

CAPITULO V

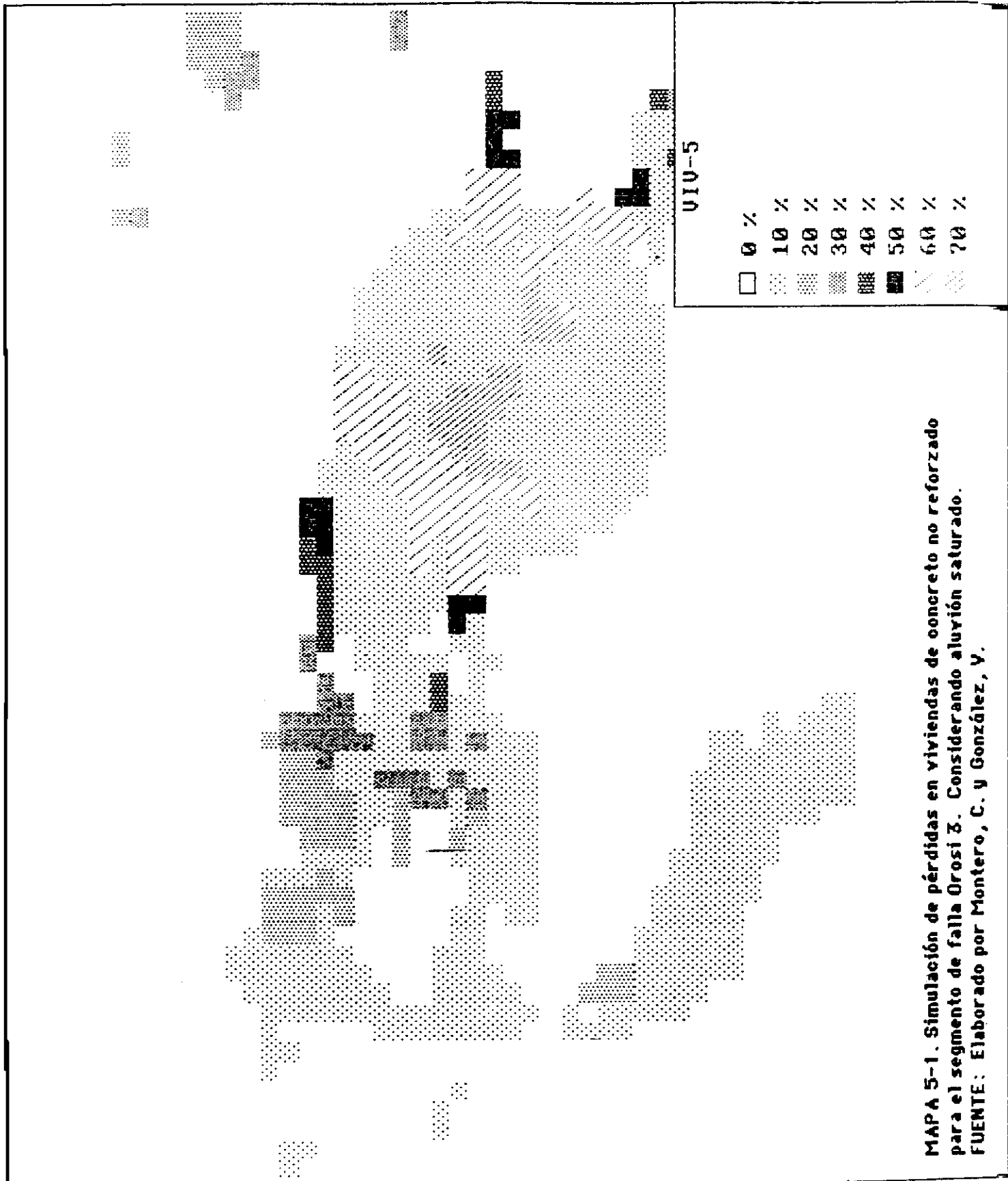
ESCENARIO DE DAÑOS

Estimación de daños a partir de la simulación de intensidades.

Como se señaló en el capítulo anterior, el modelo de predicción de intensidades sísmicas permite estimar no solo intensidades hipotéticas sino también, a partir de éstas, una estimación del porcentaje de pérdidas en diferentes tipos de estructuras. Utilizando los mismos parámetros para la elaboración de los mapas del apéndice V (simulación de intensidades), se ha estimado el porcentaje de pérdidas esperados para las referidas intensidades. Los resultados son presentados en el apéndice VI, para cada una de las salidas con la consideración de una condición de aluvión saturado y otro juego de mapas en que no se considera dicha saturación.

El mapa 5-1 muestra, la estimación del porcentaje de daños en viviendas de concreto no reforzado, para el segmento de falla Orosi 3 y considerando saturación de aluvión. Se puede apreciar en la misma que los valores máximos de pérdidas para la parte que corresponde a la ciudad de Cartago, son de 60% y 70%. El mapa 5-2, muestra la estimación de pérdidas para viviendas de concreto no reforzado, utilizando el mismo segmento de falla, pero sin considerar que se dé una condición de saturación del aluvión, en éste caso, los valores de pérdidas máximas son del 20%.

En lo referente a las estructuras de concreto no reforzado de uso en comercio, utilizando el mismo segmento de falla, se observa en el mapa 5-3

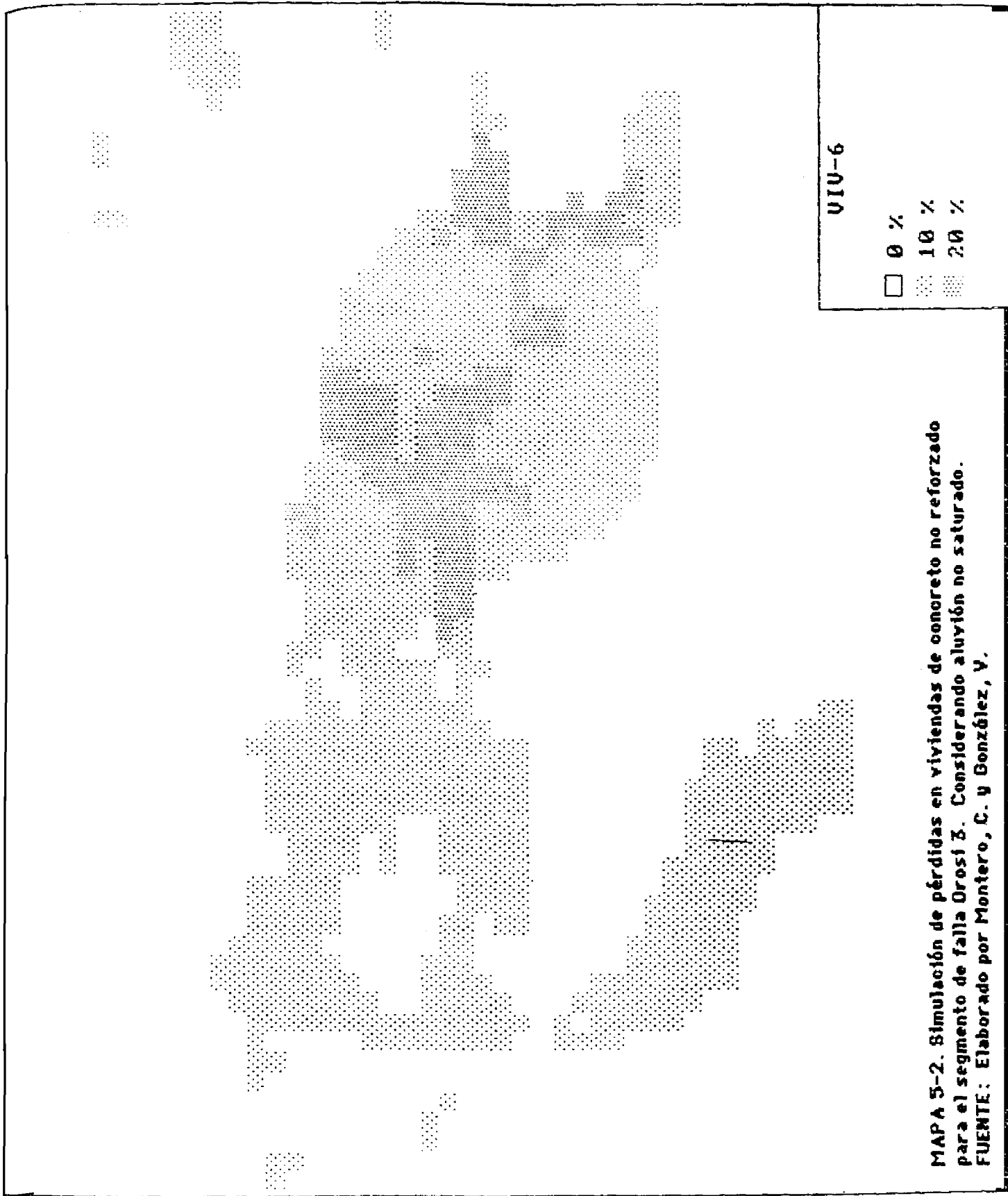


MAPA 5-1. Simulación de pérdidas en viviendas de concreto no reforzado para el segmento de falla Orosi 3. Considerando aluvión saturado.
 FUENTE: Elaborado por Montero, C. y González, Y.

VIU-6

- 0 %
- ◻ 10 %
- ◻ 20 %

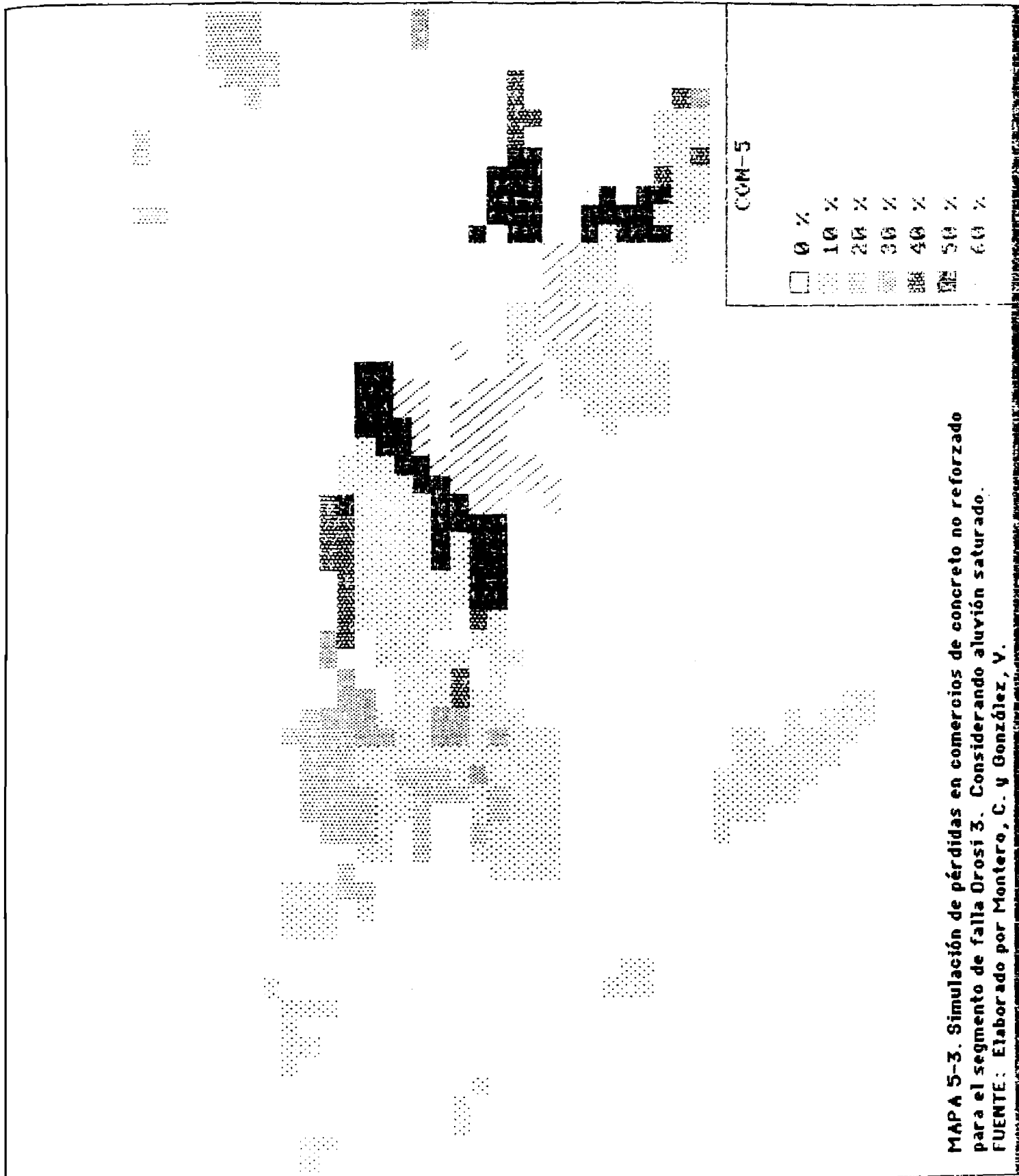
MAPA 5-2. Simulación de pérdidas en viviendas de concreto no reforzado para el segmento de falla Orosi 3. Considerando aluvión no saturado.
FUENTE: Elaborado por Montero, C. y González, Y.



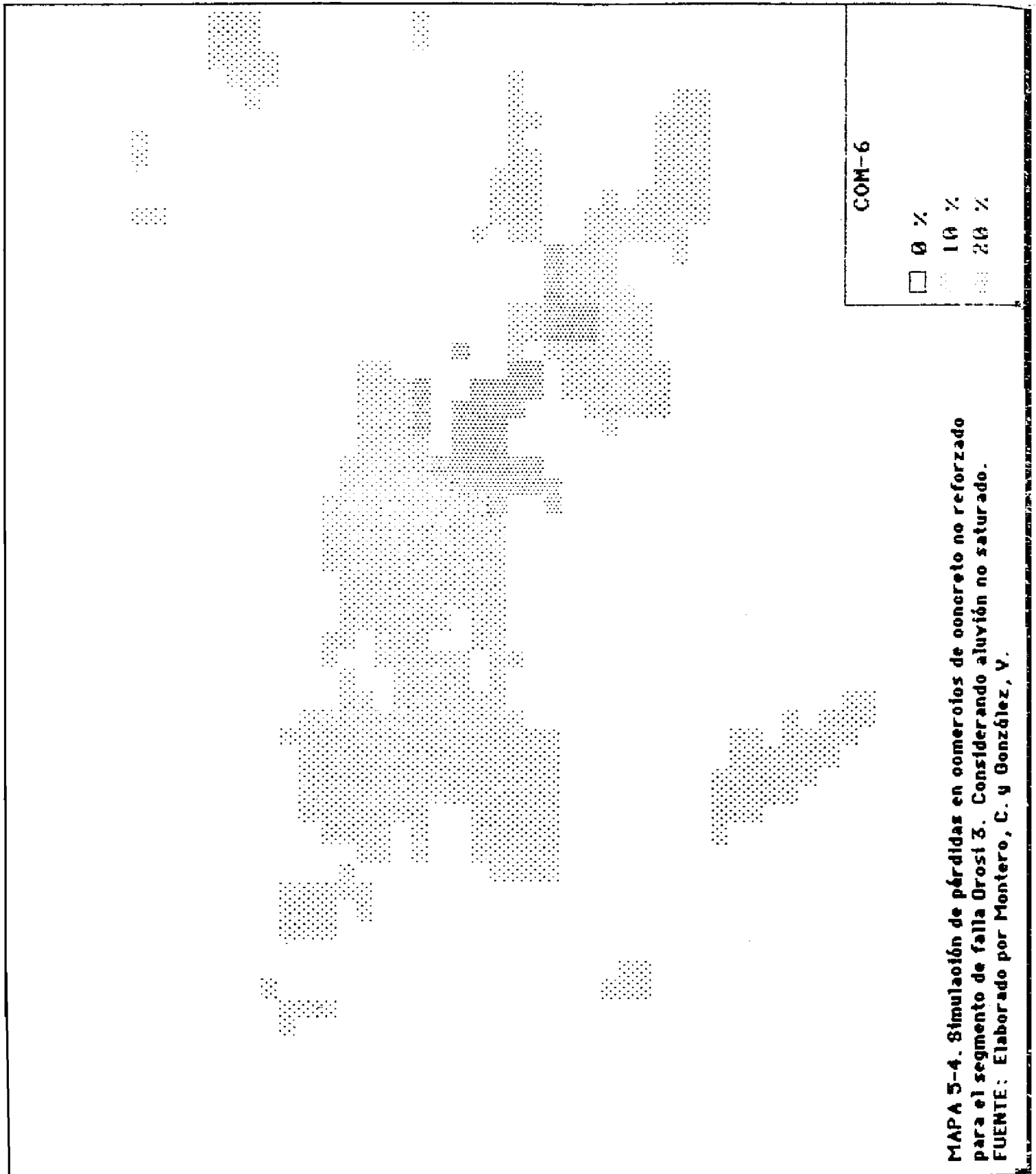
que los valores máximos de pérdidas, considerando una saturación del aluvión, son del 50% y 60%. El mapa 5-4 muestra la estimación de pérdidas para estructuras de concreto no reforzado de uso en comercio, sin considerar una saturación del aluvión en donde los valores máximos son del orden del 20%

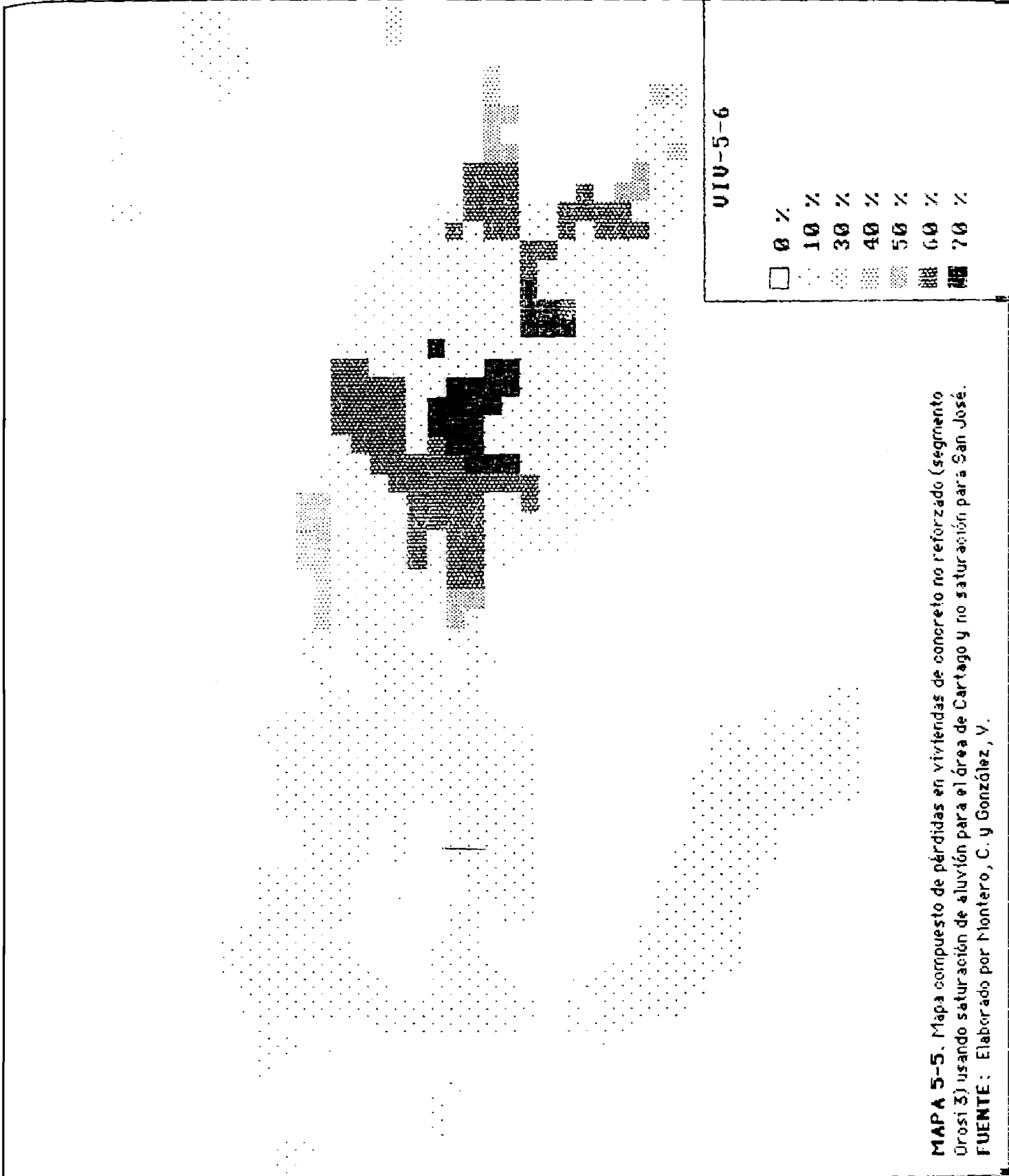
Los mapas 5-5 y 5-6, muestran una composición de escenarios de pérdidas en vivienda y comercio respectivamente, para el mismo segmento de falla utilizado anteriormente. En éstos se considera una condición de saturación del aluvión para el área de Cartago, y una condición de no saturación para la parte que corresponde a San José. Se concluye a partir de éstos mapas y de los mapas del apéndice VI que, en el peor de los casos (saturación de aluvión), los valores extremos del porcentaje de pérdidas, para la ciudad de Cartago serían del 70% para las viviendas de concreto no reforzado y de 60% para las estructuras de comercio de concreto no reforzado. En la mejor situación (aluvión no saturado), los porcentajes de pérdidas en estructuras de concreto no reforzado, para la ciudad de Cartago, serían del orden del 20% tanto para vivienda como para comercio.

De lo anterior, se deriva una posible utilidad para las instituciones de planificación de este tipo de desastres. El mismo consiste en una aproximación en un rango de entre el 20% y el 70% de pérdidas en el mejor y el peor de los casos. Es decir, el peor de los casos contemplaría la posibilidad de que las características o propiedades mecánicas del suelo en que está construida la ciudad de Cartago jueguen un papel importante en la amplificación de las ondas sísmicas y por esto, porcentajes de pérdidas muy altas para el área.



MAPA 5-3. Simulación de pérdidas en comercios de concreto no reforzado para el segmento de falla Oroquieta 3. Considerando aluvión saturado.
FUENTE: Elaborado por Montero, C. y González, V.

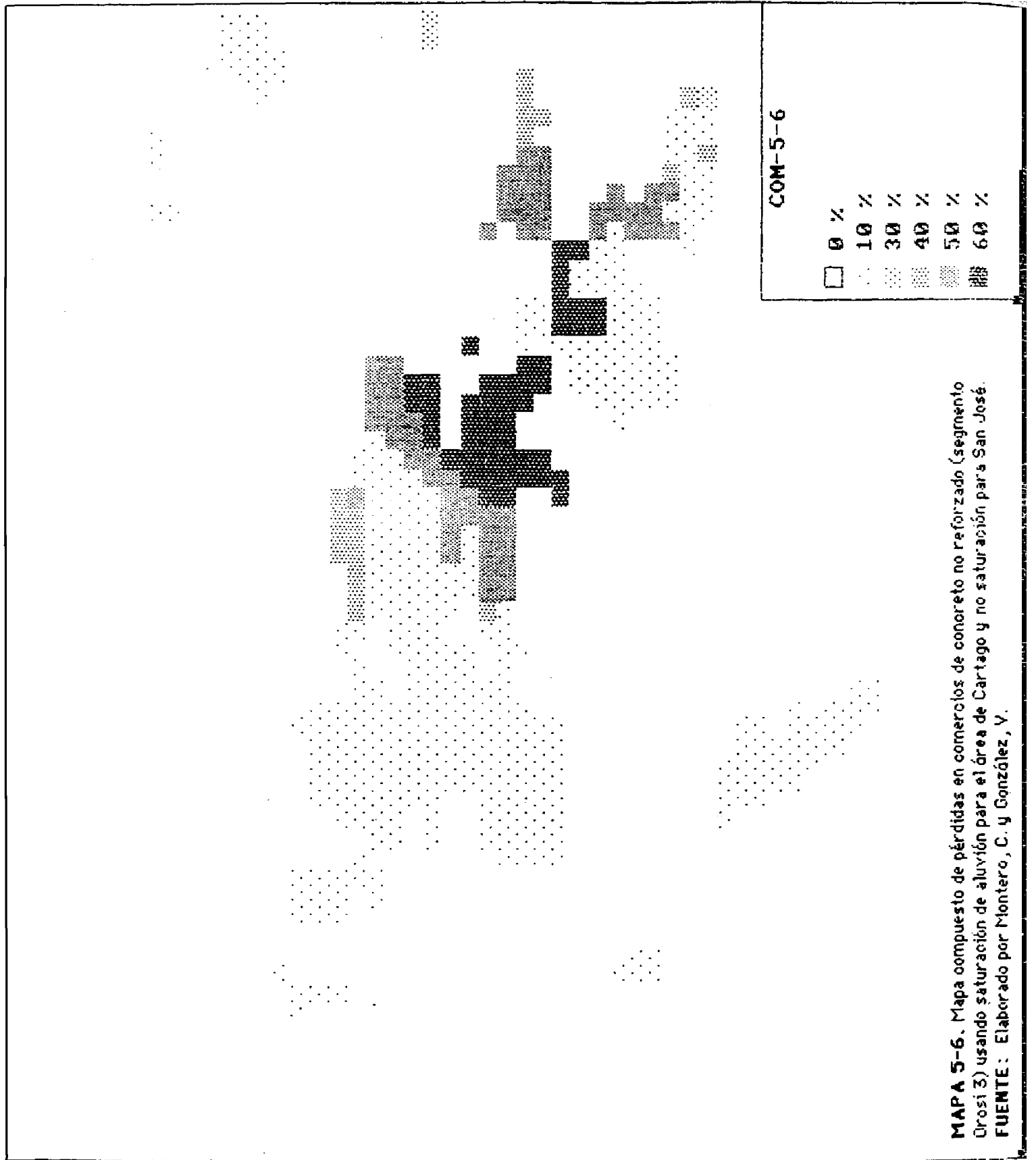




VIV-5-6

□	0 %
◊	10 %
◐	30 %
◑	40 %
◒	50 %
◓	60 %
◔	70 %

MAPA 5-5. Mapa compuesto de pérdidas en viviendas de concreto no reforzado (segmento Orosi 3) usando saturación de aluvión para el área de Cartago y no saturación para San José.
FUENTE: Elaborado por Montero, C. y González, V.



MAPA 5-6. Mapa compuesto de pérdidas en comercios de concreto no reforzado (segmento Orsi 3) usando saturación de aluvión para el área de Cartago y no saturación para San José.
FUENTE: Elaborado por Montero, C. y González, Y.

Montero, W. y Miyamura, S. (1981) refiriéndose a las intensidades máximas del terremoto del 4 de mayo de 1910, dicen:

"lo anterior no descarta la posibilidad que por efecto de amplificación del suelo en algunas partes de la ciudad la intensidad alcanzara la intensidad de IX." (Montero y Miyamura 1981).

Es posible que esta aseveración sea un hecho real. En adelante, utilizando datos del censo de vivienda de 1984 referente al estado de éstas se intentará asociar el posible nivel de daños que se alcanzarían con los valores de intensidad obtenidos con las simulaciones del capítulo IV.

Condiciones de vivienda en Cartago

Un aspecto importante a analizar en éste estudio, además del acelerado crecimiento de la población, lo constituye el estado de la vivienda en los cantones de Cartago que pertenecen a la Gran Area Metropolitana (GAM) y que han sido o que eventualmente podrían verse afectados por un futuro terremoto.

Según el censo de vivienda de 1984 (Dirección General de Estadística y Censo 1987) (ver cuadro 5-1 y gráfico 5-1), el 26.2% de la vivienda en los cantones considerados en dicho cuadro, está en regular o mal estado. Analizando en detalle ésta información, se verá que para el Cantón Central la proporción de casas en regular y mal estado disminuye (22,7%, ver gráfico

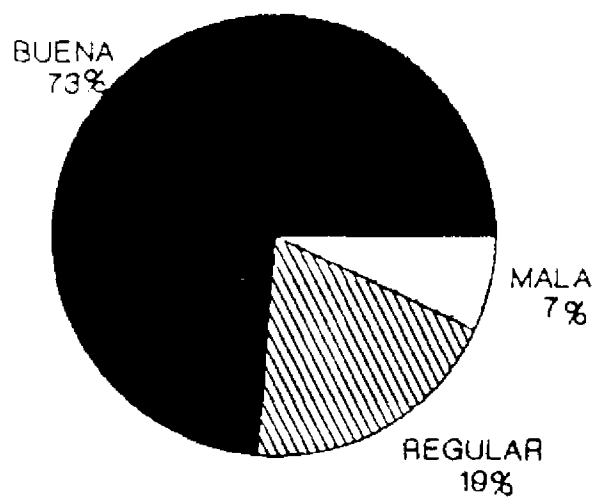
CUADRO 5-1

ESTADO DE LA VIVIENDA EN ALGUNOS CANTONES DE CARTAGO
SEGUN CENSO DE VIVIENDA 1984

	CENTRAL	PARAISO	UNION	ALYARADO	OREAMUNO	GUARCO	TOTAL
TOTAL	16.822	5.357	8.042	1.467	4.310	3.726	39.724
BUENA	13 005	3.843	5.716	983	3 140	2 623	29 310
REGULAR	2 811	1.138	1 615	366	900	774	7 604
MALA	1 006	376	711	118	270	329	2.810

FUENTE: CENSO DE VIVIENDA 1984.

GRAFICO 5-1
ESTADO DE LA VIVIENDA EN LOS CANTONES DE
CARTAGO QUE PERTENECEN A LA GAM

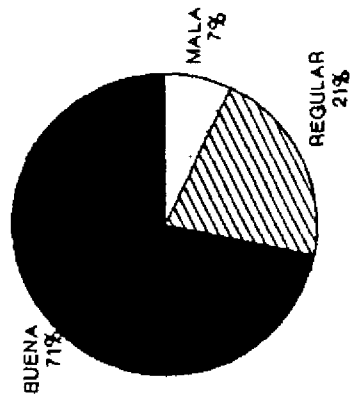


FUENTE: CENSO DE VIVIENDA 1984

5-2) en comparación al total de la provincia. Sin embargo, para los cantones restantes, dicha proporción aumenta (Paraíso 28.3%, Unión 28.9%, Alvarado 33.0%, Oreamuno 27.1% y Guarco 29.6%, ver Gráficos 5-3, 5-4, 5-5, 5-6, 5-7). A pesar de la alta proporción entre viviendas regulares y malas con el total, ésta cifra se ha visto incrementada con el desarrollo de 6 "urbanizaciones" de interés social en la zona de los diques (comunicación personal con el Arq. Jaime Brenes del Instituto de Vivienda y Urbanismo, INVU).

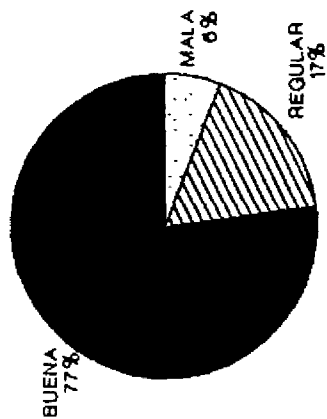
Tomando en cuenta los criterios utilizados en el Censo para la clasificación del Estado de la Vivienda se tiene que: se considera la vivienda en buen estado cuando el material predominante no presenta ningún tipo de deterioro o falla en su estructura. La vivienda regular es aquella en la que el material predominante requiere reparaciones importantes y la vivienda en mal estado es en la que el material predominante requiere reemplazos para dar protección (D.G.E.C., 1987). Es decir, que las viviendas catalogadas como regular o mala se encuentran en condiciones de vulnerabilidad. A ésta situación hay que agregarle el desarrollo de nuevas "urbanizaciones" (como parte de la política de la administración Arias Sánchez de dotar de casas de interés social y lotes con servicios, principalmente a los estratos bajos de la población) en áreas que no reúnen condiciones para el desarrollo urbano (zona de los diques) y en la mayoría de los casos con construcciones que no tienen las condiciones mínimas para resistir un terremoto que, como ~~hemos visto~~ ^{se ha visto}, podría generar intensidades relativamente altas. Esta situación hace que esos sectores de la población se vean enfrentados a un alto riesgo de pérdidas en caso de un futuro terremoto.

GRAFICO 5-3
ESTADO DE LA VIVIENDA EN EL CANTON
DE PARAISO (1984)



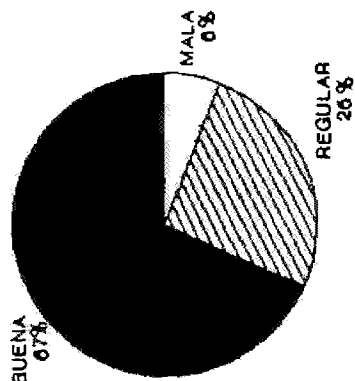
FUENTE: CENSO DE VIVIENDA 1984.

GRAFICO 5-2
ESTADO DE LA VIVIENDA EN EL CANTON
CENTRAL DE CARTAGO (1984)



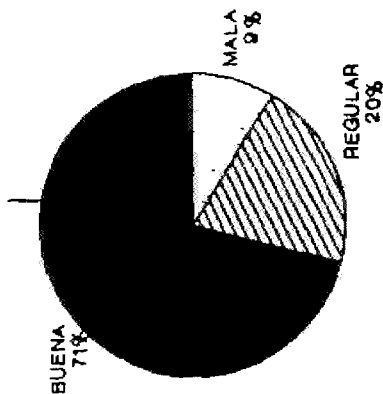
FUENTE: CENSO DE VIVIENDA 1984

GRAFICO 6-6
ESTADO DE LA VIVIENDA EN EL CANTON
DE ALVARADO (1984)



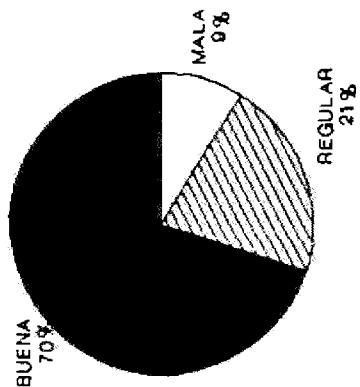
FUENTE: CENSO DE VIVIENDA 1984.

GRAFICO 6-4
ESTADO DE LA VIVIENDA EN EL CANTON
DE LA UNION (1984)



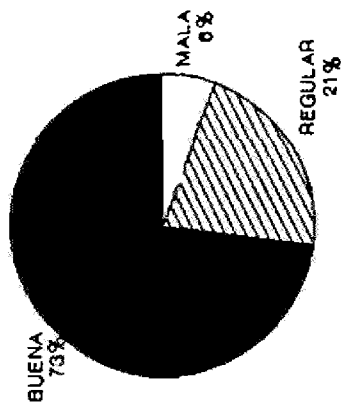
FUENTE: CENSO DE VIVIENDA 1984.

GRAFICO 6-7
ESTADO DE LA VIVIENDA EN EL CANTON
DEL GUARCO (1984)



FUENTE: CENSO DE VIVIENDA 1984

GRAFICO 6-8
ESTADO DE LA VIVIENDA EN EL CANTON
DE OREAMUNO (1984)



FUENTE: CENSO DE VIVIENDA 1984.

Matriz de probabilidades de pérdidas

Grases, J. (1986), basado en el análisis estadístico de las pérdidas producidas por 25 terremotos ocurridos entre 1960 y 1983 y con base también en las intensidades (Escala Modificada de Mercalli) alcanzadas por éstos en las áreas de estudio, establece una Matriz de Probabilidades de Daños (ver cuadro 5-2 y Gráficos 5-8, 5-9, 5-10) para viviendas tipo A (definida como vivienda urbana sin refuerzos especiales) y viviendas tipo B (vivienda rural de adobe).

Atendiendo a la clasificación de Grases para el tipo de vivienda A y B y a la clasificación dada en el Censo de Vivienda de 1984 para las viviendas en regular y en mal estado, se puede establecer una correspondencia entre la vivienda tipo A y la vivienda en regular y mal estado, por lo que se intentará hacer una evaluación de posibles daños y pérdidas en vivienda para los cantones de Cartago que pertenecen a la GAM, asumiendo en principio que las viviendas en buen estado no sufrirán los efectos de un eventual terremoto y que las intensidades van a ser generalizadas en el área que estamos considerando. Además, se tomará como parámetro para la intensidad los valores de intensidad máxima dados por Guendel (1986) para los sismos de 1841 y 1910.

Para el caso de intensidades de VII en el área (ver cuadro 5-3), se tiene que la fisuración con daños leves y el agrietamiento con daños moderados podrían representar el 10.5% del total de viviendas; los daños importantes reparables representarían el 3.9% del total y los daños irreparables, ruina o desplome el 1.3% del total de viviendas.

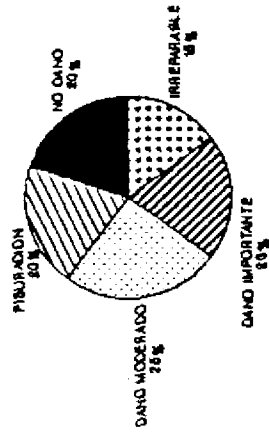
CUADRO 5-2

**MATRIZ DE PROBABILIDADES DE DAÑOS EN
VIVIENDAS URBANAS SIN REFUERZOS
ESPECIALES A SISMOS (TIPO A)**

ESTADOS DE DAÑO	Probabilidades de alcanzar los estados de daño					
	VI	VII	VIII	IX	X	IX
No daño	70	40	20	5	0	0
Fisuración daños leves	20	20	20	15	5	0
Agrietamiento daños moderados	10	20	25	30	15	0
Daños importantes reparables	0	15	20	20	30	20
Irreparable, ruina o desplome	0	5	15	30	50	80

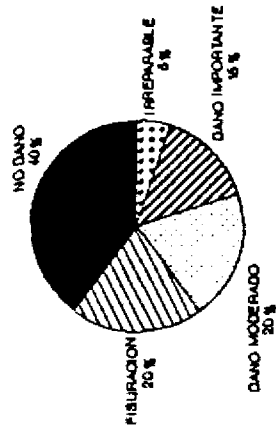
FUENTE: Tomado de Grases, J. (1986).

GRAFICO 6-9
PROBABILIDAD DE DAÑO EN VIVIENDA
TIPO A PARA SISMO DE INTENSIDAD VIII



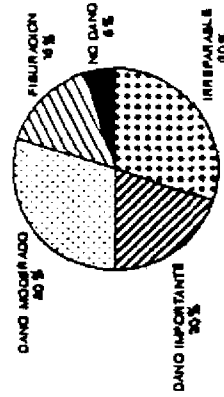
FUENTE: GRASES, J. (1980)

GRAFICO 6-8
PROBABILIDAD DE DAÑO EN VIVIENDA
TIPO A PARA SISMO DE INTENSIDAD VII



FUENTE: GRASES, J. (1980)

GRAFICO 6-10
PROBABILIDAD DE DAÑO EN VIVIENDA
TIPO A PARA SISMO DE INTENSIDAD IX



FUENTE: GRASES, J. (1980)

CUADRO 5-3

ESTIMACION DE DAÑOS EN VIVIENDA EN ALGUNOS CANTONES DE CARTAGO
 PARA UN SISMO DE INTENSIDAD MAXIMA DE VII
 EN LAS CATEGORIAS DE VIVIENDA REGULAR Y MALA

	CENTRAL	PARAISO	UNION	ALYARADO	OREAMUNO	GUARCO	TOTAL
No daño	1.527	606	930	194	468	441	4.166
Fisuración daños leves	763	303	465	97	234	221	2.083
Agrietamiento daños moderados	763	303	465	97	234	221	2.083
Daños importantes reparables	573	227	349	73	176	165	1.563
Irreparable, ruina o desplome	191	76	116	24	58	55	520

FUENTE: Elaborado por Montero, C. y González, Y. Basados en Grases, J. (1986) y Censo de vivienda 1984.

Para una intensidad generalizada de VIII en el área (ver cuadro 5-4), se tienen aumentos porcentuales para los casos anteriores es decir: la fisuración con daños leves y el agrietamiento con daños moderados se incrementa a un 11.8%; los daños importantes reparables pasan a ser el 5.2% del total y los daños irreparables, ruina o desplome aumentan al 3.9% del total.

En el caso de intensidades de IX (ver cuadro 5-5), se mantienen los mismos valores para el caso de intensidad VIII en la fisuración con daños leves y el agrietamiento con daños moderados así como para los daños importantes reparables, pero en el caso de daños irreparables, ruina o desplome se tiene un incremento que lo eleva al 7.9% del total de viviendas en el área.

Crecimiento de la población

Al hacer el análisis de la población para el período entre 1844 y 1984, se considera, en un primer momento, la población de la GAM, por cuanto en la síntesis de la información histórica se puede observar claramente que el área central del país ha sido muy afectada por diversos terremotos. Por lo que las referencias a la población por provincias, se hace en función de la población de los cantones de esas provincias que pertenecen a la GAM. Ahora bien, con relación a ésta información se debe tomar en cuenta que antes de 1950 existen grandes limitaciones que se pueden resumir en:

1. La información de los censos 1844, 1864 y 1875 está dada por

CUADRO 5-4

ESTIMACION DE DAÑOS EN VIVIENDA EN ALGUNOS CANTONES DE CARTAGO
 PARA UN SISMO DE INTENSIDAD MAXIMA DE VIII
 EN LAS CATEGORIAS DE VIVIENDA REGULAR Y MALA

	CENTRAL	PARAISO	UNION	ALVARADO	OREAMUNO	GUARCO	TOTAL
No daño	763	303	465	97	234	221	2.083
Fisuración daños leves	763	303	465	97	234	221	2.083
Agrietamiento daños moderados	954	378	582	121	292	276	2.604
Daños importantes reparables	763	303	465	97	234	221	2.083
Irreparable. ruina o desplome	573	227	349	73	175	165	1.562

FUENTE: Elaborado por Montero, C. y González, V. Basados en Grases, J. (1986) y Censo de vivienda 1984

CUADRO 5-5

ESTIMACION DE DAÑOS EN VIVIENDA EN ALGUNOS CANTONES DE CARTAGO
 PARA UN SISMO DE INTENSIDAD MAXIMA DE IX
 EN LAS CATEGORIAS DE VIVIENDA REGULAR Y MALA

	CENTRAL	PARAISO	UNION	ALVARADO	OREAMUNO	GUARCO	TOTAL
No daño	191	77	116	24	59	55	522
Fisuración daños leves	573	227	349	73	175	165	1.562
Agrietamiento daños moderados	1.145	454	698	145	351	331	3.124
Daños importantes reparables	763	303	465	97	234	221	2.083
Irreparable. ruina o desplome	1.145	454	698	145	351	331	3.124

FUENTE: Elaborado por Montero C. y González, Y. Basados en Greases, J. (1986) y Censo de vivienda 1984.

provincias, lo que imposibilita separar la población que corresponde a los cantones de lo que hoy se conoce como GAM, situación que se refleja en forma clara en la "disminución" de la población en Alajuela entre 1875 y 1883, censo en el que aparece información por cantones, lo que permitió precisar un poco mejor la población de esta provincia en los cantones que pertenecen a la GAM.

2. Las variaciones en la división Político-Administrativa desde ese entonces a nuestros días, influye igualmente en forma negativa.
3. Dadas las condiciones geográficas y las limitaciones que el desarrollo económico de Costa Rica presenta en el siglo XIX es probable que en los censos correspondientes a ese período se de una subestimación o sobreestimación en los datos de población.

No obstante lo anterior, para nuestro caso, no es importante conocer con una gran exactitud el número de pobladores, sino más bien ver las tendencias que tiene el crecimiento de la población en Costa Rica en general y en el área de estudios en particular. Con base en esta consideración y en la información del cuadro 5-6 se puede afirmar que Costa Rica se ha caracterizado por poseer un acelerado crecimiento demográfico y una gran concentración poblacional en el Valle Central (Ver gráfico 5-11).

En el caso concreto de Cartago, en los cantones de Paraíso, La Unión, Alvarado, Oreamuno y Guarco se pueden observar las mismas tendencias de crecimiento demográfico que muestra nuestro país (ver gráfico 5-12).

Esta situación incide en una mayor densidad de población en el área; en el desarrollo de actividades productivas importantes (Parque Industrial, Fábrica Nacional de Cemento, Represa de Cachí, Zonas Francas, Acueducto

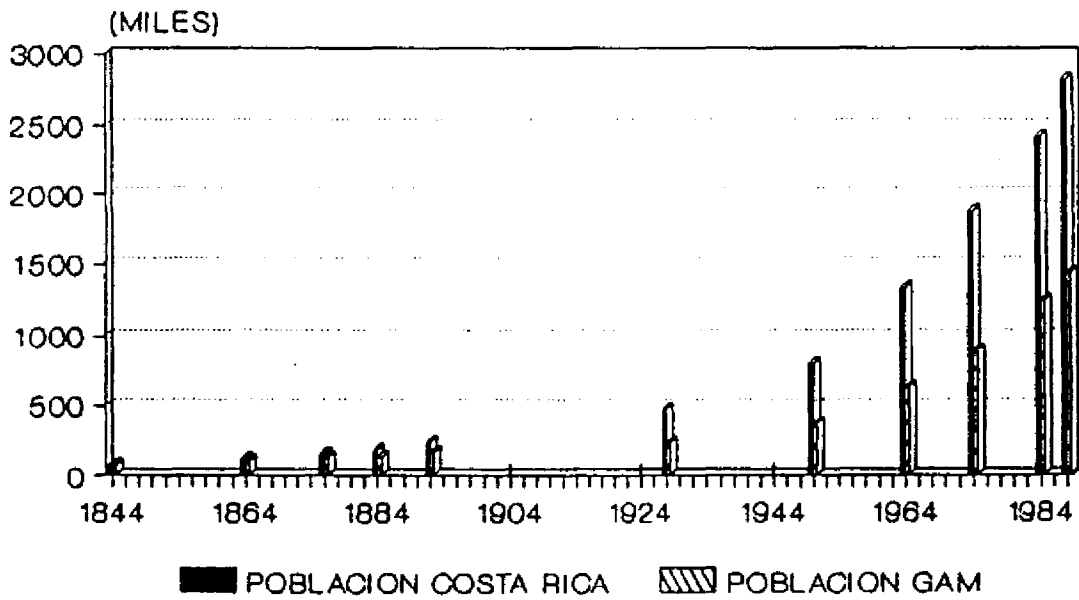
CUADRO 5-6
POBLACION DE COSTA RICA Y DE LA GAM
1844-1988

	1844	1864	1875	1883	1892	1927
COSTA RICA	79.982	120.499	156.634	182.073	243.205	471.524
GAM						
SAN JOSE	25.949	37.206	47.788	56.162	76.718	110.101
ALAJUELA	10.837	27.171	37.141	15.247	19.300	36.857
CARTAGO	19.884	23.064	25.541	30.428	37.973	48.492
HEREDIA	17.236	17.791	22.780	25.818	31.611	37.892
TOTAL GAM	73.906	105.232	133.250	127.655	165.602	233.342

	1950	1963	1973	1984	1988
COSTA RICA	800.875	1.336.274	1.871.780	2.416.809	2.816.558
GAM					
SAN JOSE	204.881	365.814	517.275	722.394	834.367
ALAJUELA	47.385	76.034	110.326	146.111	168.993
CARTAGO	65.572	102.430	143.707	197.766	231.789
HEREDIA	49.591	80.197	121.842	179.387	204.106
TOTAL GAM	367.429	624.475	893.150	1.245.658	1.439.255

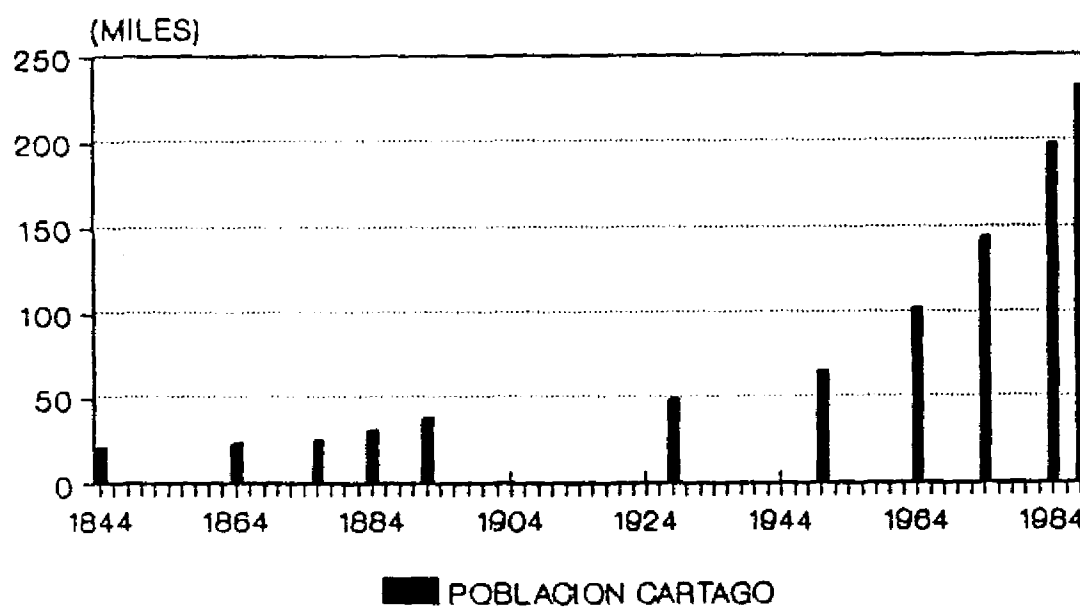
Fuente: Censos de Población 1875, 1883, 1892, 1927, 1950, 1963, 1973, 1984 y Anuario Estadístico de 1988.

GRAFICO 5-11
POBLACION DE COSTA RICA VRS
POBLACION DE LA GAM 1844-1988



FUENTE: CENSOS DE POBLACION (D.G.E.C.)

GRAFICO 5-12
POBLACION DE CARTAGO EN LOS CANTONES
QUE PERTENECEN A LA GAM (1844-1988)



FUENTE: CENSOS DE POBLACION (D.G.E.C.)

Metropolitano, Recope etc) lo cual a su vez provoca mayor concentración de población y aumenta el riesgo de pérdidas materiales y humanas en caso de la ocurrencia de un terremoto

Conclusiones.

A pesar que éste es un trabajo preliminar sobre la determinación del riesgo sísmico en Cartago que necesariamente debe ser revisado, ampliado y adaptado en mejor forma a las condiciones reales, el mismo dá una idea sobre los posibles daños en caso de terremoto, al menos para algunos sectores de la población.

Si se compara en forma general el tipo de construcción existente en Costa Rica a finales del siglo pasado y principios del siglo XX con el actual, tendremos que concluir que los métodos de construcción actuales son superiores. Sin embargo, la mayor concentración de población, el deterioro del nivel de vida del costarricense, el aumento de construcciones de interés social en áreas no aptas para el desarrollo urbano y el aparente poco control en la aplicación del Código de Construcción (demostrado en Puriscal a raíz de la ola sísmica mayo-junio 1990), colocan a miles de costarricenses, en lo que a vivienda se refiere, en condiciones similares a las que se vivían a principios de siglo con las consiguientes consecuencias en caso de un evento sísmico de características similares a los ocurridos en 1841 y 1910.