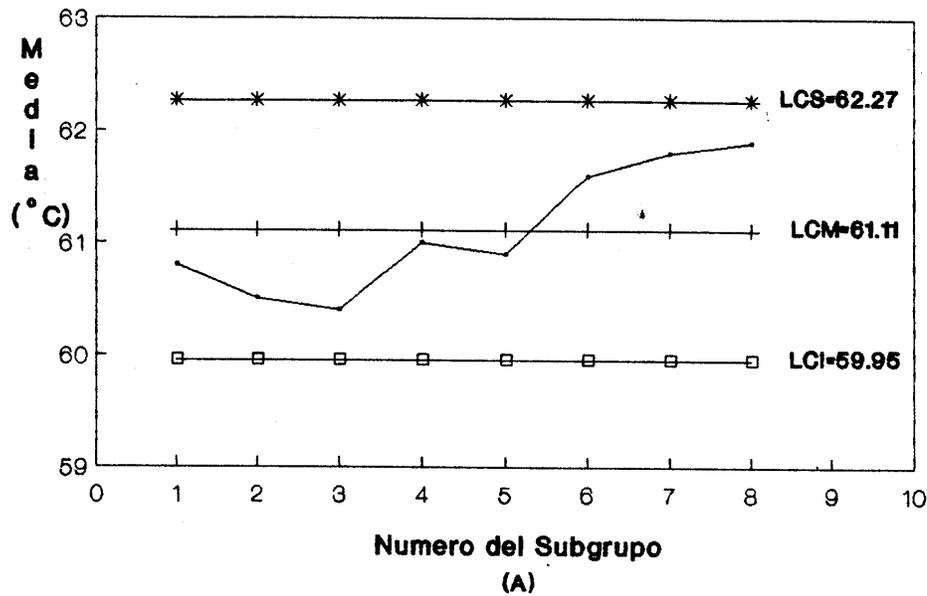


Fig. 3. Gráfico de Control  $\bar{X}$  y  $\sigma$ : A) Gráfico de Control para Medias ( $\bar{X}$ ); B) Gráfico de Control para Desviaciones Estándar ( $\sigma$ ), de la Temperatura del Proceso de Deshidratación de Rodajas de Manzana, correspondiente al Primer Turno.