

## CONTENIDO

|                                                                      | pag.  |
|----------------------------------------------------------------------|-------|
| Lista de Cuadros                                                     | iii   |
| Lista de Figuras                                                     | iii   |
| Lista de Mapas                                                       | iv    |
| <br><b>Presentación</b>                                              | <br>v |
| <br><b>I INTRODUCCION</b>                                            | <br>1 |
| I.1       Generalidades                                              | 1     |
| I.2       Breve reseña bibliográfica                                 | 1     |
| <br><b>II ASPECTOS FISICOS GENERALES DE COSTA RICA</b>               | <br>5 |
| II.1      Geología                                                   | 5     |
| II.1.1   HISTORIA GEOLOGICA                                          | 5     |
| II.1.2   CLASIFICACION MORFOTECTONICA                                | 8     |
| II.1.3   SUBUNIDADES GEOLOGICAS                                      | 10    |
| II.2      Geomorfología                                              | 12    |
| II.2.1   CADENAS MONTAÑOSAS                                          | 13    |
| II.2.2   LAS TIERRAS BAJAS DEL CARIBE Y VERTIENTE NORTE              | 16    |
| II.2.3   TIERRAS BAJAS DEL PACIFICO Y REGIONES COSTERAS              | 17    |
| II.3      Clima                                                      | 19    |
| II.3.1   REGION PACIFICO NORTE                                       | 20    |
| II.3.2   REGION PACIFICO CENTRAL                                     | 22    |
| II.3.3   REGION PACIFICO SUR                                         | 24    |
| II.3.4   REGION DEL VALLE CENTRAL                                    | 26    |
| II.3.5   REGION CARIBE Y NORTE                                       | 27    |
| II.3.6   SITUACIONES METEOROLOGICAS QUE PUEDEN PROVOCAR INUNDACIONES | 31    |

|                                                                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|                                                                                                                                    | pag |
| II.4      Uso del suelo                                                                                                            | 36  |
| III    MATERIALES Y METODOS                                                                                                        | 39  |
| III.1      Materiales                                                                                                              | 39  |
| III.2      Métodos                                                                                                                 | 40  |
| IV.    DESCRIPCION DE LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS DEL PAIS<br>(PROBLEMAS DE INUNDACIONES)                                            | 41  |
| IV.1      Aspectos Generales                                                                                                       | 41  |
| IV.2      Cuencas de la vertiente Caribe                                                                                           | 41  |
| VI.3      Cuencas de la vertiente Pacífica                                                                                         | 54  |
| V.    BIBLIOGRAFIA CITADA                                                                                                          | 66  |
| VI.    ANEXOS                                                                                                                      |     |
| A    Estaciones fluviográficas, su localización, caudales<br>máximos, promedios y mínimos. de Boletín Hidrológico 18,<br>ICE 1990. | 71  |
| B    Estaciones meteorológicas según cuencas hidrográficas<br>de Boletín Hidrológico 18, ICE 1990.                                 | 82  |

## CUADROS

|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Cuadro 1: Muertes según tipos de desastre, sin sequía, a nivel mundial. De Smith (1989).                                       | 1  |
| Cuadro 2: Estimación de daños por JOAN en Costa Rica. De ICE 1990.                                                             | 2  |
| Cuadro 3: Número de casos de disturbios causantes de lluvias intensas por mes entre 1969 y 1978. (Tomado de HIDALGO 1978).     | 33 |
| Cuadro 4: Cuencas Hidrográficas en Costa Rica, con nomenclatura regional y local. Fuente: Boletín Hidrológico No 18, ICE 1990. | 42 |

## FIGURAS

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Fig.1: Historia geológica de Costa Rica y otras partes de América Central. de CASTILLO et al 1985 | 8  |
| Fig.2: Pluviograma de Liberia.                                                                    | 20 |
| Fig.3: Intensidades máximas en Liberia. de VAHRSON et al 1988.                                    | 21 |
| Fig.4: Pluviograma de Puntarenas                                                                  | 22 |
| Fig.5: Intensidades máximas de Puntarenas. de VAHRSON et al 1988                                  | 23 |
| Fig.6: Pluviograma de Palmar Sur.                                                                 | 24 |
| Fig.7: Intensidades máximas de Palmar Sur. de VAHRSON et al 1988                                  | 25 |
| Fig 8: Pluviograma de Juan Santamaría.                                                            | 26 |
| Fig.9: Intensidades máximas Juan Santamaría. de VAHRSON et al 1988                                | 27 |
| Fig.10: Pluviograma de Limón                                                                      | 28 |
| Fig.11: Pluviograma de San Carlos                                                                 | 28 |

|         |                                                                    |    |
|---------|--------------------------------------------------------------------|----|
| Fig.12: | Intensidades máximas Limón.<br>de VAHRSON et al 1988               | 29 |
| Fig.13: | Intensidades máximas de San Carlos. de VAHRSON<br>et al 1988       | 30 |
| Fig.14: | Deforestación en Costa Rica entre 1940 y 1987.<br>de VAUGHAN 1990. | 36 |
| Fig.15: | Cambio del uso del suelo entre 1950 y 1990.<br>de HARTSHORN 1982.  | 37 |

#### MAPAS

|         |                                                                                                |    |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Mapa 1: | Geología general de Costa Rica. de WEYL 1980.                                                  | 10 |
| Mapa 2: | Unidades morfotectónicas de Costa Rica.<br>de WEYL 1980.                                       | 12 |
| Mapa 3: | Zonas climáticas de Costa Rica. de IMN.                                                        | 19 |
| Mapa 4: | Las cantidades de un evento máximo centenario<br>con una duración de 24 horas. de VAHRSON 1988 | 35 |
| Mapa 5: | Zonas con problemas por erosión hídrica. de<br>DERCKSEN & SONNEFELD 1990.                      | 38 |

## PRESENTACION

El presente documento es el resultado de un análisis preliminar de amenazas por inundaciones en Costa Rica. Sólo de amenazas por inundaciones, porque enfoca en primer lugar los aspectos físicos de las inundaciones, dejando por fuera los aspectos socioeconómicos y de vulnerabilidad de la población, y sólomente preliminar, porque el tipo y la calidad de la información utilizada son muy variados, y no se entró a análisis hidrológicos profundos y detallados.

Este trabajo forma parte de un proyecto regional del Centro de Prevención de Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC), que pretende analizar la amenaza de inundaciones a nivel de América Central a escala 1:500.000. El CEPREDENAC aportó un financiamiento parcial considerable para este estudio.

Al mismo tiempo cooperó la Comisión Nacional de Emergencias (CNE), facilitando un financiamiento puente y con apoyo en la parte operacional-administrativa.

Un apoyo profesional-científico muy valioso recibimos del Sector Hidrometeorológico dentro de la CNE y por las instituciones y sus representantes en este sector, a saber:

Dr. Manuel Obando y Alvaro Montero de la CNE, Lic. Sadi Laporte del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), MSc. Eladio Zarate y MSc. Alvaro Brenes del Instituto Meteorológico Nacional, Ing. Rodolfo Cruz del Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT) y el Ing. Alvarez de la Defensa Civil.

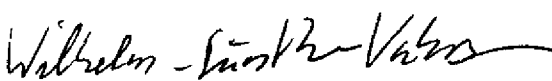
A todos ellos un agradecimiento cordial por la confianza y

cooperación.

Este estudio fue realizado en la Escuela de Ciencias Geográficas de la Universidad Nacional de Costa Rica y formó un subproyecto del Proyecto Morfoclimatología Aplicada y Dinámica Exógena (MADE).

Muchas veces se llega en un proyecto a un punto que puede llamarse "busqueda del culpable", sin embargo, este problema no se presentó en el caso nuestro, y yo quiero agradecerles aquí a mis colaboradores por su paciencia que han mostrado durante muchos cambios y ajustes, hasta caprichos, que se les han pedido.

Heredia, Costa Rica, julio 1990

  
Dr. Wilhelm - Günther Vahrson  
( Coordinador del Proyecto )

## I INTRODUCCION

### I.1 Generalidades

A nivel mundial ocurre gran cantidad de fenómenos naturales que dejan como consecuencia víctimas y pérdidas agrícolas así como en la infraestructura. De 1947 a 1980 sucedieron gran número de desastres naturales y en función del número de vidas perdidas en todo el mundo, los principales tipos de desastres, sin sequías y catástrofes en la agricultura, han sido los siguientes:

|    | TIPO DE DESASTRE                        | MUERTES |
|----|-----------------------------------------|---------|
| 1  | Ciclones tropicales, huracanes, tifones | 499.000 |
| 2  | Terremotos                              | 445.000 |
| 3  | Inundaciones (sin 1)                    | 194.000 |
| 4  | Tormentas y tornados                    | 29.000  |
| 5  | Tempestades de nieve                    | 10.000  |
| 6  | Erupciones volcánicas                   | 9.000   |
| 7  | Olas de calor                           | 7.000   |
| 8  | Aludes                                  | 5.000   |
| 9  | Desplazamientos de tierras              | 5.000   |
| 10 | Olas de marea (Tsunamis)                | 5.000   |

Cuadro 1: Muertes según tipos de desastre, sin sequía, a nivel mundial. De Smith (1989).

Solamente los fenómenos hidrometeorológicos que también se presentan con cierta frecuencia en Costa Rica, como los ciclones tropicales, huracanes, tifones, inundaciones y tormentas y tornados son entonces los responsables para la muerte de 722.000 personas en esta época a nivel mundial.

Según SMITH (1989), las inundaciones fluviales dañan y destruyen cuatro millones hectáreas de terreno y cultivos y afectan las vidas y estabilidad de más de 17 millones de personas en el continente Asiático.

Costa Rica no es una excepción en la ocurrencia de dichos eventos. Es así como uno de los fenómenos por los cuales se ve más afectada Costa Rica son las inundaciones, causadas en su mayoría por lluvias prolongadas y tormentas locales y severas.

Según Ramírez (1988), entre 1986 y setiembre 1988, entonces sin incluir los daños cuantiosos por el Huracán JOAN, 21 eventos meteorológicos severos afectaron Costa Rica, dejando un saldo de 17 muertos y 1000 millones de Colones de pérdidas materiales, mientras en octubre de 1988 el huracán JOAN causó la muerte de 26 personas y las siguientes pérdidas materiales:

| DAÑO                             | Monto (Millones de Colones) |
|----------------------------------|-----------------------------|
| 17 puestos de salud dañados      | 10                          |
| 2359 casas destruidas            | 573.6                       |
| 144 centros educativos afectados | 33                          |
| 12531 Hectáreas afectados        | 761.4                       |
| Infraestructura dañada           | 1894.6                      |
| Otros gastos                     | 119                         |
|                                  | -----                       |
| TOTAL                            | 3272.6                      |

Cuadro 2: Estimación de daños por JOAN en Costa Rica. De ICE 1990.



Pérdidas por inundaciones y avalanchas son entonces una realidad en Costa Rica.

Al mismo tiempo, de los fenómenos naturales que pueden provocar desastres naturales, las inundaciones, o, más en general, los desastres provocados por fenómenos hidrometeorológicos, son los que se pueden manejar de la mejor manera: existe una red mundial meteorológica para la predicción de tiempo y clima, actualmente hay mucha información hidrometeorológica de eventos extremos, muchas veces no evaluada. Costa Rica cuenta con redes meteorológicas e hidrológicas bastante amplias, manejadas por el Instituto Meteorológico Nacional y por el Instituto Costarricense de Electricidad. Entonces, las posibilidades de predecir eventos hidrometeorológicos extremos, son bastante acertados en comparación por ejemplo con las posibilidades de predecir un evento extremo de actividad sísmica.

En el caso de las inundaciones en Costa Rica se puede distinguir dos fenómenos principales:

- Las inundaciones en las llanuras, normalmente provocadas por lluvias prolongadas (temporales), donde el nivel del agua está normalmente subiendo lentamente y las pérdidas son en primer lugar pérdidas económicas, porque en la mayoría de los casos la gente tiene tiempo para evacuarse. Ejemplos en Costa Rica: Parrita, Limón.
- Las inundaciones en las montañas y el pie de monte, provocadas por tormentas locales severas, donde las lluvias intensas muchas veces disparan deslizamientos y se transforman en avalanchas. Estas inundaciones repentinas son las que cobran normalmente más vidas humanas. Ejemplo: Ciudad Neilly.

En este trabajo analizamos a nivel preliminar y cualitativo la amenaza por inundaciones en Costa Rica, o sea, que este trabajo está enfocado en un análisis de los eventos naturales extremos, que pueden provocar desastres naturales, siempre y cuando esta amenaza se presente en una zona de vulnerabilidad, o sea, en una zona donde poblaciones e infraestructura pueden ser afectadas. El análisis de la vulnerabilidad, sin embargo, no es tema de este estudio.

## **I.2 Breve reseña bibliográfica**

En Costa Rica existen, hasta el momento, varios estudios relacionados al problema de desastres y amenazas hidrometeorológicos:

Un resumen general de situaciones meteorológicas que pueden producir desastres, presenta RAMIREZ (1988), aquí cabe mencionar los trabajos importantes de GRANDOSO (1976 y 1980), analizando los efectos de temporales, los estudios de HIDALGO (1980), que analizan lluvias intensas en Costa Rica, los estudios de BATCHELDER & COEN (1955) y de ALFARO (1981), analizando la frecuencia y distribución de las lluvias.

RAMIREZ & CASTRO (1978), VAHRSON (1988 y 1989), VAHRSON & FALLAS (1988) y VAHRSON et al (1989) analizan con métodos probabilísticos las intensidades máximas de las lluvias en Costa Rica según períodos de retorno y duraciones.

Análisis hidrometeorológicos de casos individuales presentaron, entre otros, GOVAERE (1974), GRANDOSO (1976 y 1980), MORA (1988), VAHRSON, CARTIN & PATTERSON (1988), VAHRSON, SABORIO & HERNANDO (1988) y BRENES (1988). Una mención especial por tratarse de un análisis muy profundo y completo, merece el "Estudio Hidrometeorológico de los Efectos Producidos por el

Huracán JOAN en Costa Rica", presentado por el departamento de estudios básicos del ICE en octubre 1989.

Análisis y recopilación de fuentes secundarias, en primer lugar periodísticos, relacionados al tema de eventos hidrometeorológicos extremos, presentaron RAMIREZ & CASTRO (1978), BRENES (1989) y ARROYO & PATTERSON (1988) para desastres naturales en general, mientras MORA et al (1988) expusieron un "Mapa Preliminar Sintético de Amenazas Naturales en Costa Rica".

## II ASPECTOS FISICOS GENERALES DE COSTA RICA

### II.1 Geología

#### II.1.1 HISTORIA GEOLOGICA

El proceso de formación del territorio nacional, se inició cuando el canal interoceánico entre el Atlántico y el Pacífico, denominado Canal Centroamericano, en el cual se edificó el Orogeno Sur Centroamericano; fue sometido durante el período Jurásico Superior, hace aproximadamente 120 millones de años, a fuertes presiones internas que plegaron su fondo marino y emergieron serranías con dirección noroeste a sureste.

El levantamiento, más las grandes emisiones de lava que sucedían durante el Jurásico provocaron la emersión de la tierra en sitios aislados y dispersos al occidente del canal, formándose una cadena de islas volcánicas las cuales formaron el Archipiélago Occidental así como la formación al inicio de una fosa tectónica de subducción. (WEYL, 1980).

La erosión y posterior depositación de materiales hacia el noroeste de estas islas proporcionó los sedimentos que conformaron el Complejo de Nicoya, el cual se manifiesta en su

mayoría en el litoral Pacífico; en las penínsulas de Nicoya y Osa, así como en las puntas Herradura, Conejo, Guapinol y Catedral, al igual que en el litoral oriental del Golfo Dulce. Es así como la isla del Caño y la Península de Santa Elena son vestigios de este archipiélago.

Al final del Cretácico (aproximadamente 100 millones de años), la mayoría de las islas denudadas se habían erosionado y hundido hasta que posteriormente se produjo un nuevo levantamiento del fondo marino, emergiendo nuevamente el Archipiélago occidental en el Canal Interoceánico a finales del Cretácico y principios del Paleoceno - Eoceno, provocando que se originara la isla Guanarrivas. (MALAVASSI y otros 1985).

En el período Terciario, a principios del Eoceno (60 millones de años) se originó un rejuvenecimiento y plegamiento de las serranías interiores. El crecimiento vertical de unas de ellas fue determinado por la emergencia de una masa considerable de tierra en la parte noroeste de la actual Costa Rica y suroeste de Nicaragua denominada Guanarrivas que corresponde a Guanacaste y Rivas. A finales del Eoceno (50 millones de años), ocurre un hundimiento que sumergió el Espolón de Panamá e hizo desaparecer la isla Guanarrivas.

Al principio del Oligoceno (40 millones de años) fue una época de relativa tranquilidad en el área del canal. A mediados del Oligoceno (32 millones de años) se produce una renovada actividad que aceleró el desarrollo de un corto plegamiento de la cordillera de Talamanca. Al final del Oligoceno (20 millones de años) aparecen las islas sobre el eje de esta cordillera en el suroeste de Costa Rica al oeste de Panamá.

Durante el principio del Mioceno (23 millones de años) el movimiento continuado de la cordillera culminó con el desarrollo

del sistema de fallas de Talamanca Occidental. Es así como durante este periodo los sedimentos del fondo se continuaron plegando y afallando empezando la emersión del territorio Costarricense así como Nicaragua y Panamá. El levantamiento perduró hasta el Mioceno superior con el emplazamiento subsecuente de grandes masas ígneas o intrusivas a través de las fallas originadas por la compresión de la corteza terrestre, formándose la estructura principal de la Cordillera de Talamanca y completando la emergencia de la misma. (CASTILLO, 1984).

La Vertiente del Pacífico del Orógeno Sur Centroamericano se elevó como consecuencia de los movimientos del Pleistoceno (5 a 2 millones de años) dando origen a la emergencia de un puente istmico terrestre el cual unió las dos Américas.

Al final del Plioceno o principio del Pleistoceno (dos millones de años) un extenso afallamiento a lo largo de la costa occidental del istmo elevó y finalmente dejó al descubierto el Complejo Jurásico de Nicoya, este mismo movimiento de ajuste posiblemente ocasionó el afallamiento de la Península de Nicoya así como una nueva cadena de volcanes en la Vertiente del Pacífico que se extendía al Norte de Nicaragua y más allá hacia el Sur en el territorio actual de Costa Rica prolongándose hacia el Este y concluyendo en Turrialba.

En el periodo Cuaternario durante el Holoceno (1 millón de años) la Cordillera de Talamanca se había estabilizado relativamente y ajustado a la estructura actual de la Cordillera de Guanacaste y la Sierra Volcánica Central. Posteriormente se formó la Vertiente del Caribe y las Llanuras del Norte en parte por nuevos levantamientos, pero especialmente por rellenos de material aluvial. (Fig.1).

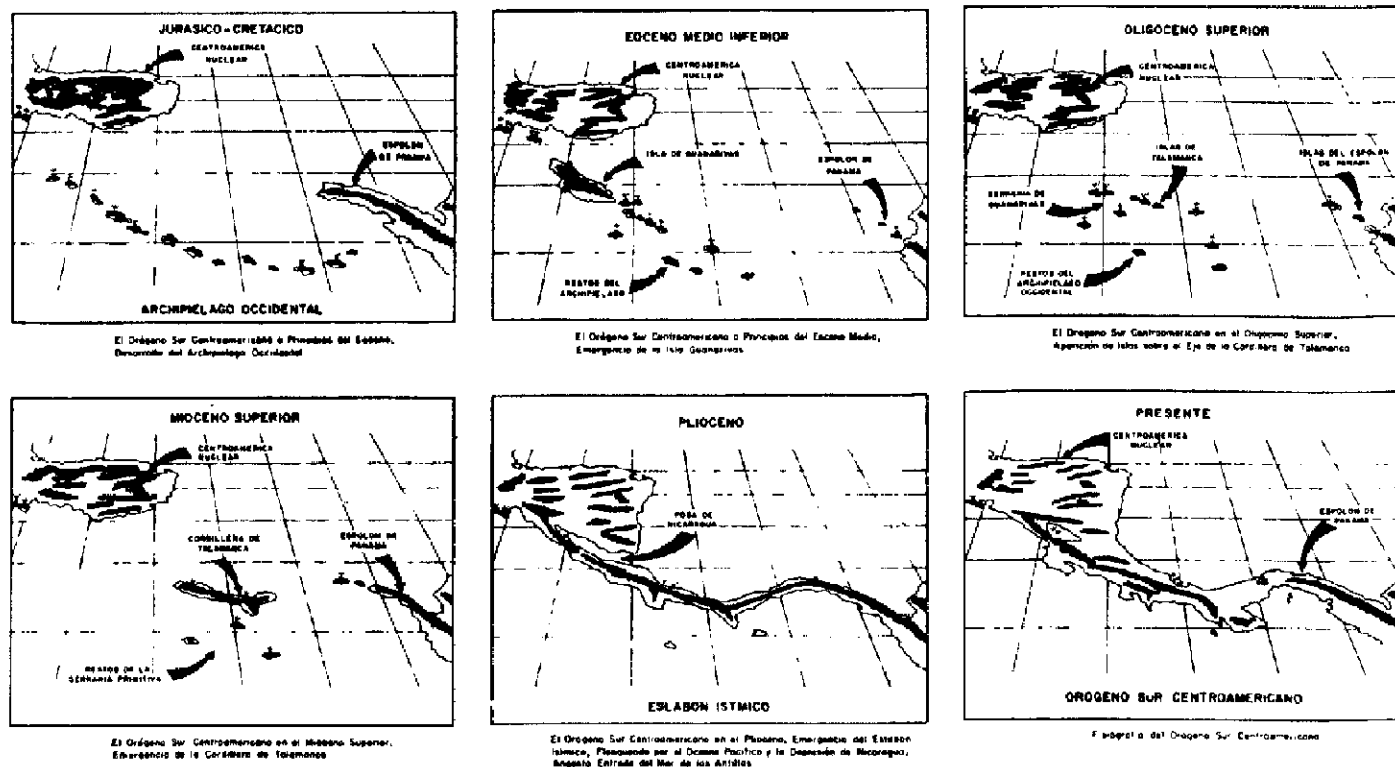


Fig.1: Historia geológica de Costa Rica y otras partes de América Central. de CASTILLO et al 1985.

La Fosa de Nicaragua se había rellenado y de ella solo quedaban encerrados el Lago de Nicaragua y el río San Juan, como testimonio de su primitiva situación. El Orogénio Sur Centroamericano había adoptado la forma que hoy se conoce.

### II.1.2 CLASIFICACION MORFOTECTONICA

Costa Rica se clasifica en dos unidades morfotectónicas denominadas: Fosa Mesoamericana y Placas del Coco y del Caribe (CASTILLO et al 1985).

La fosa Mesoamericana la constituye una depresión que demarca el trazo superficial del contacto entre las placas del

Coco y del caribe; con una dirección NO - SE, desde la costa de México hasta la Península de Osa.

La Placa de Coco se ubica en el Océano Pacífico subduciéndose bajo el manto de la Placa Caribe.

La Placa Caribe se desplaza hacia el este con un espesor alrededor de 30 a 40 Kms. donde el territorio nacional se encuentra asentado, siendo sus principales rasgos tectónicos y estratigráficos el Arco Externo o del Pacífico, el Arco Interno y Arco del Caribe o Area tras Arco.

El Arco Externo lo constituyen rocas antiguas de tipo ofiolítico y roca ultrabásica correspondiendo a la Península de Nicoya, Santa Elena y Osa, así como a las puntas Herradura, Quepos y Burica, Golfos Nicoya y Dulce y los valles Tempisque, Diquís y Coto Colorado.

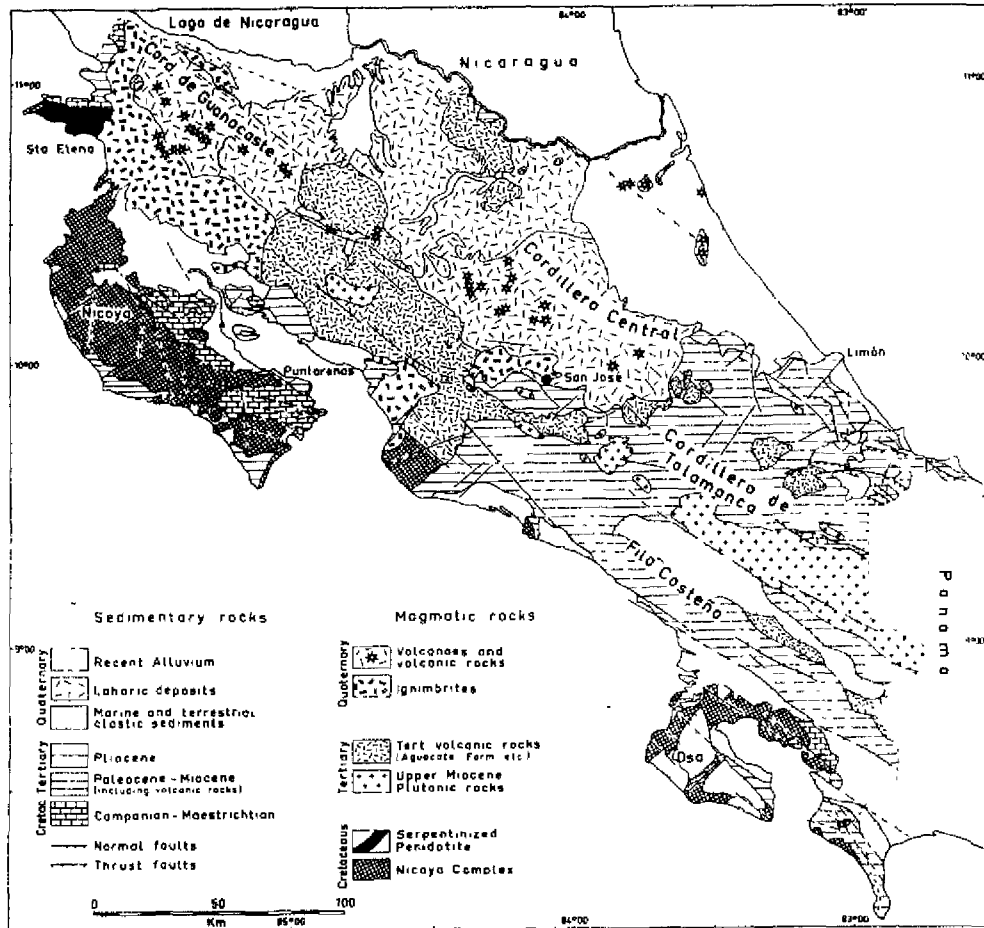
El Arco Interno es el principal rasgo tectónico, este se divide en tres unidades: Arco Pleistónico Volcánico ubicado en la Sierra Volcánica de Guanacaste, Sierra Volcánica Central, Sierra Minera de Tilarán y Cordillera de Talamanca. Una segunda unidad la constituye la Cuenca Intra Arco situada en el Valle Central, Valle del General, Coto Brus y Cordillera de Talamanca, así mismo la depresión del Arenal y la cuenca alta y media del río Reventazón. La tercera unidad la constituye la Cordillera soleventada que corresponde a la Fila Brunqueña. (MALAVASSI, 1985).

El Arco del Caribe y el área Tras Arco en general está relleno de sedimentos clásticos marinos y continentales del terciario y del cuaternario, correspondiendo al área posterior al Arco Interno incluyendo las Llanuras Los Guatusos, Santa Clara, Sarapiquí, Tortuguero y Limón.



### II.1.3 SUBUNIDADES GEOLOGICAS.

El territorio costarricense está constituido por materiales de los periodos Cretácico, Terciario y Cuaternario (ver mapa 1).



Mapa 1: Geología general de Costa Rica. de WEYL 1980.

Las rocas correspondientes al cretácico son de origen volcánico e intrusivo. Las rocas volcánicas corresponden al Complejo de Nicoya, siendo las rocas más antiguas del país las cuales están localizadas en la Península de Nicoya, zona central y sectores suroeste de la provincia de Puntarenas y también al Sur y Suroeste de San José. (Castillo, 1984).

Las rocas sedimentarias, se encuentran principalmente en la parte occidental del país.

Rocas intrusivas, se encuentran en la Península de Santa Elena (Peridiotita), al noroeste de la provincia de Guanacaste así como en la Península de Nicoya (Complejo de Nicoya,).

En el período Terciario se encuentran rocas de origen sedimentario, volcánico e intrusivo.

Las rocas sedimentarias, cubren las zonas del sureste del país y parte de la provincia de Cartago así como la zona sur de la provincia de Alajuela, Puntarenas y Limón, parte de la provincia de San José y pequeños sectores de Guanacaste.

Las rocas volcánicas, están representadas por las rocas del grupo Aguacate las cuales se concentran en una franja con dirección NO - SE, desde Tilarán hasta Cerro Buena Vista (Cerro de la Muerte).

Las rocas intrusivas, corresponden al intrusivo de la Cordillera de Talamanca, localizado en forma dispersa al sureste y zona central del país, y al intrusivo de Guacimal, situado al norte de la provincia de Puntarenas (Castillo, 1984).

Las rocas del período Cuaternario son de origen volcánico y sedimentario.

Las rocas volcánicas, cubren la mayor parte del territorio Costarricense, se localizan en la Sierra Volcánica de Guanacaste. Sierra Volcánica Central, Llanuras de San Carlos y de Los Guatusos, al sur y oeste de la Sierra de Guanacaste.

Las rocas sedimentarias, corresponden a depósitos fluviales, coluviales, costeros recientes y pantanos, los cuales se localizan al norte del país en el Valle del Tempisque en la zona sur de la provincia de Puntarenas y en pequeños sectores del territorio nacional. Las rocas de este período son las más recientes del país.

## II.2 Geomorfología

Geomorfológicamente, en Costa Rica pueden distinguirse tres regiones principales: Las cadenas montañosas con dirección noroeste sureste, tierras bajas del Pacífico y Regiones Costeras y las tierras bajas del Caribe y Vertiente Norte (ver mapa 2).



Mapa 2: Unidades morfotectónicas de Costa Rica. de WEYL 1980.

## II.2.1 CADENAS MONTAÑOSAS.

Esta región la conforman cinco unidades:

### Sierra Volcánica de Guanacaste.

La Cordillera Guanacaste con dirección NE - SE, es de origen volcánico donde sus principales edificios son Volcán Orosí, Rincón de la Vieja, Miravalles, Tenorio y Arenal así como volcán Góngora el Cacao y el Chato.

Con dirección este y sureste de la Sierra Volcánica de Guanacaste se extiende una meseta cuyos materiales pertenecen al Pleistoceno (Meseta Volcánica de Santa Rosa), la cual se inicia al pie de los volcanes continuando hacia la costa, formándose un escarpe que se inicia a los 300 m.s.n.m, terminando a los 100 m.s.n.m, la cual contiene el Valle del Tempisque. (GOMEZ, 1986)

### Sierra Minera de Tilarán.

Esta unidad se inicia al norte con la falla de Arenal y termina al suroeste en la falla de Las Juntas. La constituyen un conjunto de edificios que presentan una litología uniforme originadas por rocas volcánicas y plutónicas del Terciario Superior, los cuales son: Sierra de Tilarán, Cerros Cedral de Miramar, Cerro de San Antonio, Cerros de Abangares y la Fila de Aguacate en la cual se encuentran tres relictos volcánicos (Cerro Pelón, Cerro Tinaja y Cerro Mondongo). Los cerros de Manzanillo no pertenecen a la Sierra Minera de Tilarán, sino a las serranías de Nicoya las cuales han sido separadas por subsidencia del Valle del Tempisque. (WEYL, 1980).

### Sierra Volcánica Central.

Tiene una orientación O-NE,NO-ESE-SE. Presenta varios conos volcánicos como son: Volcán Viejo, Volcán Poás, Volcán Barva, Volcán Irazú y Volcán Turrialba. Además se pueden encontrar al N y al NNE varios edificios volcánicos residuales entre los cuales se tiene el Porvenir, Volcán Congo y el Volcán Platanar, que forman parte del Volcán Poás, así como el Volcán Cacho Negro y el Cerro Camaquirí que forman parte del Volcán Barva.(GOMEZ, 1986)

### Valle Central.

Presenta una extensión de 3257 Km<sup>2</sup>. Es una depresión tectovolcánica que se desarrolla entre la fila de conos de la Sierra Volcánica Central por el norte; la Fila Candelaria y una serranía compuesta de sedimentos marinos conocida como Formación Sedimentaria del sur de San José, por el borde meridional; los Montes del Aguacate al oeste y las estribaciones de la Cordillera de Talamanca por el oeste. Este se divide en el Valle Occidental, en el se ubican ciudades como San José, Heredia, Alajuela, San Ramón, etc. y el Valle Oriental en que se encuentran las ciudades de Cartago, Juan Viñas y Turrialba, ambos se encuentran separados por el Alto de Ochomogo. Asimismo drenan este Valle Occidental el Río Grande de Tárcos y sus afluentes hacia el Pacífico y el río Reventazón el Valle Oriental. (FLORES, 1981)

El basamento del Valle Central está formado por materiales de relleno correspondientes a rocas volcánicas del Pleistoceno en sus capas superiores, los estratos profundos son sedimentarios (calizas de la formación Patarrá y Chilena), que afloran en varios sectores del valle.(GOMEZ,1986)

### Cordillera de Talamanca.

Esta se inicia al SO del Valle Central (frente al volcán Irazú), hasta el macizo volcánico de Chiriquí en Panamá. Está constituida por materiales sedimentarios marinos del Terciario alternados por rocas plutónicas y volcánicas del Mioceno Superior con una topografía abrupta hacia el Pacífico y más prolongada hacia el Caribe. En esta Cordillera se observan sierras y valles pliocénicos en los cuales se localizan las mayores elevaciones del país como es el macizo de Buenavista o cerro de la Muerte, macizo de Cuereci, macizo de Chirripó o de Chirripó Grande con 3820 m.s.n.m (máxima altitud de Costa Rica).

En las partes más altas de esta cordillera (cerro Kamuk 3554 m. y cerro Chirripó 3820 m), se presentan vestigios de la glaciación pleistocénica. Presentando de este modo una morfología periglacial.(GOMEZ, 1986)

### Valle del General.

Este valle se ubica al oeste de la cordillera de Talamanca, con una longitud aproximada de 120 Kms. Limitando al NO, O y SO, con la Fila Costeña o Brunqueña.

Corresponde a un relleno volcanoclasticos y gravas del plioceno y pleistoceno en forma de terrazas cubiertas por suelos lateríticos meteorizados que dieron origen a depósitos bauxíticos.

Pueden observarse en esta unidad afloramientos de la Formación Brito (Paso Real), la cual presenta relictos arrecifales, así como areniscas foraminíferas. Este afloramiento recibe el nombre de Fila de Cal y presenta una dirección SSE penetrando en Panamá con el nombre de Formación David.

### La Fila Costeña o Brunqueña.

Se separa de la Cordillera de Talamanca por el Valle del General, considerándose como el segundo sistema orográfico del país por su longitud. Corre paralela a la costa Pacífica desde el río Savegre hasta el Valle de Chirriquí en Panamá. Esta Fila la constituyen principalmente materiales sedimentarios marinos del Terciario, con afloramientos de la Formación Brito. Así mismo los estratos superiores corresponden a materiales volcánicos del Plioceno y Cuaternario. (WEYL, 1980).

#### II.2.2 LAS TIERRAS BAJAS DEL CARIBE Y VERTIENTE NORTE

Las tierras bajas se localizan hacia el E y NE de la Sierra Volcánica de Guanacaste y Sierra Minera de Tilarán, así como al N y NE de la Sierra Volcánica Central.

Estas tierras presentan una topografía llana que se extiende hacia el norte hasta el Río San Juan. La Vertiente Norte la constituyen la Llanura de Guatusos, las Llanuras de San Carlos, y las Llanuras de Tortuguero. Estas tierras corresponden a rellenos con materiales de origen aluvial. En las diferentes llanuras existen relictos de edificios volcánicos como lo son: el cerro Coronel, Cerro Cocorí, Cerro Tortuguero, Cerro Chaparrón y Loma de la Mona, originados por vulcanismo de tipo intragraben. (GOMEZ, 1986)

Con dirección SE entre la línea de costa y la Fila del Carbón se observa una planicie costera aluvial correspondiente a depósitos marinos y relictos arrecifales del Plioceno-Pleistoceno. Así mismo encontramos en Punta Cahuita y Limón terrazas coralinas y hacia el Sur de Puerto Limón se localizan la planicie aluvial de los ríos Limoncito, Banano y Bananito.

Al sur de la Fila Matama y NO y N de la Fila Suretka y Carbón se encuentra el Valle del río la Estrella cuyo origen es del Cuaternario. Además se tiene en este sector el valle del río Sixaola constituido por la coalescencia de los abanicos de los ríos Telire, Coén, Lari y Urén, correspondiendo a una llanura aluvial de inundación con un relleno de rocas sedimentarias del pleistoceno. (GOMEZ, 1986)

Al oeste del Valle del río Sixaola se encuentra el Valle de Talamanca o Valle de Telire de origen Pliocénico.

### II.2.3 TIERRAS BAJAS DEL PACIFICO Y REGIONES COSTERAS.

El litoral Pacífico de Costa Rica presenta numerosos accidentes geográficos, como lo son: penínsulas, puntas, bahías, y golfos.

La Península de Nicoya, es de origen Cretácico, correspondiente al Complejo de Nicoya, el cual aflora en varios puntos del Litoral Pacífico, tales como: Península de Herradura, los acantilados de Jacó y Quepos, así como en la Península de Osa y Punta Burica. (WEYL, 1980).

La Península de Nicoya, esta constituida de serranías denudadas, con crestas y valles angostos en muchos casos reducidos a la amplitud de los cursos de agua de sus simas.

Al este y noreste de la Península de Nicoya se encuentra el Valle del Río Tempisque. Hacia el sur el valle constituye el Golfo de Nicoya, en el cual se encuentran algunas Filas entre las cuales están: Chira, Bejuco, Caballo y San Lucas.

El valle es clasificado como una forma de sedimentación aluvial donde se localizan una serie de cerros aislados por



acción fluvial tales como: Cerro del Rosario, Fila Catalina y Fila blanca entre otros en conjunto con conos de talúd, terrazas y canales abandonados.

La Península de Santa Elena localizada en el extremo noroeste del territorio costarricense, esta compuesta de peridotita-serpentina, son las rocas más antiguas correspondiendo a un período post- Eoceno. (WEYL, 1980)

Hacia el SO del Litoral Pacífico se localiza la Península de Osa la cual la constituyen una serie de serranías de origen tectónico y erosivo. Corresponden a ella el Cerro Sierpe, el Cerro Brujo, Cerro Rincón y Cerro Osa. Así mismo se encuentran llanuras aluviales como lo es la Llanura de Corcovado la cual data del Pleistoceno. (GOMEZ, 1986)

La Península de Punta Burica, esta constituida por rocas del Complejo de Nicoya.

Por otro lado tenemos la Planicie Costera de Puntarenas constituida por sedimentos fluviales de los ríos Aranjuez, Ciruelas, Sardinal y Barranca entre otros.

La Terraza Esparza-Orotina, la constituye un relleno establecido sobre rocas sedimentarias de la Formación Carballo, correspondiente al Mioceno Superior, en esta planicie se encuentra la planicie aluvial del río Grande de Térrabes.

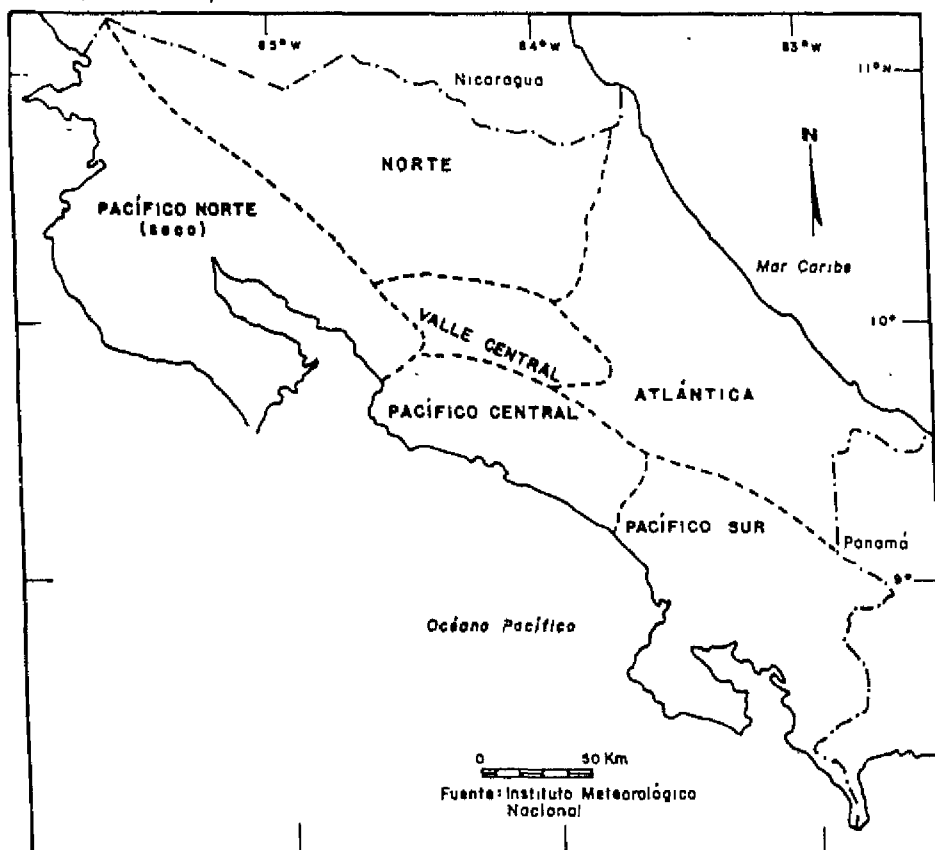
El Valle del Parrita, es una planicie con lomas bajas al N y NE de Quepos los cuales representan relictos de un paleoabánico de sedimentación. Por otro lado al oeste de la Fila costeña se localiza el Valle de Diquís con capas superficiales de tipo aluvial sobre sedimentos marinos, el cual constituía un sistema deltaico del río Grande de Térraba.

Por último se tiene el Golfo Dulce, el cual es originado por tierras subsidentes por afallamiento que al mismo tiempo originó el Valle de Río Esquinas. Posteriormente encontramos el Valle de Coto Colorado correspondiendo este a una planicie de aluvión, con una topografía plano - concava interrumpida por los cerros de la Fila del Golfo así como por las Filas de Cal y Las Cruces.

### II.3

### CLIMA

De acuerdo a las características que presenta el viento y su efecto directo en la distribución temporal de la precipitación en Costa Rica, el Instituto Meteorológico Nacional ha definido cinco regiones climáticas: Región Pacífico Norte, Pacífico Central, Pacífico Sur, Valle Central y la región Caribe y Norte del país. (Ver mapa 3)



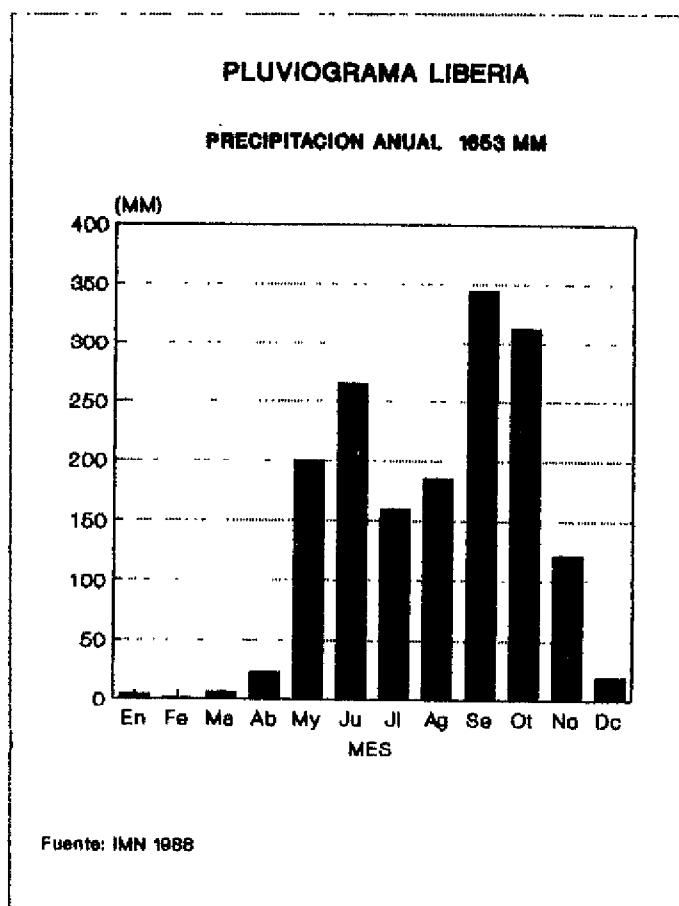
Mapa 3: Zonas climáticas de Costa Rica. de IMN.

Los aspectos generales del clima están tomados de CAMPOS (1989).

### II.3.1 REGION PACIFICO NORTE.

La región del Pacífico Norte comprende la provincia de Guanacaste y la parte norte de la provincia de Puntarenas desde la desembocadura del río Grande de Tárcoles hacia el norte y los cantones de Orotina y San Mateo.

Las zonas bajas de esta región (llanuras, costas, etc) se caracterizan por tener una estación seca bien definida que se prolonga de diciembre a abril y una estación lluviosa que va de mayo a noviembre con una disminución relativa de la cantidad de lluvia en los meses de julio y agosto, conocida como "veranillo". Los meses más lluviosos son junio, setiembre y octubre y los menos lluviosos son enero, febrero y marzo (ver fig.2).



La lluvia promedio anual varía desde los 1.400 mm en las zonas bajas hasta los 2.500 mm. en las zonas de mayor altitud.

En la región del Pacífico Norte, se observa para la estación Liberia que las intensidades de las lluvias máximas con duraciones cortas superan las intensidades del resto de las estaciones, presentándose una reducción de las intensidades de las lluvias para duraciones largas, predominando las tormentas para eventos extremos (VAHRSON et al. 1988, ver fig. 3).

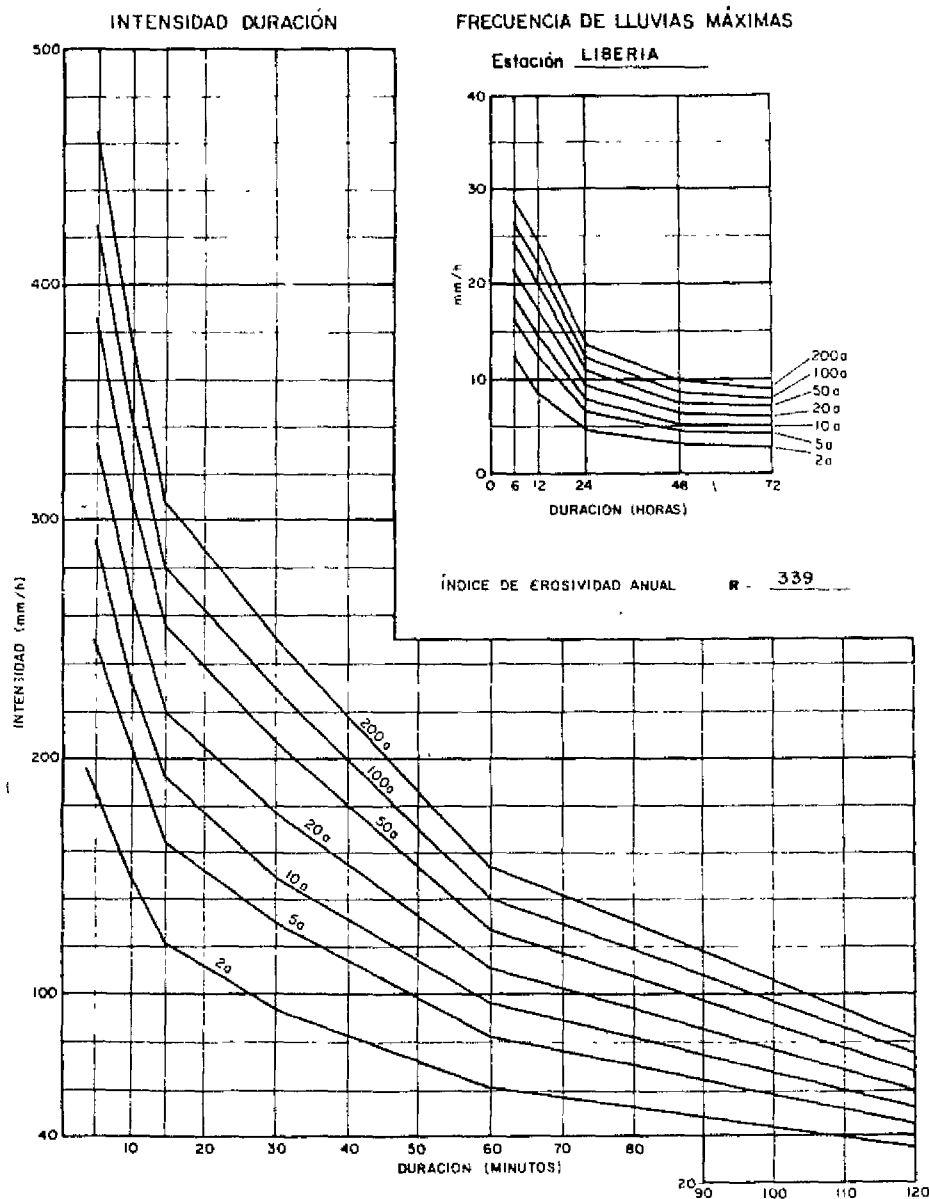


Fig. 3: Intensidades máximas en Liberia. de VAHRSON et al 1988.

La temperatura promedio anual oscila entre los 25 y 28 °C en las zonas más bajas y alrededor de los 23 y 17 °C en las zonas más altas (faldas de la Sierra de Guanacaste y Sierra Minera de Tilarán) .

La velocidad promedio anual del viento en toda la región es aproximadamente de 10 Klm/hr. La humedad relativa promedio mensual oscila entre los 60 y 65 % en los meses secos y en la estación lluviosa esta oscila entre los 80 y 85 % .

### II.3.2 REGION PACIFICO CENTRAL

Esta región comprende lugares de las provincias de Puntarenas y San José, extendiéndose desde el río Grande de Tárcoles hasta la desembocadura del río Barú.

En las zonas costeras la precipitación promedio anual varía entre los 3000 mm. y 4000 mm. Mientras que en las partes más altas la precipitación oscila alrededor de los 6000 mm.

En esta zona el período lluvioso

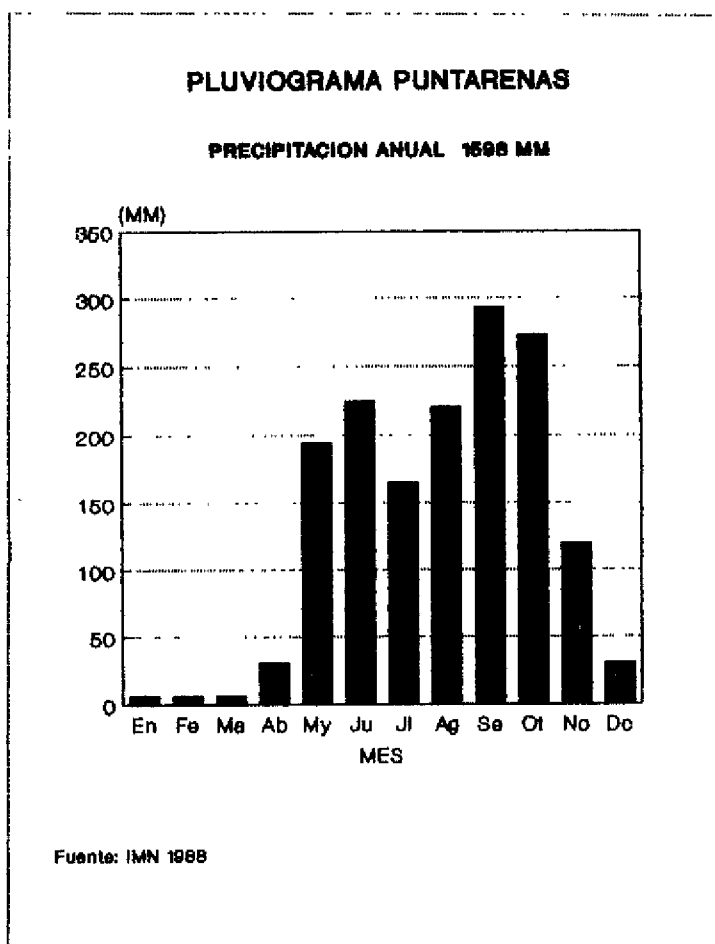


Fig. 4: Pluviograma Puntarenas

generalmente se extiende de abril hasta diciembre mientras que el período seco va del mes de enero a marzo (ver fig.4).

En el caso de las intensidades de las lluvias para la estación Puntarenas se observa que para duraciones cortas las intensidades son menores que en el caso de Liberia, lo mismo que para duraciones superiores a 6 horas. Para duraciones entre 1 y 6 horas presentan un comportamiento casi igual (ver fig.5).

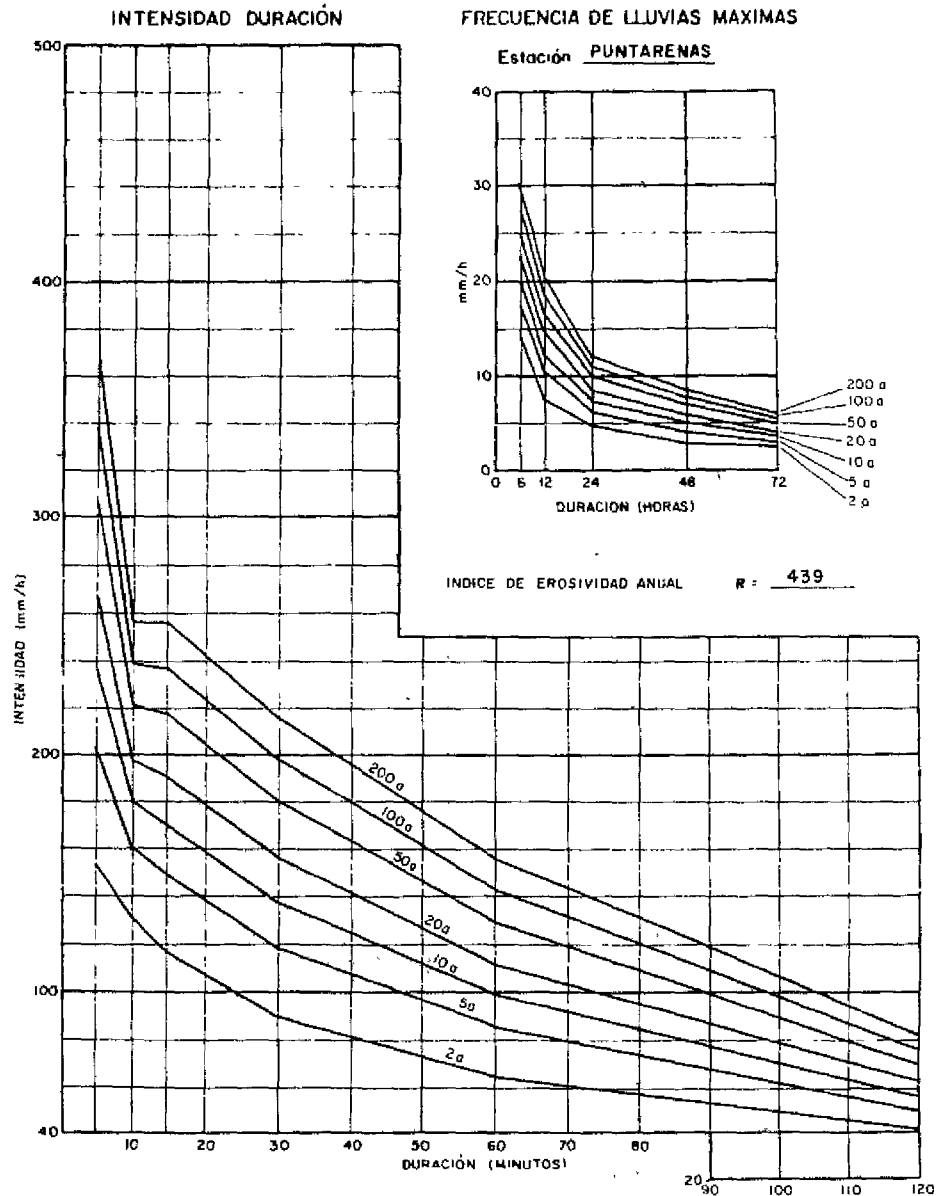


Fig. 5: Intensidades máximas de Puntarenas. de VAHRSON et al 1988

La temperatura promedio anual varía desde los 27 °C en las zonas costeras y hasta los 20 °C en las partes altas, la humedad relativa oscila alrededor de los 85 % anual.

### II.3.3 REGION PACIFICO SUR.

Comprende la parte sur de la provincia de Puntarenas y parte de la de San José (Valle del General).

Debido a las formas topográficas de la región, la precipitación promedio anual varía bastante. En la zona costera esta oscila entre los 3000 mm. y 4000 mm. En el Valle del General se presenta el mínimo de precipitación de la región con 2.200 mm. anuales y en la Península de Osa el máximo con más de 5.000 mm. anuales.

Existen dos periodos muy definidos (seco y lluvioso), siendo abril y noviembre, meses de transición entre los dos. El mes más lluvioso suele ser octubre y el más seco febrero (ver fig.6).

En esta región se observa una reducción de las intensidades máximas de las lluvias con duraciones cortas, mostrando Palmar Sur las menores intensidades máximas para duraciones

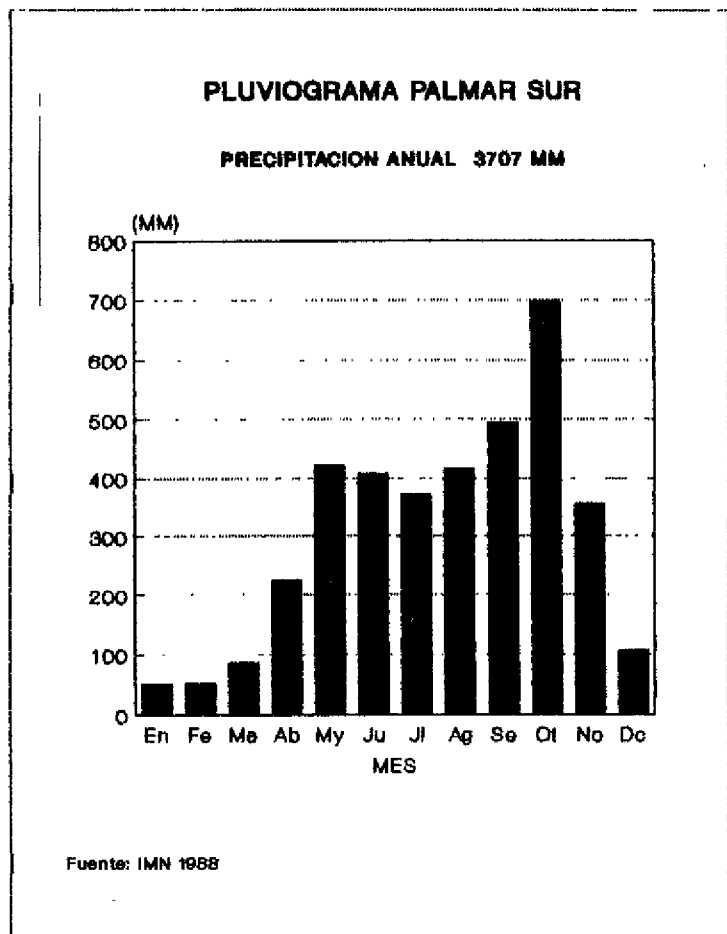


Fig.6: Pluviograma Palmar Sur

cortas (ver fig.7). Lo contrario pasa con lluvias de duraciones largas.

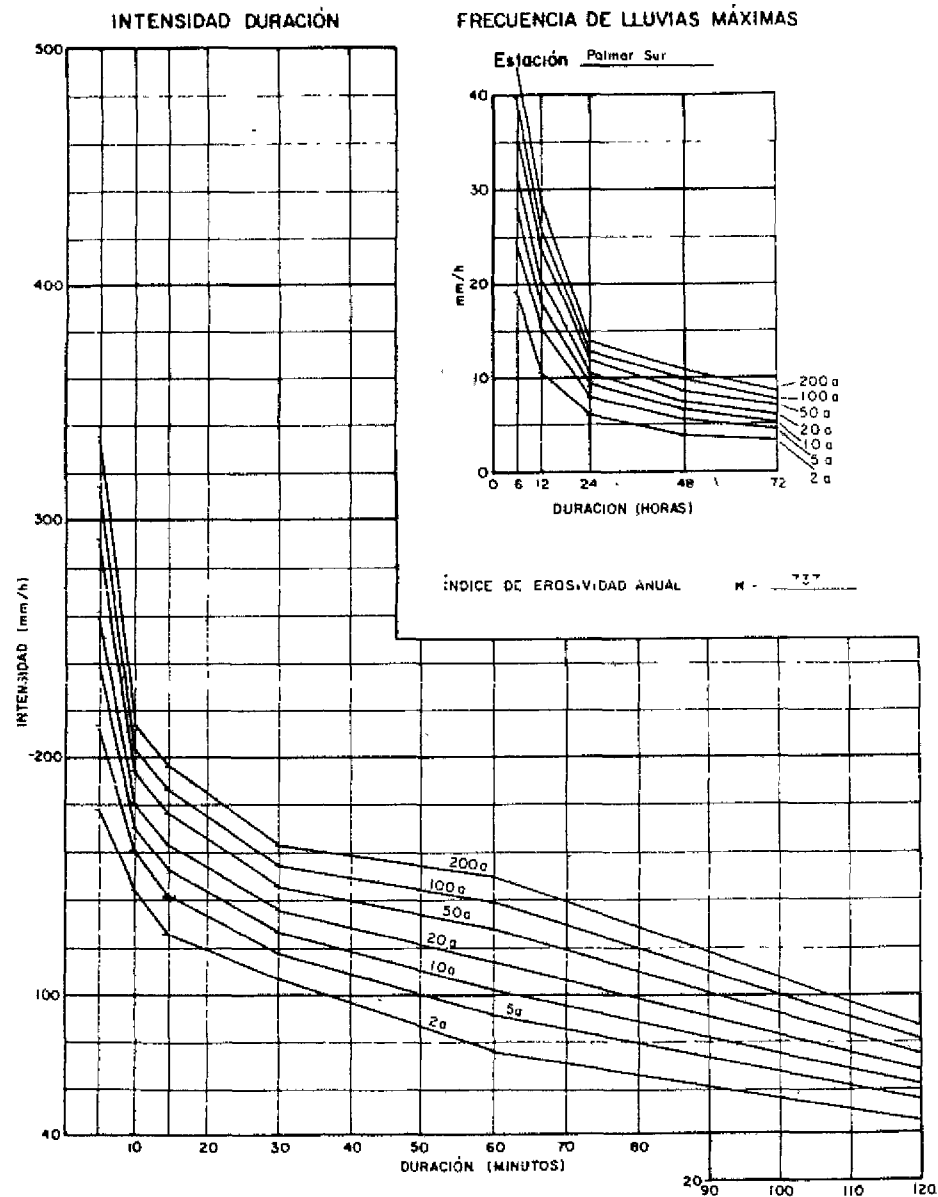


Fig. 7: Intensidades máximas de Palmar Sur. de VAHRSON et al 1988

Las temperaturas medias anuales oscilan entre los 25 °C y 30 °C en las cercanías cercanas a las costas. Y valores menores a 10 °C en las partes altas de la Cordillera de Talamanca. La humedad relativa en esta región varía entre un 81 % en febrero y un 91 % en octubre.



## II.3.4 REGION DEL VALLE CENTRAL

La precipitación promedio anual varía entre los 1.500 mm. y 2.500 mm anuales sobre los valles. En las partes más altas de la región la precipitación oscila entre los 2.500 mm. y 3.500 mm (ver fig.8).

Esta región presenta una estación seca que se prolonga

desde el mes de diciembre a abril y un período lluvioso que va del mes de mayo a noviembre.

Esta región presenta un comportamiento diferente a las otras regiones. En la estación El Coco las intensidades máximas de las lluvias para todas las duraciones analizadas son bajas a moderadas (ver fig.9).

La temperatura promedio anual varía entre los 19 °C y 22 °C en el valle. Mientras que en las partes más altas se registran temperaturas hasta de 10 y 5 °C. La humedad relativa promedio anual es de 82 % .

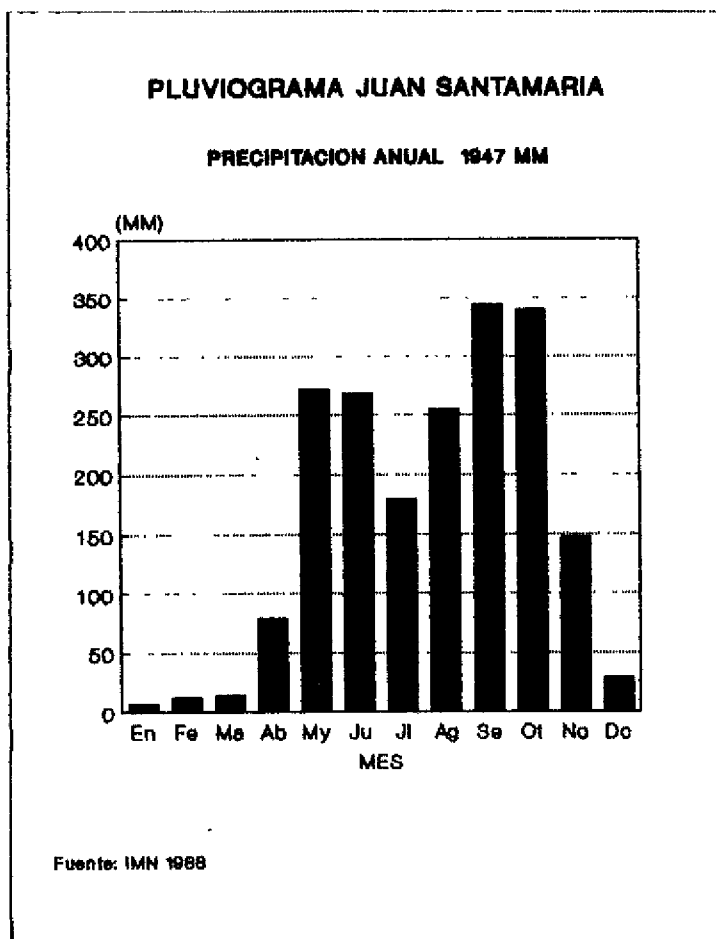


Fig. 8: Pluviograma Juan Santamaria

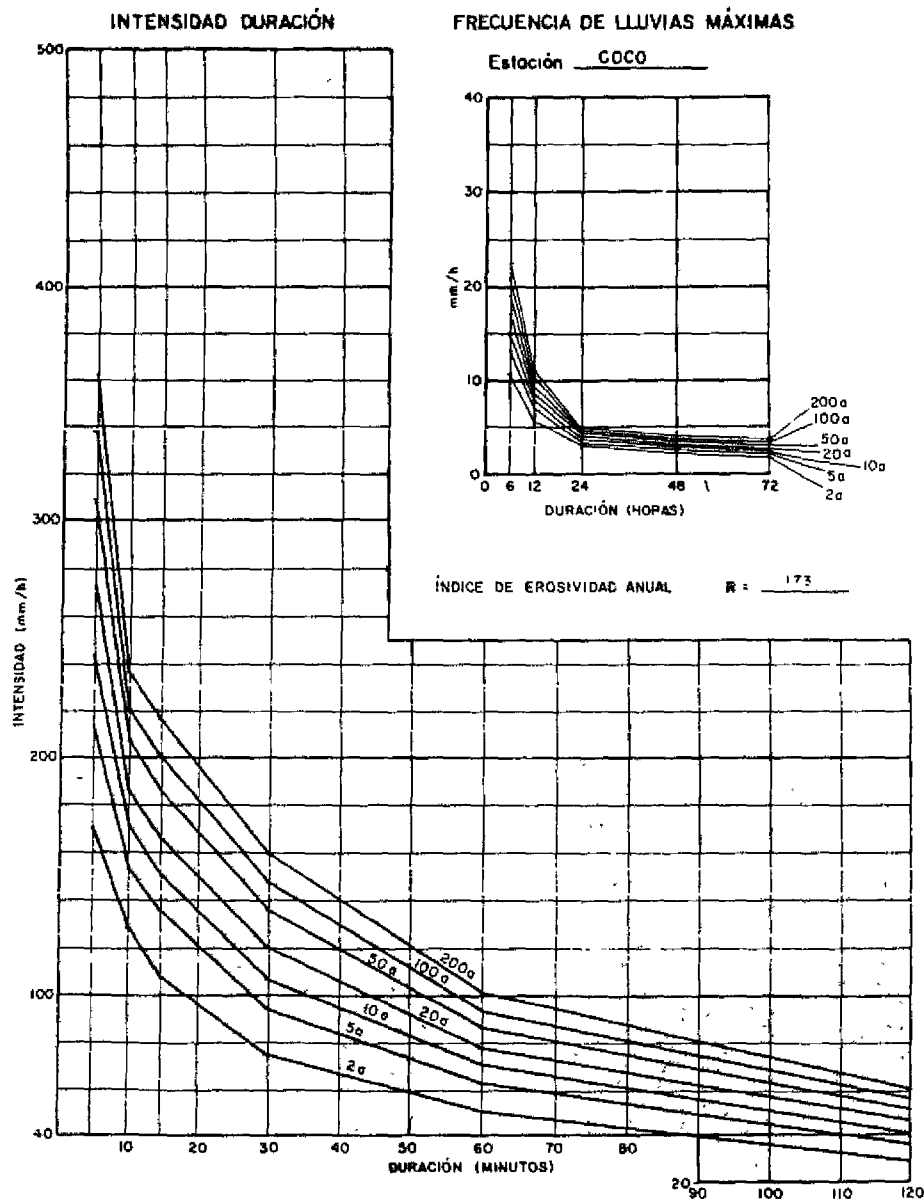


Fig.9: Intensidades máximas Juan Santamaría.de VAHRSON et al 1988

### II.3.5 REGION CARIBE Y NORTE.

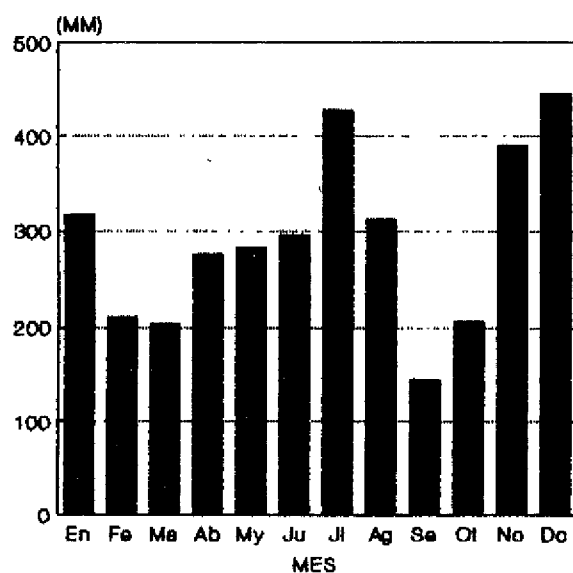
Se considera como una de las regiones más húmedas de Costa Rica. Esto debido a la constante entrada de humedad transportada por el viento alisio desde el Mar Caribe.

La cantidad de lluvia varía desde los 3 000 mm. en las zonas costeras y alrededor de 4500 mm hasta un máximo de 7000 mm en algunas zonas con altitudes alrededor de 2000 m.s.n.m.

Esta región en las zonas montañosas no cuenta con una estación seca bien definida, solamente se produce un mínimo relativo en la precipitación en los meses de marzo y abril (ver fig.10 y 11).

#### PLUVIOGRAMA LIMÓN

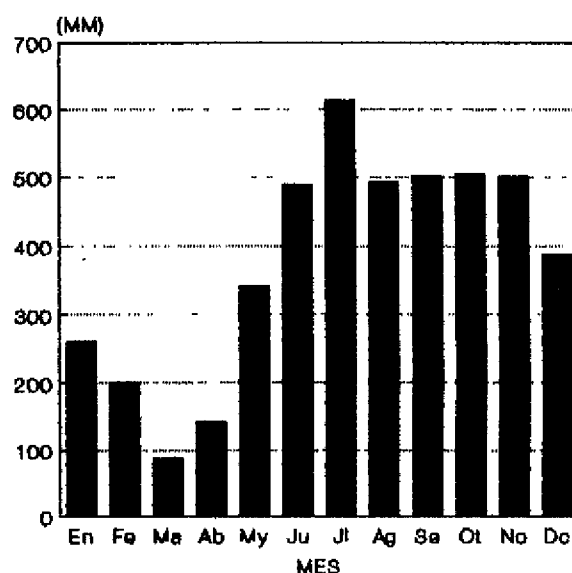
PRECIPITACION ANUAL 3531 MM



Fuente: IMN 1988

#### PLUVIOGRAMA SAN CARLOS

PRECIPITACION ANUAL 4522 MM



Fuente: IMN 1988

Fig. 10 y 11: Pluviogramas de Limón y San Carlos

En las zonas cercanas a las costas se pueden distinguir dos períodos relativamente secos, uno cubre los meses de febrero y abril y otro los meses de setiembre y octubre.

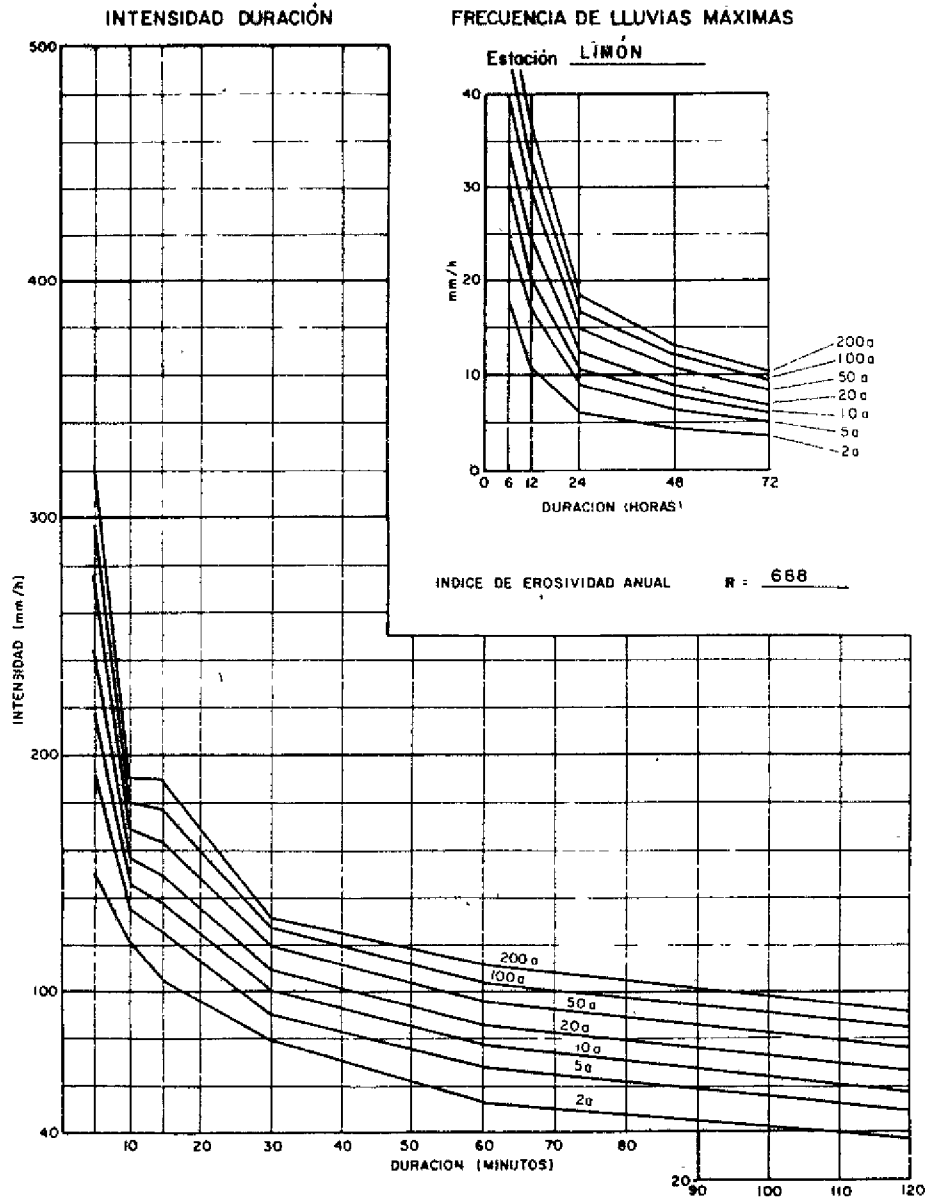


Fig. 12: Intensidades máximas Limón. de VAHRSON et al 1988.

En la región del Caribe las intensidades de las lluvias para períodos cortos no son muy altas, sin embargo para períodos largos las intensidades son altas. Para el caso de Limón los

eventos máximos se han dado por temporales y no tanto por tormentas. En la región Norte, a pesar de que el régimen de precipitación es similar, para el caso de San Carlos, sin embargo las lluvias con duraciones cortas poseen intensidades máximas mayores y para duraciones largas intensidades máximas menores (ver fig.12 y 13).

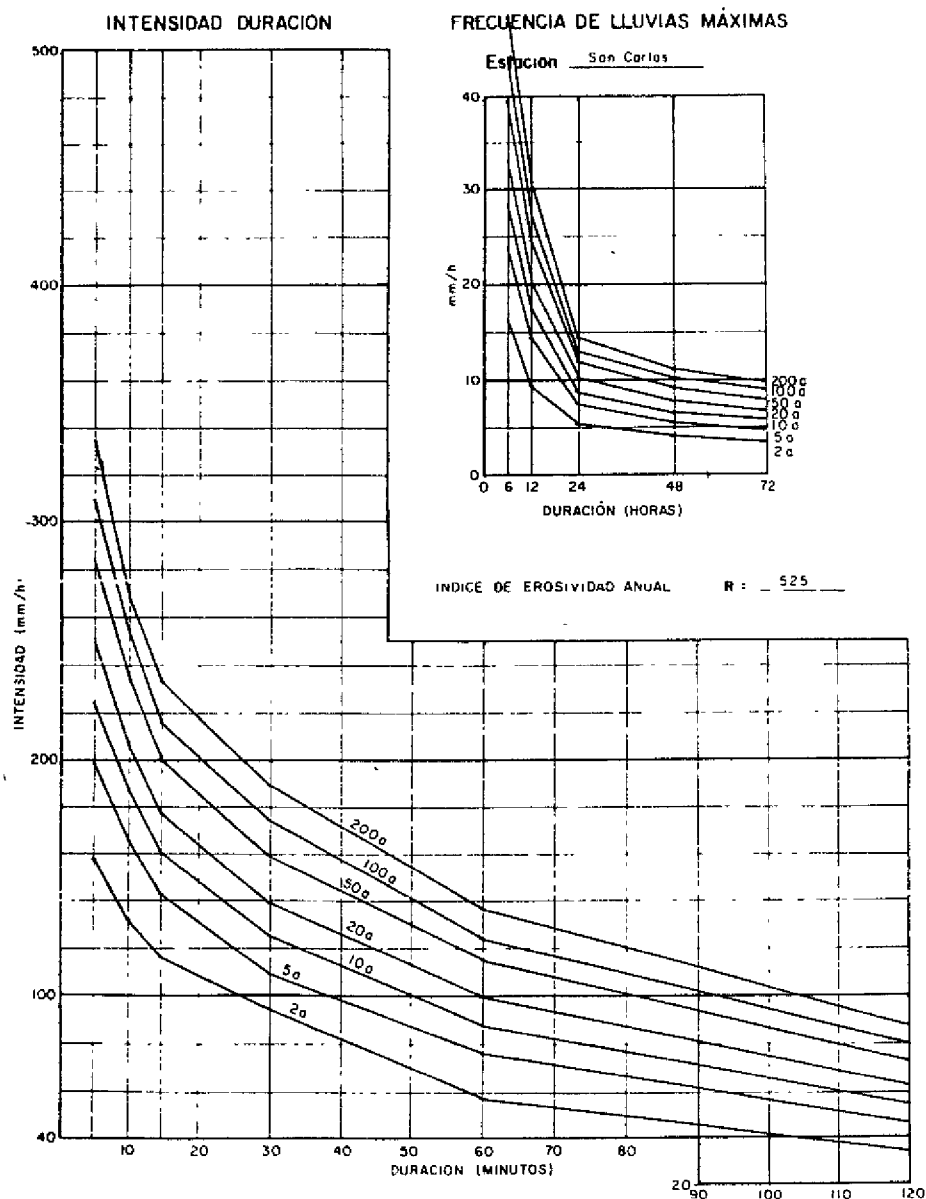


Fig.13: Intensidades máximas de San Carlos. de VAHRSON et al 1988

La temperatura promedio anual en las regiones más bajas oscila entre los 27 °C y 30 °C. La humedad relativa presenta poca variación oscila alrededor de 86 % como promedio anual.

#### II.3.6 SITUACIONES METEOROLOGICAS QUE PUEDEN PROVOCAR INUNDACIONES

Según Ramirez (1988), se presentan en Costa Rica, tres tipos de eventos meteorológicos severos que pueden producir inundaciones y avalanchas:

- Lluvias prolongadas (temporales)
- tormentas locales severas
- La combinación de estas.

Mientras las lluvias prolongadas presentan una amenaza de inundaciones para zonas en las llanuras aluviales, las tormentas locales, muchas veces en combinación con deslizamientos, son una amenaza para las partes montañosas con tiempos de concentración cortos. Aquí pueden provocar avalanchas de piedras y lodo e inundaciones relámpagos (ver VAHRSON, CARTIN & PATTERSON 1988, ICE, 1988).

Las lluvias prolongadas (temporales) son causadas por disturbios meteorológicos a escala sinóptica, que se caracteriza por la extensión de las áreas afectadas. Las intensidades son generalmente bajas, pero las cantidades han llegado hasta 940 mm en cuatro días en la Vertiente Caribe y 680 mm en la región costera del Pacífico (RAMIREZ, 1988). Los siguientes párrafos con una cita textual de RAMIREZ (1988):

"HIDALGO (1980) ha resumido las causas de lluvias excesivas así:

"HIDALGO (1980) ha resumido las causas de lluvias excesivas así:

En la Vertiente Atlántica:

- 1) Centros de baja presión o vaguadas al norte de Panamá que intensifican el viento del este (Alisio) sobre el país,
- 2) Desplazamiento hacia el suroeste del centro de alta presión semipermanente o su dorsal que normalmente se encuentra sobre las Bermudas.
- 3) Centros de baja presión en las partes altas de la atmósfera que se transportan desde el Caribe hacia Centroamérica.
- 4) La penetración hasta Centroamérica de frentes fríos.

Los centros de baja presión producen lluvias intensas con mayor frecuencia entre junio y octubre, el desplazamiento de la zona de alta presión semipermanente lo hace en julio o agosto, los centros de baja presión en altura en julio, agosto y diciembre y la penetración de frentes fríos en diciembre, enero y febrero.

En la Vertiente Pacífica:

- 1) Huracanes y tormentas tropicales en el Caribe, cuyo efecto se da entre agosto, noviembre y octubre.

Ambos tipos de disturbios, a pesar de estar en el Caribe, afectan la vertiente del Pacífico porque originan una corriente profunda de vientos del suroeste, que arrastran masas de aire caliente y húmedas desde el Océano Pacífico. Este flujo se suma al ciclo diario de brisa de mar que penetra tierra adentro. Las

masas de aire húmedas ascienden sobre las pendientes de la Vertiente Pacífica, lo que intensifica su inestabilidad. Cuanto más espesa sea esta capa de vientos del suroeste, habrá mayor inestabilidad atmosférica. La nubosidad asociada a estos fenómenos generalmente es estratificada por lo que la lluvia que generan es moderada.

En todo el país

La Zona de convergencia Intertropical, la cual se ubica ocasionalmente sobre el país entre mayo y noviembre, puede producir lluvias intensas sobre todo el territorio.

De todos estos fenómenos meteorológicos, los más frecuentes son los disturbios que afectan el régimen de precipitación de la Vertiente Caribe (Atlántica), por esta razón, las lluvias intensas son más frecuentes en la Vertiente Caribe (Atlántica) que en la Pacífica.

Una tabulación efectuada por HIDALGO (1978) de estos disturbios muestra su frecuencia relativa durante el periodo 1969- 1978.

[illegible]



## Donde:

|      |                                                                  |
|------|------------------------------------------------------------------|
| LV   | Línea de vaguada                                                 |
| CBC  | Centro de baja presión sobre el Caribe                           |
| AB   | Anticiclón                                                       |
| ZCIT | Zona de Confluencia Intertropical                                |
| H    | Huracanes                                                        |
| BP   | Baja presión cerca de la costa Atlántica de Costa Rica y Panamá. |
| BS   | Baja segregada en altura.                                        |

Cuadro 3 Número de casos de disturbios causantes de lluvias intensas por mes entre 1969 y 1978. (Tomado de HIDALGO 1978).

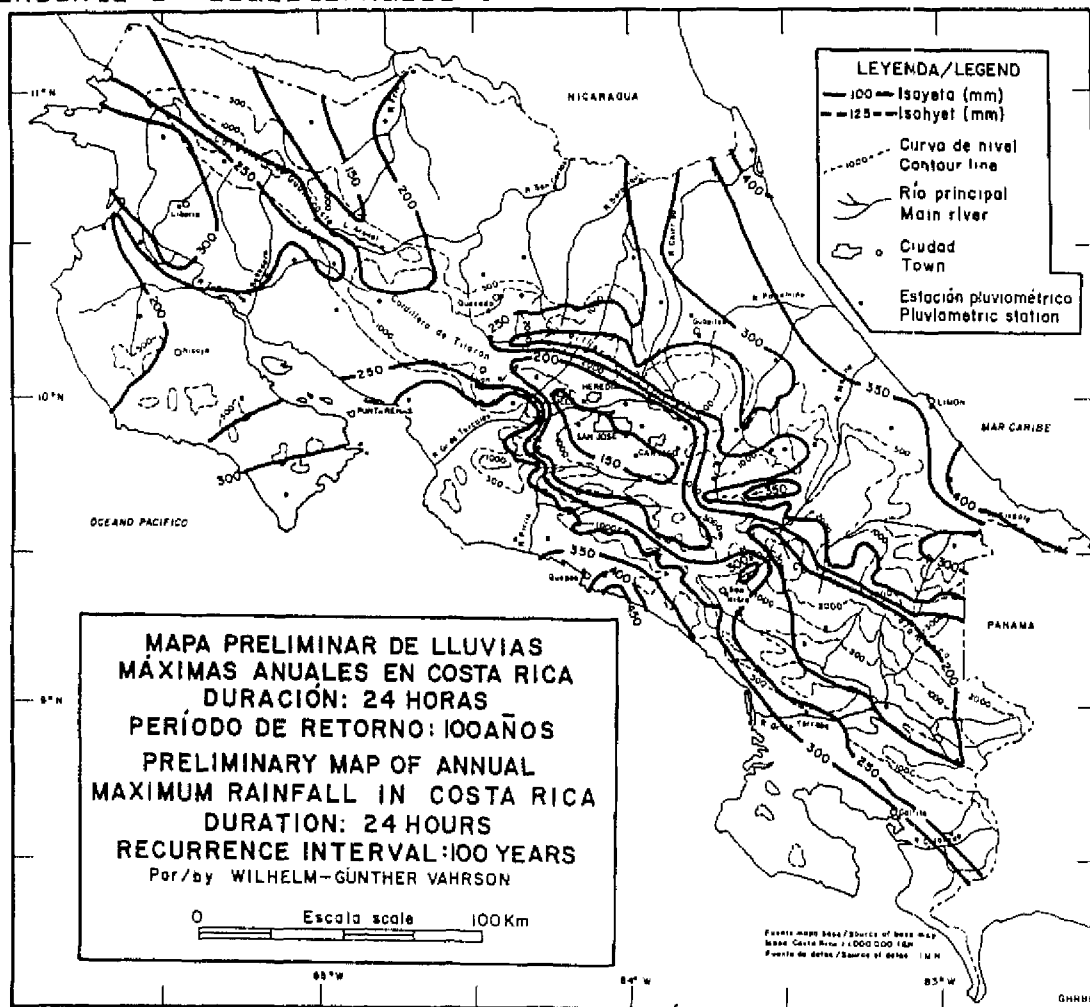
## Tormentas locales severas

Lomo su nombre lo indica estas tormentas están confinadas a áreas geográficas relativamente pequeñas, del orden de las decenas de kilómetros cuadrados y generalmente están asociados con truenos, relámpagos, rayos y/o granizo.

Las tormentas severas de corta duración, son causadas por nubes cumulonimbus que alcanzan gran desarrollo vertical, con alturas entre 12 y 15 kilómetros. Estas tormentas pueden acumular grandes cantidades de precipitación en períodos de unas pocas horas. Su período de gestación también es corto, por lo general no mayor de seis horas.

Otro ejemplo de este tipo de tormentas muy locales, son las lluvias de corta duración y gran intensidad, que acumulan más de 50 milímetros en una hora y que producen inundaciones en las áreas urbanas por el desborde de alcantarillas y cauces que pasan por las ciudades, especialmente en San José.

Estas lluvias intensas, por lo general se dan a lo largo de un frente de convergencia que se forma por las tardes durante la estación lluviosa dentro del Valle Central. El viento Alisio con dirección este o noroeste mas frío, se encuentra con la "Brisa de mar" viento con dirección del suroeste que arrastra gran cantidad de humedad. Si bien esta convergencia se da casi todas las tardes durante la estación lluviosa, en días en que esta convergencia es muy fuerte, a lo largo del frente se forman grandes nubes cúmulos que producen lluvias intensas, tormenta eléctrica y algunas veces fuertes corrientes de viento descendente o "Seudotornados".



Mapa 4: Las cantidades de un evento máximo centenario con una duración de 24 horas. de VAHRSON 1988

Un análisis probabilístico de lluvias máximas con duraciones de 24 horas presentó VAHRSON (1988). En este trabajo se destacan claramente las áreas al este de la Cordillera de Guanacaste, el Valle Central, el Valle de El General y las montañas altas como zonas con cantidades máximas bajas o moderadas, mientras algunas regiones costeras presentan la mayor incidencia de tales eventos. (Ver mapa 4).

#### II.4 Uso del suelo

Los cambios dramáticos en el uso del suelo en las últimas décadas demuestran claramente las figuras 14 y 15.

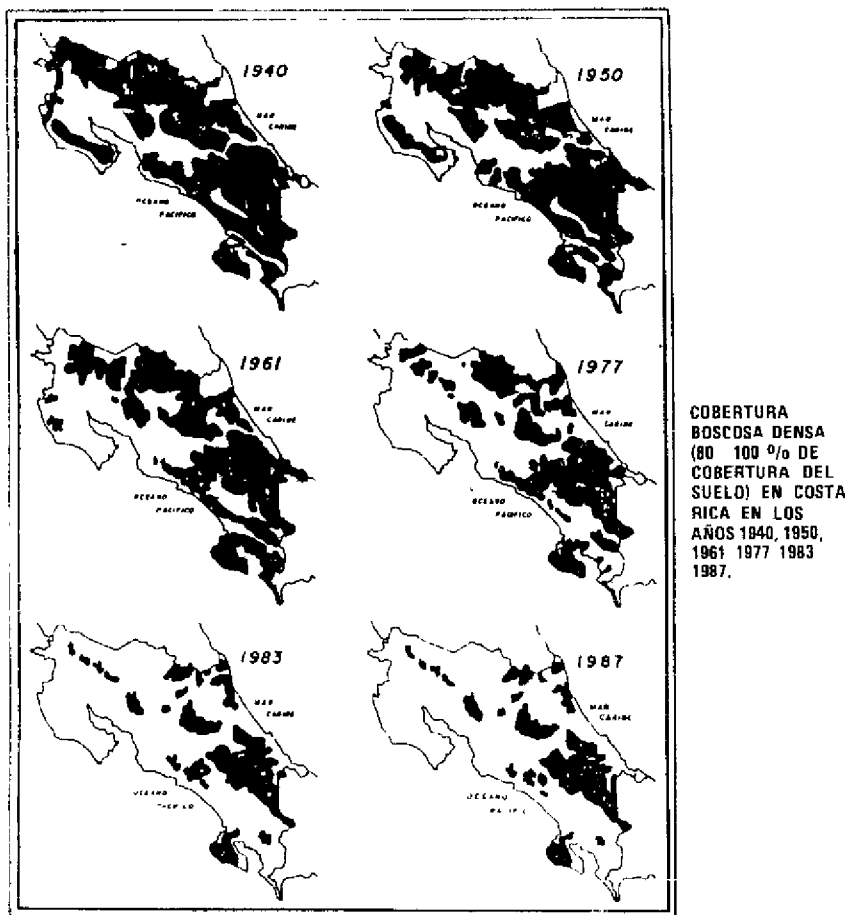


Fig. 14: Deforestación en Costa Rica entre 1940 y 1987. de VAUGHAN 1990

En todo el país avanza la deforestación con tasas entre 60.000 y 70.000 ha/año, mientras los esfuerzos de una reforestación todavía no dan los frutos deseados. Según HARTSHORN 1982) originalmente Costa Rica contó con una cobertura forestal de 99.8%, que se vió reducida hasta 1977 a 31%, con más de la mitad de la reforestación después de 1950. Hoy en día se cuenta con una cobertura forestal de aproximadamente 17%.

Especialmente la deforestación en zonas con pendientes fuertes y la conversión en pastos en áreas de alta pendientes provocan un enorme problema de erosión hídrica. JEFFERY, DERCKSEN, SONNEFELD y VAZQUEZ (1989) llegaron a la conclusión que un 42% de Costa Rica está afectado por erosión hídrica en un grado tal, que se puede esperar una pérdida grave de la productividad (ver mapa 5).

Al mismo tiempo se aumentó en estas zonas la esconrrentía superficial, provocando una frecuencia mayor de inundaciones y crecidas (HARTSHORN 1982). Este aumento de frecuencia es lógico por todos los cambios de los valores de la esconrrentía, por las reducciones de la infiltrabilidad, etc., sin embargo no conocemos hasta el momento un trabajo que analice en Costa Rica empíricamente esta relación.

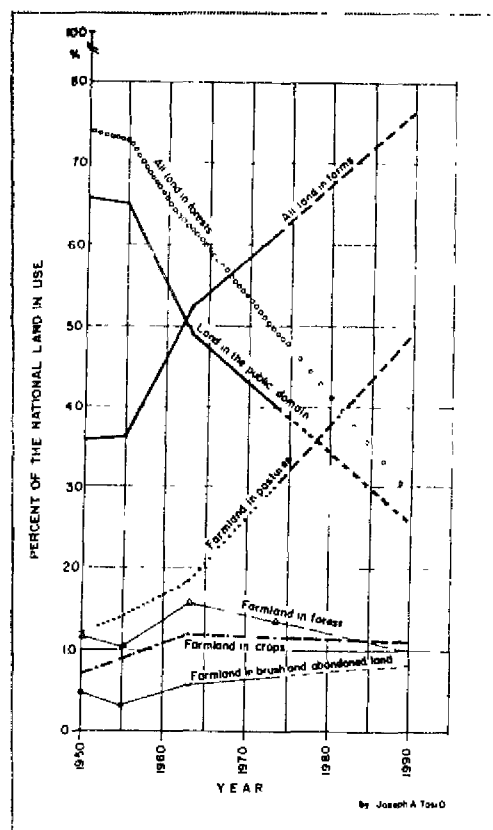


Fig.15: Cambio del uso del suelo, 1950 - 1990. de HARTSHORN 1982.