

GENERALIDADES Y REGISTROS CLIMATOLÓGICOS DE LAS TORMENTAS SEVERAS QUE HAN AFECTADO LA MICROCUENCA DEL RÍO OCLORO, EN EL ÁREA METROPOLITANA DE SAN JOSÉ. 1967 – 2014.



Johnny Solano Quintero y Andy Villalobos Chacón.
Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE).
Instituto Meteorológico Nacional (IMN).
San José, Costa Rica. Febrero, 2017.

**GENERALIDADES Y REGISTROS CLIMATOLÓGICOS DE LAS
TORMENTAS SEVERAS QUE HAN AFECTADO LA
MICROCUENCA DEL RÍO OCLORO, EN EL ÁREA
METROPOLITANA DE SAN JOSÉ. 1967 – 2014.**

JOHNNY SOLANO
ANDY VILLALOBOS CHACÓN

MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGÍA (MINAE)
INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL (IMN)

De conformidad con la Ley Número 6683 de Derechos de Autor y Derechos Conexos, es prohibida la reproducción de este libro en cualquier forma o medio, electrónico o mecánico incluyendo el fotocopiado, grabadoras sonoras y otros, sin permiso del editor.

Febrero, 2017.

ÍNDICE

Contenido

ÍNDICE	2
1- OBJETIVOS	3
1.1 Objetivo General	3
1.2 Objetivos específicos	3
2- INTRODUCCION	4
2.1 Área de estudio	5
2.2 Reseña Fisiográfica	6
3- RESULTADOS	9
4- ANÁLISIS GENERAL	20
5- CONSIDERACIONES FINALES	25
6- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

1- OBJETIVOS

1.1 Objetivo General

Estudiar las generalidades y los registros climatológicos de las tormentas severas que han afectado la microcuenca del río Ocloro, en el área Metropolitana de San José entre 1967 a 2014 para la creación de estrategias de adaptación.

1.2 Objetivos específicos

- Mostrar la distribución espacial de las tormentas severas que se han desarrollado en el área Metropolitana de San José entre 1967 a 2014 para una mejor comprensión de las mismas para la toma de decisiones por parte de gobiernos locales.
- Desarrollar un análisis general de los registros climatológicos de las tormentas severas, así como el impacto de éstas sobre la microcuenca de estudio para la posible elaboración de estudios complementarios o estrategias para la reducción de riesgo.

2- INTRODUCCIÓN

A continuación se muestra el estudio de investigación desarrollado sobre la microcuenca del río Ocloro, en donde en las últimas décadas se han realizado transformaciones en su entorno como, el crecimiento urbano que ha hecho que se den con mayor frecuencia inundaciones en esta microcuenca, así como en otras localidades de la Gran Área Metropolitana de San José producto precisamente, de las modificaciones que el ser humano ha realizado con el fin no solo de satisfacer sus necesidades, sino también desarrollar actividades que generen cada vez más plusvalía y esto se traduzca en “progreso económico”, aunque eso signifique que se deba modificar el medio ambiente.

Es por lo anterior, que se decidió analizar esta situación partiendo con especial atención en el análisis de las tormentas que han afectado a la GAM en los últimos 40 años y que combinadas con las acciones antrópicas que se han desarrollado en la microcuenca pueden generar una combinación negativa entre amenaza más vulnerabilidad y que finalmente, se puede traducir en un mayor riesgo de las poblaciones de presentar pérdidas económicas e inclusive, poniendo en peligro sus propias vidas. En 2015 y 2016 que han sido los últimos eventos ocurridos en la microcuenca se ha evidenciado que las inundaciones que se han dado en la microcuenca han dejado personas atrapadas en sus vehículos y hogares, así como localidades cercanas, debido esencialmente a los cambios en el uso de la tierra.

Es importante aclarar que el presente estudio no es abordado propiamente desde el punto de vista climático, sino que más bien lo que se trata es de utilizar un conocimiento más generalizado sobre climatología y enfocarse prioritariamente en cómo una amenaza natural puede adquirir poder para generar un desastre a partir de los cambios que realiza el ser humano en el territorio. Lo anterior, compromete a buscar soluciones y sobre todo, a comprender como la dinámica climática seguirá afectando inclusive, con un mayor potencial debido al cambio climático que ya no es un mito, sino es toda una realidad que compromete a todos y todas a tomar medidas al respecto a nivel mundial.

Los mapas de tormenta presentados a continuación, así como los datos de lluvia son en el entendido lo que resulta de la información climática existente aplicada y resuelta en un conjunto de mapas analizando un periodo comprendido entre 1967 y 2014.

Lo relativo a la climatología obedece a presentar la distribución de la concentración de las horas de lluvia normales dentro de esta área, como los picos mayores

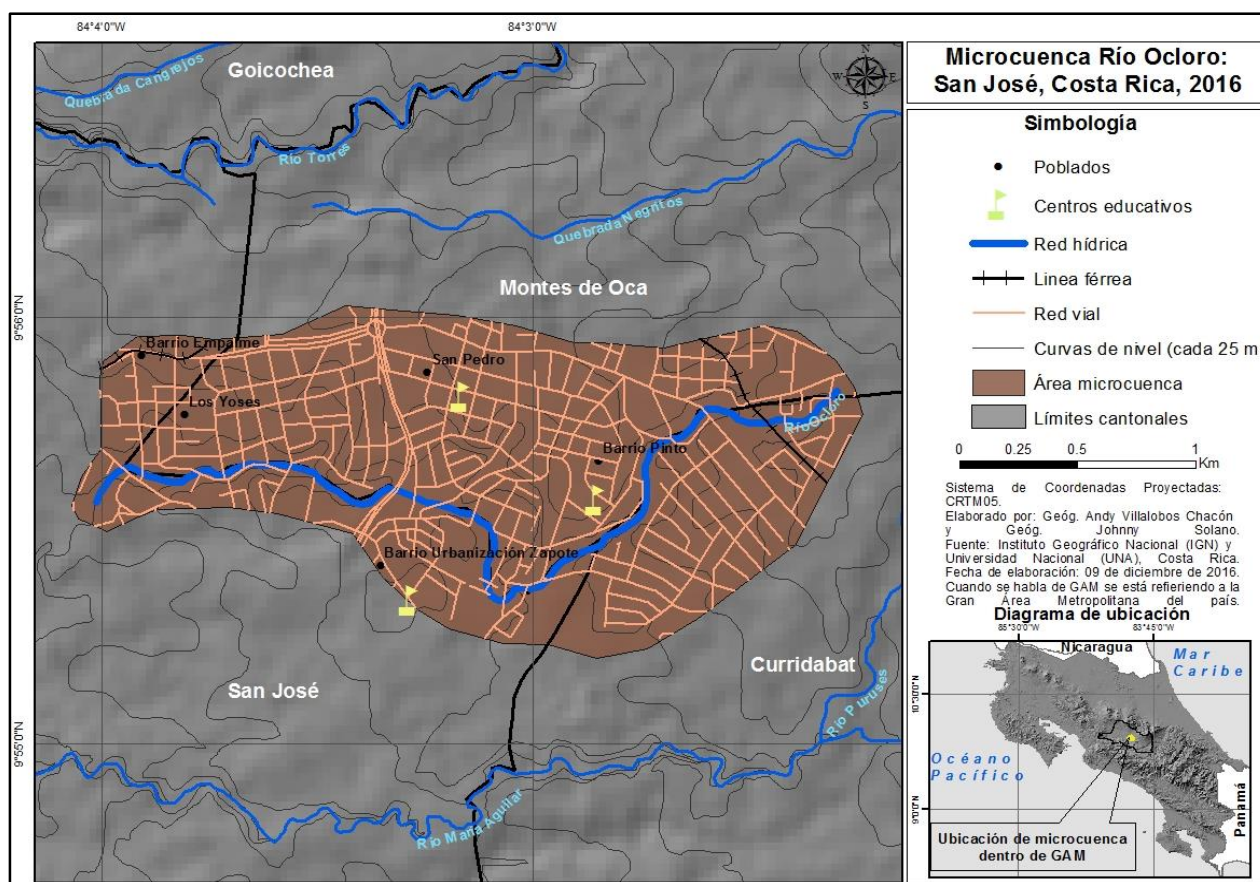
de lluvia alrededor de la tormenta y sus valores dados más bajos alrededor de ésta (ver tablas N^a 2 y 3).

2.1 Área de estudio

La microcuenca del río Ocloro (MCRO), es un afluente más del Río María Aguilar, de poca longitud y encajada desde su nacimiento entre barrios y poblados de gran desarrollo urbano.

Recorrió Curridabat, San Pedro, Zapote, Barrio Lujan, y a la altura Barrio La Cruz desemboca al Río María Aguilar, de la Provincia San José, Costa Rica. Es una corriente de agua (clase H - Hidrográfica) en la provincia San José. Se encuentra a una altitud de 1,155 sobre el nivel del mar. Sus coordenadas son 9°55'0" N y 84°4'0" O en formato DMS (grados, minutos, segundos) o 9.91667 y -84.0667 (en grados decimales).

Mapa N^a 1. Área de estudio Microcuenca río Ocloro, Provincia de San José.



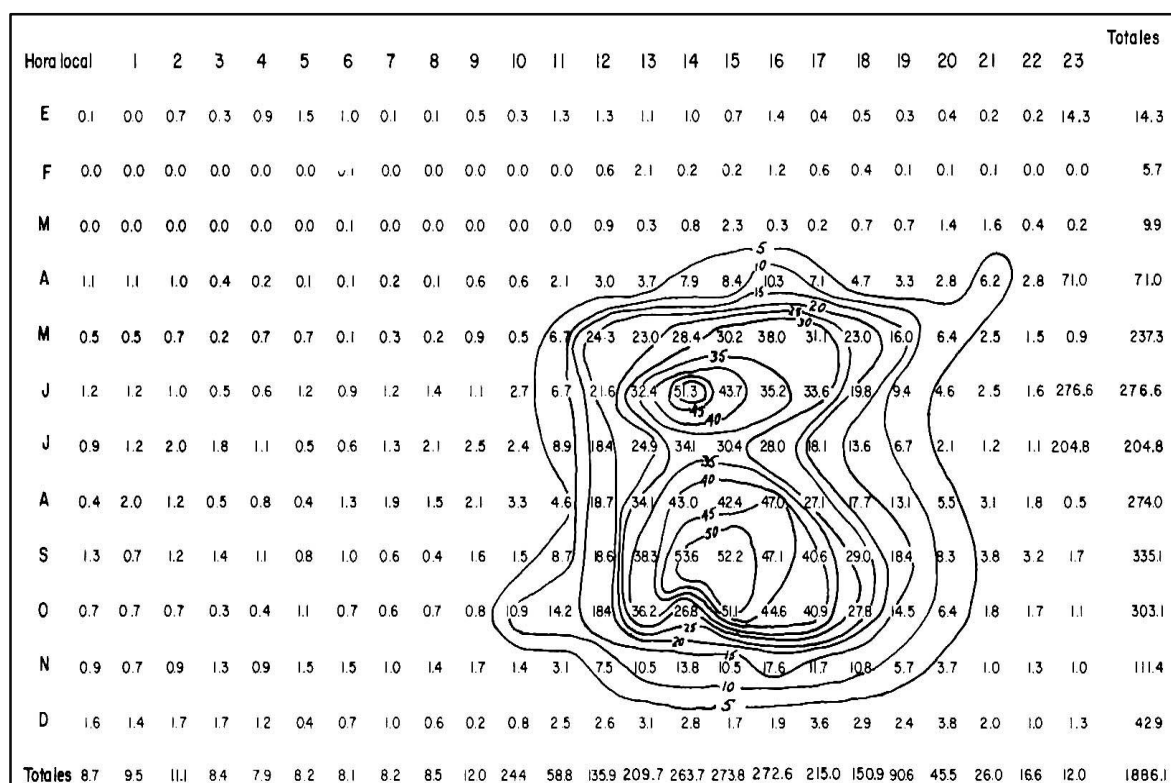
Fuente: Elaboración propia

2.2 Reseña Fisiográfica

El entorno de la MC, obedece condiciones fisiográficas del Área Metropolitana, cantón central San José. La precipitación Promedio mensual del mes más Lluvioso que es Setiembre se marca un eje húmedo que desde los 350 a 400 milímetros y la precipitación promedio del mes más seco que es febrero marca un monto de 5 a 10 mm.

- Geomorfológicamente es un área de sedimentación.
- Unidades Hidrogeológicas: se presenta lahares y corrientes de lodo, se presenta el acuífero de Zapote y Acuífero Lahares.
- Humedad Relativa promedio 85 %.
- Brillo Solar promedio anual 4.5 a 5.5 horas.
- Temperatura mínima promedio anual entre los 12.5 a 15.5 grados.
- Temperatura promedio anual 18.0 grados.
- Humedad relativa del mes más húmedo setiembre con 85%.
- Humedad relativa del mes más seco febrero con 75.5.

Figura N° 1. Distribución mensual de la cantidad de lluvia (mm), San José: 1970 – 1979.



Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (IMN), 1970 - 1979.

En la figura N° 1 se muestra la dinámica del Sistema Fluvial de la cuenca del río Tárcoles que permite ilustrar y conocer la distribución de las lluvias en horas, meses y

cantidad promedio acaecidas en la Gran Área Metropolitana (GAM) de Costa Rica y gran parte del Valle Central, debido que dicha cuenca se extiende en la mayor parte del territorio conocido como la GAM.

De tal forma, que parte del patrón establecido para toda la cuenca del Tárcoles y por ende, de la MCRO, sépase que la misma resulta de estudio de la estación Meteorológica de San José, la cual es una referencia aproximada de cómo se distribuye la lluvia dentro de la sub cuencas de los ríos María Aguilar, Torres y Tiribi.

Imagen N^o 1. Tormenta cayendo sobre la ciudad de San José en horas de la tarde.



Fuente: Madrigal L (2014). Diario Digital elmundo.cr

Básicamente, la concentración de lluvias en esta área se da entre las 11 Horas AM (de la mañana) y las 16 horas PM (de la tarde), en ocasiones prolongándose hasta las 18 horas (ver imagen N^o 1).

Se destacan dos máximos de lluvia diaria al año que se dan entre los meses de mayo y junio rondando en promedio los 45 a 50 milímetros (mm). El segundo máximo se da entre los meses de setiembre y octubre registrándose en promedio 50 a 55 milímetros en un día, cabe aclarar que el registro puntal de lluvias en aguaceros máximos se dan valores que sobrepasan los 70 milímetros en un día, ejemplo en Santa Ana se registró 77 mm para el día 15 de mayo de 1980 y San José 100 mm el 5 de junio de 2005.

Efectivamente, en la figura N^o 1, para la estación de San José, pone de manifiesto que la concentración mayor de las lluvias de esta área del Valle Central Occidental, se da entre las 12 medio día y la 6 de la tarde. La lluvia conectiva se caracteriza por ser fuerte

y de corta duración, acompañada en ocasiones por tormenta eléctrica (ver imagen N^o 2), además es muy localizada, lo cual hace que difícilmente pueda llover en toda la cuenca.

(Alfaro, 1981).

Imagen N^o 2. Tormenta eléctrica en el Sur del Valle Central sobre las partes altas de Desamparados.



Fuente: Costa Rica en fotos.com

Como se puede observar en la imagen N^o 2 las tormentas eléctricas de vez en cuando acompañan también las tormentas, lo cual hace que no solo las inundaciones sean una amenaza para la población, sino también este tipo de fenómenos, ya que tienen el potencial perfectamente para acabar con una o varias vidas humanas en cuestión de segundos.

3- RESULTADOS

En tabla N^a 1 que se presenta a continuación es una selección de una serie de tormentas severas acaecidas dentro de la Área Metropolitana de San José entre 1967 y 2014 y que a la vez incidieron en la microcuenca del río Ocloro, en donde se expresan aguaceros máximos por estación en la GAM y sectores adyacentes, así como tormentas severas por día en milímetros (mm). Seguidamente, esa información es transformada en productos temáticos como es el caso de mapas para lograr un mejor análisis y presentación de los resultados para el periodo de tiempo analizado. A lo anterior se suma la importancia de elaborar productos cartográficos para realizar también comparaciones temporales y espaciales para comprender de una mejor manera la distribución de las precipitaciones.

Los mapas climáticos de tormentas severas que se presentan a continuación expresan la acción de fenómenos meteorológicos, estos se representan en dichos productos con polígonos de lluvia (isoyetas), los mismos muestran una escala entre 0 a > 90 los milímetros de agua que cayó por metro cuadrado en un área determinada durante una tormenta para un día específico.

Vale la pena señalar que dichas isoyetas no fueron trazadas manualmente, sino que se elaboraron en el software ArcGis pertenecientes a los SIG, mediante el método Inverso a la Distancia (IDW por sus siglas en inglés).

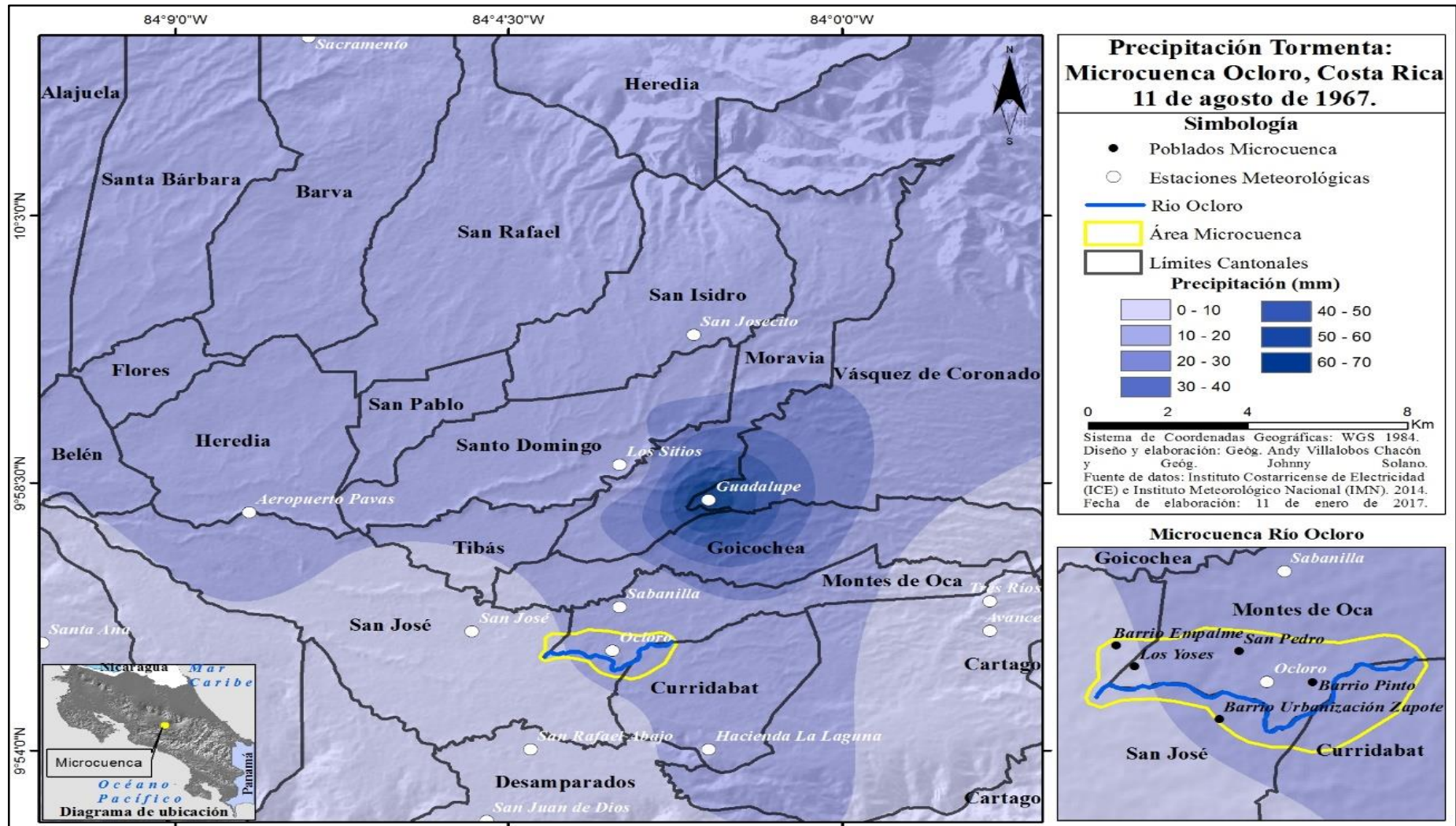
Seguidamente se utiliza una escala simple de color azul que representa precisamente el color del agua y que está directamente relacionado a la cantidad de agua que cayó; entre más oscuro es porque probablemente fueron las áreas que sirvieron como núcleos de la tormenta. Además se agregan a este rango de colores los límites administrativos de los cantones, así como el nombre y la ubicación geográfica de cada una de las estaciones meteorológicas con correcciones realizadas en campo de su ubicación como, la de San Josecito de San Isidro de Heredia, ya que muchas de las coordenadas decimales que posee el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) presentan un alto nivel de error.

Tabla N^o 1. Aguaceros Máximos por estación meteorológica (valor pluviométrico en mm). Gran Área Metropolitana: 1967 – 2014.

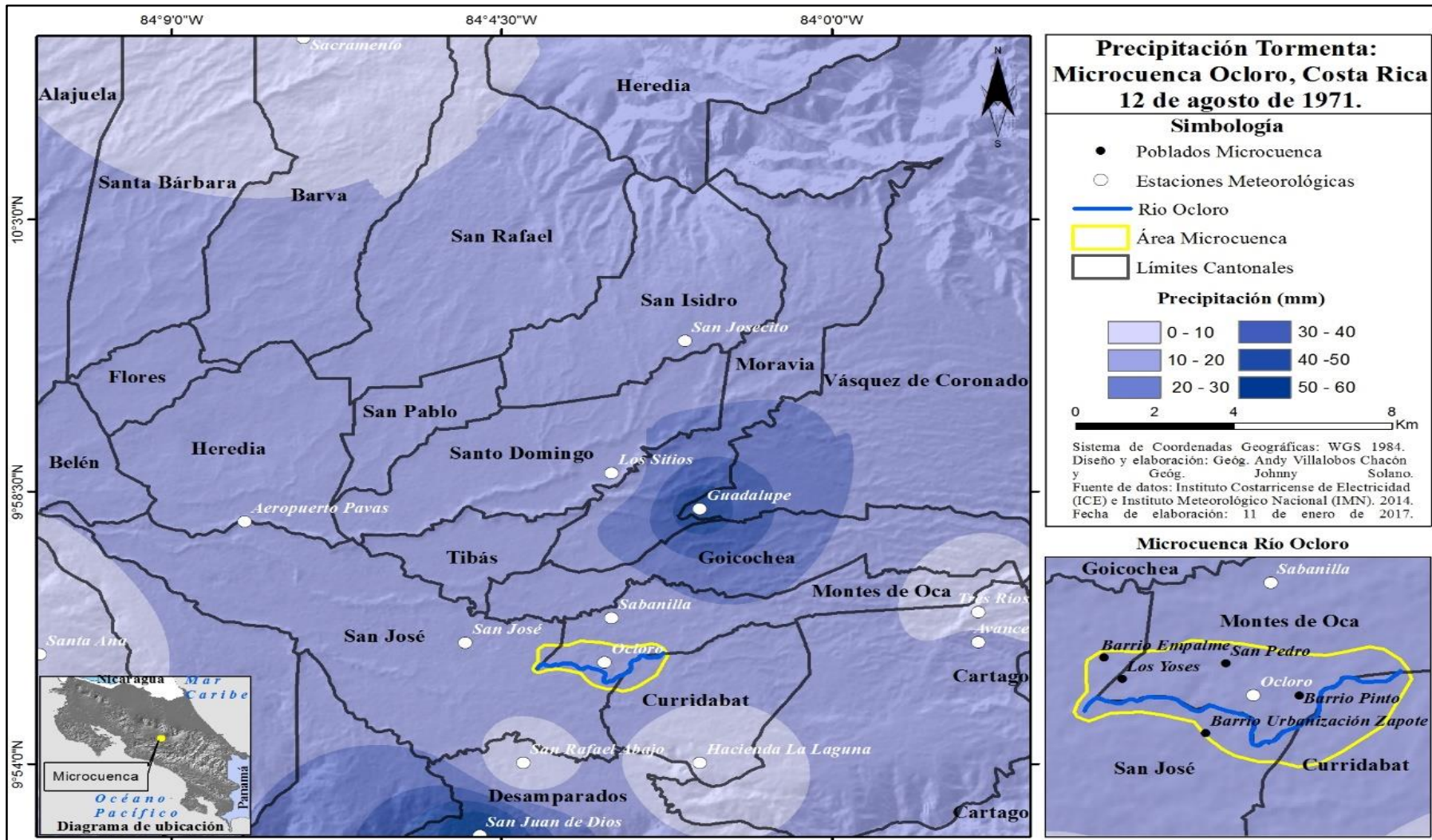
	74	11	117	39	65	41	35	19	1	115	111	18	6	5	46	53
Di/Mes/Año	Pavas	Sta Ana	SRAbajo	S.J.DiosDesap	Mozotal	Guadalupe	Los Sitios	Lag Curr	San José	Sabanilla	Santa Lucía	R.Redondo	Tres Rios	Avance	San Joseciti	Sacramento
11/08/1967	nd	7	0	4	nd	67	nd	nd	1	nd	nd	nd	0	nd	nd	nd
12/08/1971,	nd	0	0	61	nd	46	nd	0	10	nd	nd	nd	0	nd	nd	nd
06/09/1971	nd	35	nd	8	nd	46	36	71	45	nd	nd	3	61	43	16	nd
06/09/1971	nd	35	71	23	nd	47	nd	3	45	nd	nd	nd	61	nd	nd	nd
11/10/1976,	13	36	23	54	nd	1	nd	6	2	nd	nd	nd	12	nd	nd	nd
11/10/1981	5	13	52	3	1	140	nd	2	1	nd	nd	nd	56	nd	nd	nd
18/09/1987,	17	13	0	1	0	0	nd	0	50	nd	nd	nd	0	nd	nd	nd
15/05/1980	71	77	nd	41	41	46	59	25	34	nd	nd	4	13	6	31	51
27/05/1980,	35	30	nd	89	62	9	9	27	75	nd	nd	77	30	29	51	20
31/05/1981,	71	59	nd	57	34	3	2	23	22	nd	nd	49	210	53	49	40
13/06/1981,	0	0	nd	56	97	105	58	1	7	nd	nd	2	3	1	10	41
12/10/1982,	20	2	nd	60	81	6	6	57	78	158	23	38	68	66	86	40
29/11/1983,	51	32	nd	50	48	34	0	53	48	48	28	75	55	74	42	10
12/08/1984,	6	7	nd	4	22	85	68	47	5	0	8	4	0	44	7	0
18/05/1995	86	nd	nd	37	nd	nd	nd	23	54	nd	nd	nd	15	nd	nd	nd
27/08/1985,	7	3	nd	1	16	150	24	22	13	14	7	12	0	9	18	10
11/11/1986,	13	5	nd	49	30	3	42	27	76	59	97	34	13	17	24	45
3/07/1987,	5	11	nd	7	2	95	6	0	9	3	nd	13	0	8	2	10
7/08/1987,	25	39	nd	31	32	78	33	67	49	45	nd	51	56	5	16	51
4/06/1989,	98	A	nd	57	12	2	28	nd	88	31	39	5	nd	1	6	111
23/11/1990,	16	nd	nd	nd	115	nd	136	57	39	84	59	41	18	22	57	80
11/11/1991,	0	nd	nd	nd	54	nd	106	33	74	52	36	19	13	nd	59	59
29/04/1994,	18	nd	nd	nd	nd	nd	nd	7	85	38	21	36	9	22	58	nd
26/07/1995,	43	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1	82	48	96	76	96	66	36	nd
27/07/1996,	81	nd	nd	nd	nd	nd	nd	5	58	nd	98	121	34	84	69	nd
28/10/1998,	90	nd	nd	nd	nd	nd	nd	54	nd	nd	120	73	67	64	80	nd
21/08/2001,	35	nd	60	nd	nd	nd	nd	50	47	43	35	71	42	70	51	nd
30/11/2002,	30	nd	0	nd	nd	nd	nd	37	56	35	42	34	36	42	119	nd
2205/2004,	79		0	nd	nd	nd	nd	80	80	73	111	50	80	29	nd	89
5/06/2005,	64	nd	128	nd	nd	nd	nd	88	100	100	85	nd	64	75	93	6
12/05/2014	38	nd	nd	nd	nd	nd	41	41	86	61	41	nd	41	41	41	nd

Informe Técnico Río Ocloro, Departamento de Investigaciones y Climatología Aplicada. JsoIano.2016

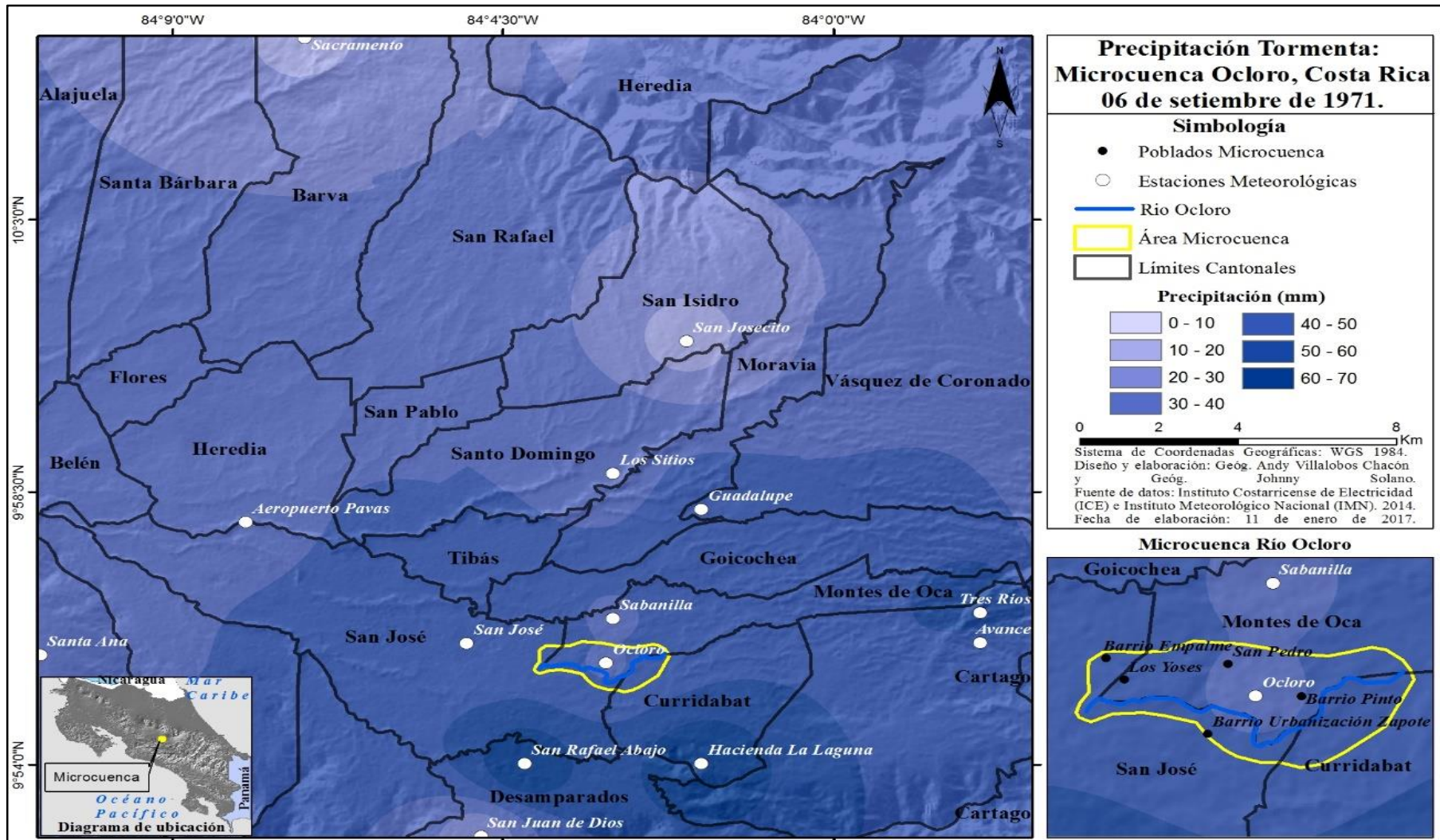
Mapa N° 2.



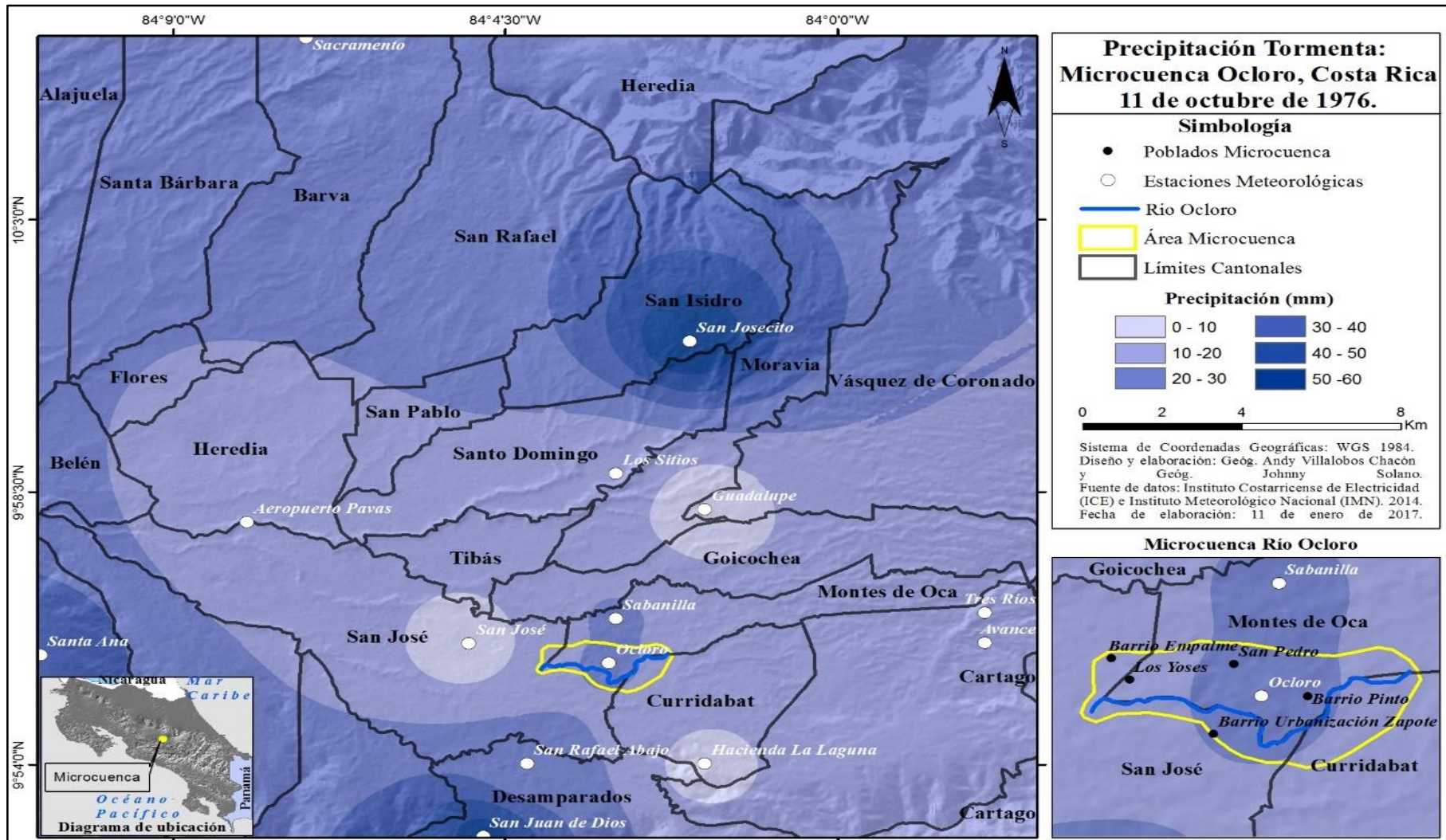
Mapa N° 3.



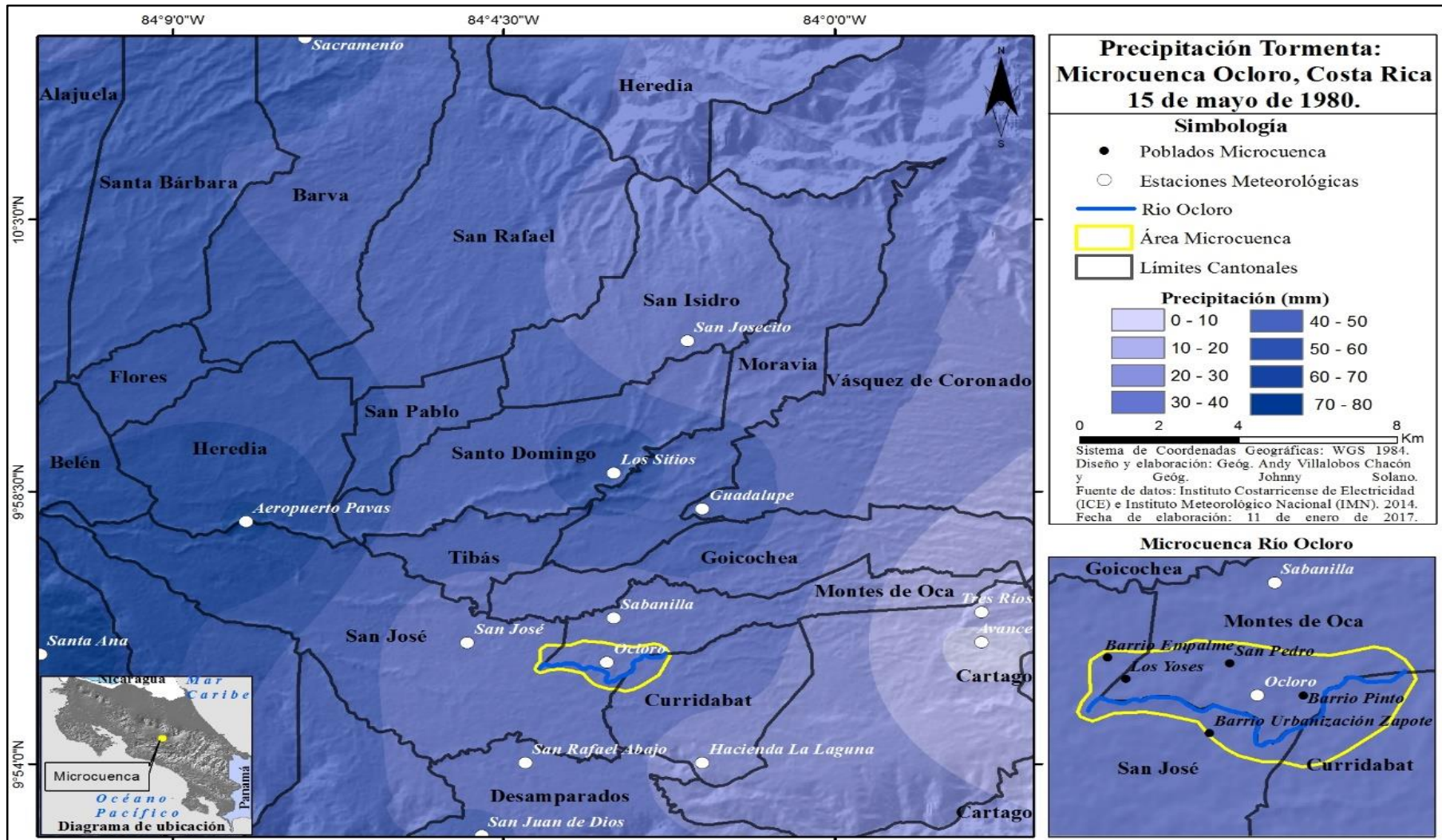
Mapa N^o 4.



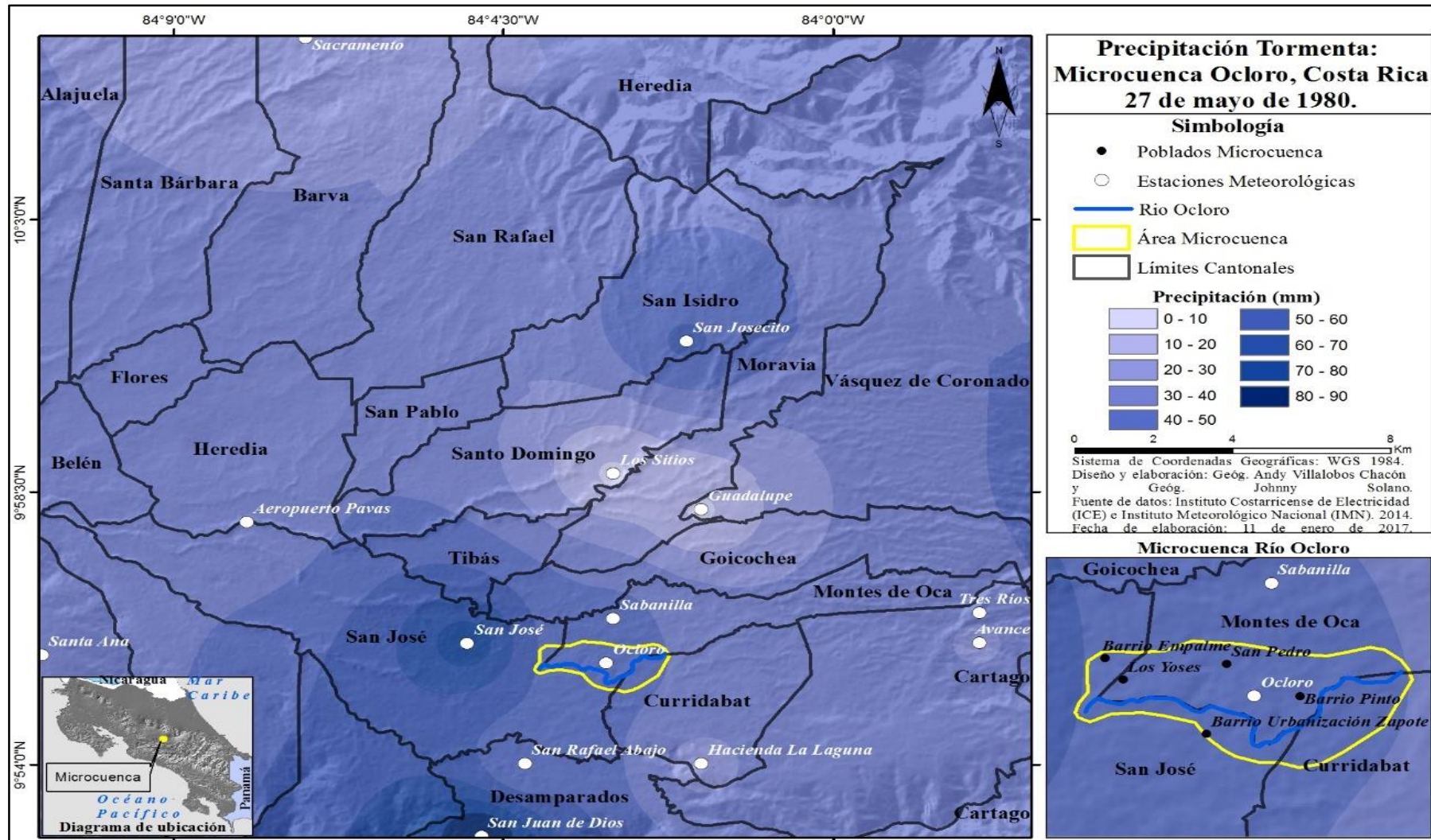
Mapa N° 5.



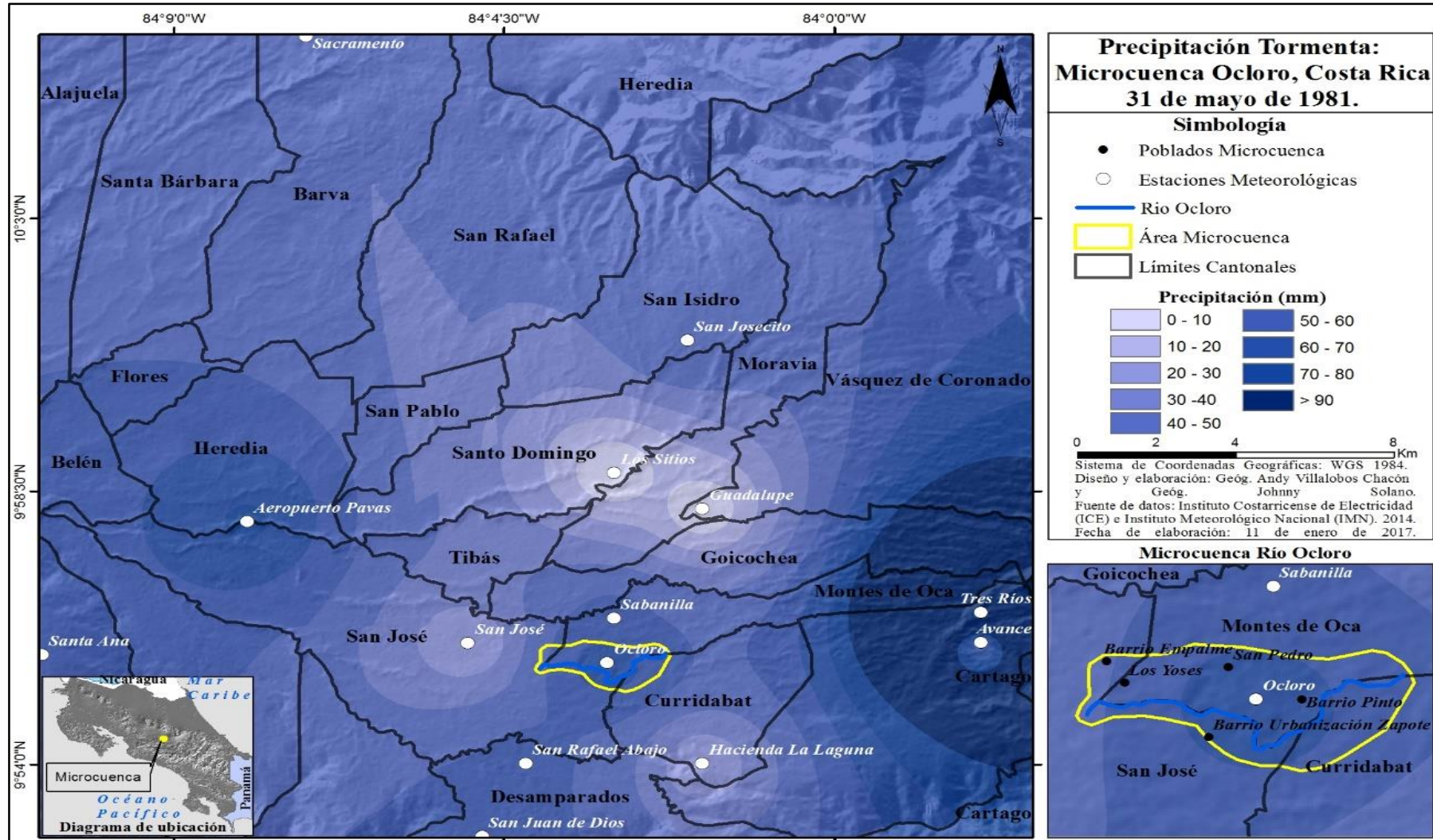
Mapa N° 6.



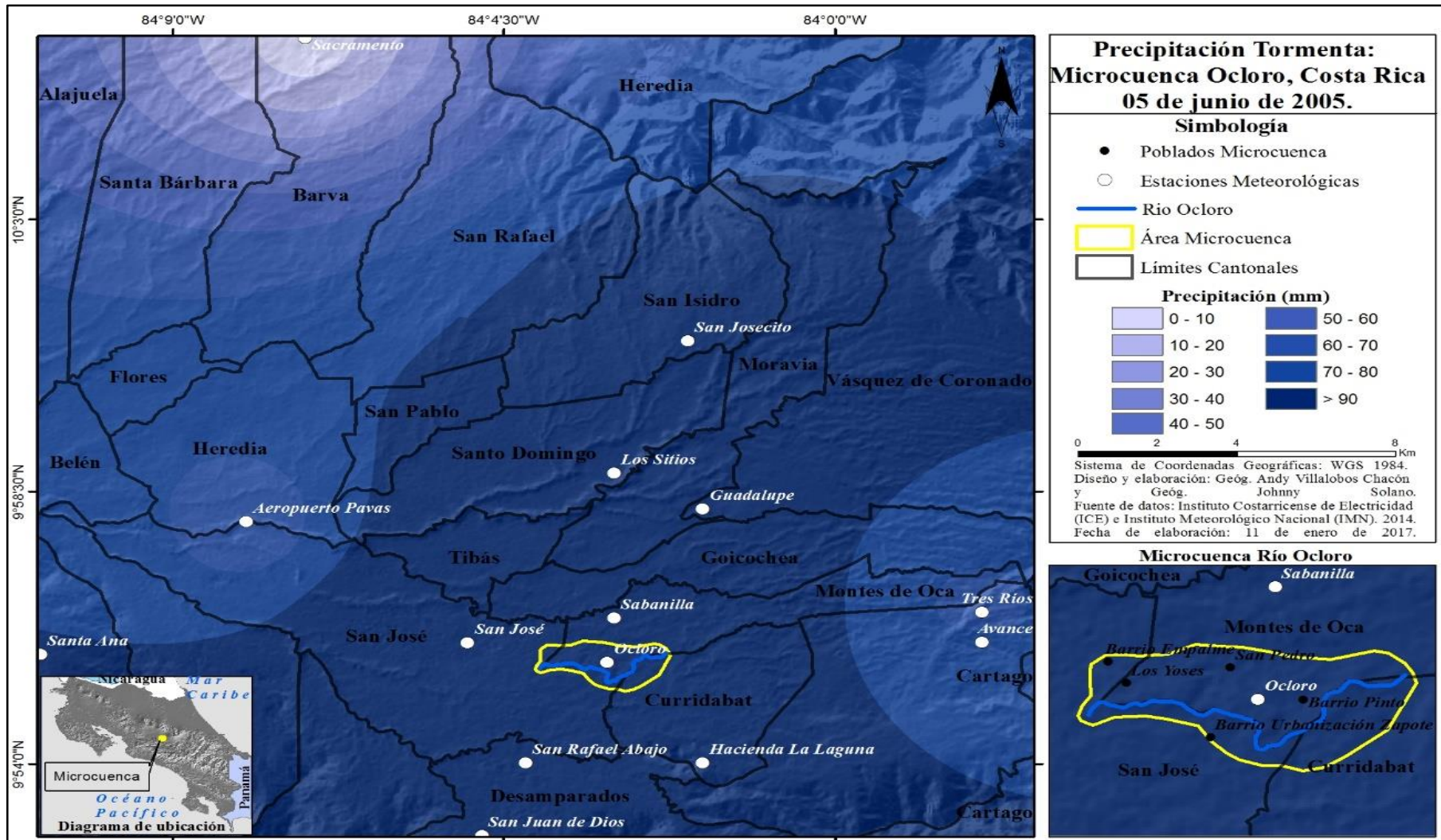
Mapa N^o 7.



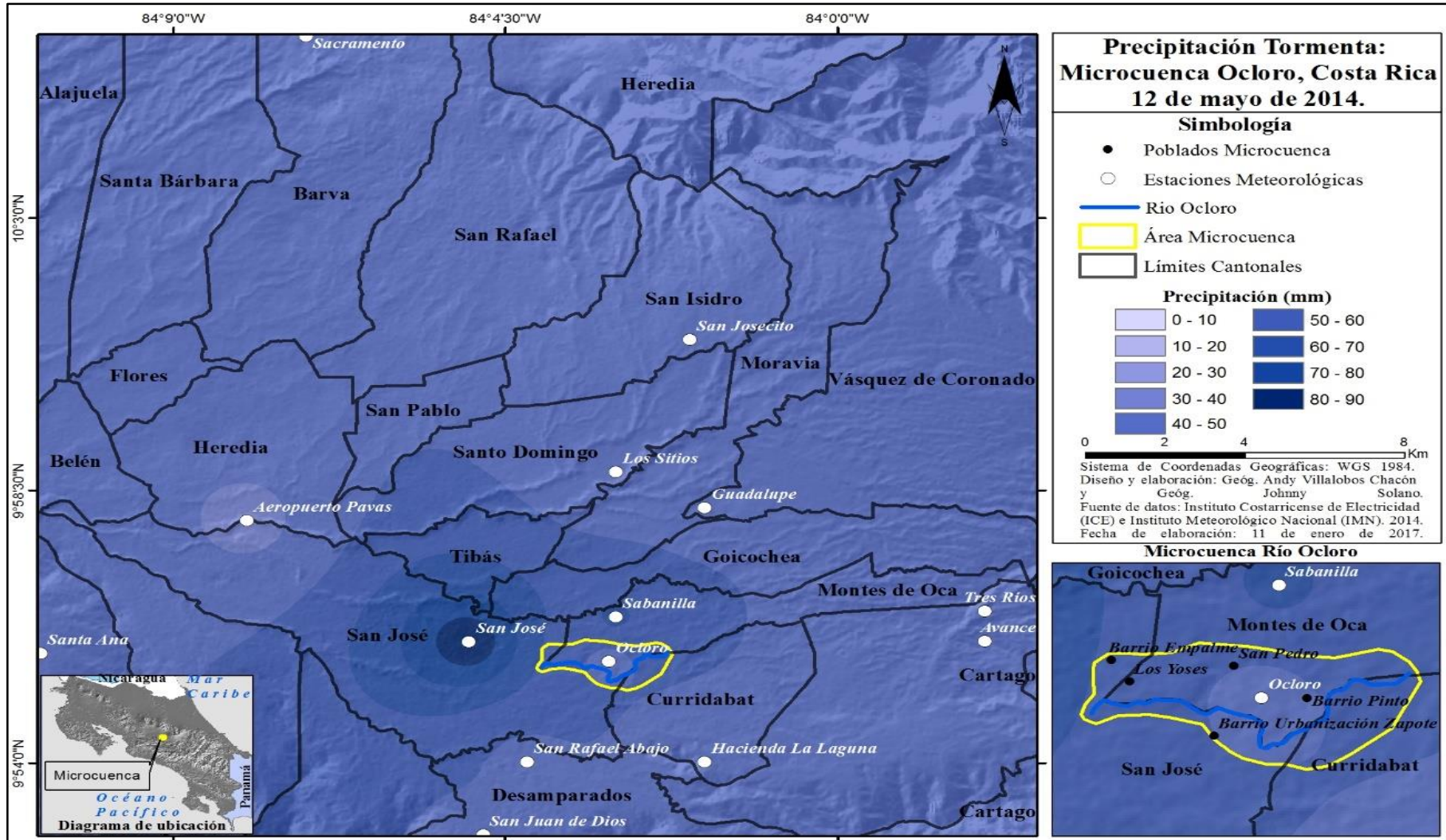
Mapa N^o 8.



Mapa N° 9.



Mapa N° 10.



4- ANÁLISIS GENERAL

Inicialmente, se puede señalar que para los primeros años de análisis como fue el caso de 1967 (ver mapa N° 2) la tormenta provino del norte con un máximo de precipitación registrado en la estación meteorológica de Guadalupe entre 50 a 60 mm. Esto quiere decir, que por metro cuadrado la lluvia que pudo haber caído durante la tormenta en esa área fue de alrededor de 60 mm de agua.

Para la microcuenca del río Ocloro se presentaron para agosto de 1967 una precipitación con rango entre los 10 a 20 mm, lo cual en comparación a tormentas que se analizaran de años más recientes a la actualidad se podrá notar un aumento en dicha área de estudio, evidentemente esto combinado con acciones antrópicas el riesgo que tienen las poblaciones de verse afectadas por una inundación es mayor.

Para el 12 de agosto de 1971 se puede observar en el mapa N° 3 que la mayor cantidad de precipitación se pudo haber concentrado en Guadalupe, según lo registrado por una estación meteorológica de este cantón. Como se puede notar la lluvia tiene un ingreso por el sector noreste de la Cordillera Volcánica Central de la Gran Área Metropolitana (GAM), en donde por el “paso de la palma” (depresión en la morfología de la cordillera) permite el paso de vientos o sistemas de altas y bajas presiones generando finalmente fuertes precipitaciones en el Valle Central.

Es por lo anterior, que se puede notar que la mayor parte de las tormentas provienen del norte o noreste con variaciones al sur en donde se ubican los cerros del cantón de Desamparados que generan una barrera natural para el paso de la nubosidad proveniente del Caribe y que muchas veces es el “paso de la palma” el encargado de permitir la entrada de nubosidad y su precipitación al otro lado del Valle Central, en este caso en Desamparados en sus partes altas

En este caso la microcuenca Ocloro pudo haber presentado una precipitación que se ubicó en un rango entre los 20 a 30 mm durante la tormenta teniendo un comportamiento fue similar al de 1967.

Para el 06 de setiembre de 1971 se presenta nuevamente una tormenta de carácter severo con la presencia de concentración o núcleos de tormenta en Desamparados y Curridabat ubicados al sur de la GAM. Se puede evidenciar que en esta área se alcanzaron máximos entre 60 a 70 mm por metro cuadrado (ver mapa N° 4).

Por otra parte en la microcuenca del río Ocloro las oscilaciones en la precipitación se ubicó en un rango entre los 40 a 50 mm, con lo cual se puede inferir que los núcleos de la tormenta estuvieron muy cercanos a dicha microcuenca y esto posiblemente reflejado en una mayor intensidad en la precipitación y la posible presencia de tormenta eléctrica en esta área en específico.

Como se puede observar en el mapa N^o 5 para el 11 octubre de 1976 la tormenta que sucedió ese día se concentró en San Isidro de Heredia en donde se pudieron alcanzar picos de 60 mm. Para la microcuenca Ocloro para esta ocasión la afectación no fue tan severa como sucedió en el año de 1971, sin embargo la precipitación que se registró estuvo en un rango entre 20 a 30 mm.

Para el 15 de mayo de 1980 se vuelven a presentar fuertes precipitaciones en la microcuenca Ocloro en donde se manifestó una precipitación entre los 40 a 50 mm recordando la tormenta de 1971. Para este caso la tormenta proviene del este registrando máximos de precipitación en la estación meteorológica del Aeropuerto de Pavas de 80 mm (ver mapa N^o 6).

Muy cercana a la tormenta anterior, 12 días después para ser exacto, se presenta nuevamente una tormenta en la GAM en donde se puede notar en el mapa N^o 7 una fuerte concentración de núcleos sobre el casco central de la ciudad de San José, lo cual hace que sea la segunda vez en donde los máximos de precipitación se vuelven a situar muy cerca del área de estudio, lo cual hizo que para Ocloro se alcanzaran inclusive máximos de 60 mm.

En el mapa N^o 8 se muestra la tormenta ocurrida el 31 de mayo de 1981, en donde se puede notar que los máximos rangos de precipitación se registraron en las estaciones meteorológicas de Tres Ríos y Rancho Redondo (Avance) con 90 mm. Con lo anterior se puede inferir que la tormenta se pudo haber concentrado en esta zona en particular, muchas veces por un tema de orografía, humedad, presión atmosférica o temperatura que hace que la lluvia se acentúe en un área en específico.

Para el caso de la microcuenca del río Ocloro se pudieron alcanzar pico de precipitación de 60 mm, lo cual muestra que se ha mantenido una alza en la lluvia que cae en esta área con respecto décadas anteriores como 1960 y 1970.

Para el 05 de mayo de 2005 se evidencia que para esta tormenta en particular se dan los máximos en los rangos de precipitación que se han registrado hasta el momento en el periodo de estudio. Es la primera vez que se superan los 90 milímetros (mm) por

metro cuadrado durante una tormenta, con una situación muy particular, no se concentró en un núcleo en específico, sino que fue una distribución muy homogénea en gran parte del Área Metropolitana incluía la microcuenca del río Ocloro (ver mapa N^a 9).

Se puede apreciar en el mapa N^a 9 que la tormenta pudo haber ingresado precisamente por el llamado “paso de la palma” en dirección noreste con un grado de severidad en cantones como San José, Montes de Oca, Goicochea, Desamparados, Tibás y Santo Domingo.

Es importante señalar que se ha evidenciado un aumento en las intensidades en las precipitaciones que se han dado en la GAM. Mientras que para 1967 los máximos de precipitación alcanzaron los 60 mm, para 2005 superaron los 90 mm. Es por lo anterior que se recomienda que se debería de hacer un estudio estadístico y climatológico más a fondo para confirmar esta hipótesis o bien descartarla. Si esta hipótesis fuese confirmada se tiene a la vez otra posible hipótesis de qué ha estado generando este aumento, a lo cual se le adjudica al cambio climático o calentamiento global que, según el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) en los últimos años está generando modificaciones en el comportamiento en las intensidades y distribuciones de las precipitaciones en el planeta Tierra y se no se realizan cambios inmediatos en las formas en que el ser humano está viviendo parece que la situación no va cambiar, sino más bien que va a empeorar.

Específicamente, según la IPCC definen el cambio climático como: *“un cambio en el clima, debido a transformaciones que está sufriendo los factores internos del sistema climático o de la interacción entre sus componentes, o cambios del forzamiento externo debidos a causas naturales y actividades humanas”*. (Retana, 2012). Es decir, el cambio climático que experimenta el planeta obedece no solo a factores naturales sino también al componente humano.

Señala Jiménez (2012) que el cambio climático se diferencia de los fenómenos naturales porque está asociado a la influencia de las actividades humanas sobre las condiciones del sistema climático. Dentro de las causas está el aumento significativo del consumo de combustibles fósiles iniciado en la Revolución Industrial, de los que se continúa teniendo una alta dependencia y cuyo consumo cada día rompe récords, así como las emisiones de gases de efecto invernadero que se lanzan a la atmósfera.

El ordenamiento territorial es uno de los fines para el cual se realiza este trabajo, en donde se espera que los municipios competentes logren consultar la investigación para

la toma de decisiones acertadas en su territorio en materia de la gestión local se refiere. En sí es un proceso político, económico, social, ambiental y cultural, que implica determinar el uso que se dará a los espacios geográficos para garantizar la sostenibilidad del desarrollo y el manejo responsable de los recursos naturales.

Cabe señalar que según el Programa del Estado de la Nación de Costa Rica para lograr una efectiva planificación del territorio debe estar basada en indicadores y mapas elaborados por expertos, lo cual es un requisito esencial para el desarrollo. Lo anterior es sumamente importante resaltarlo porque está precisamente ligado a los objetivos de esta investigación como es por ejemplo, brindar una herramienta para las municipalidades para que puedan trabajar en mejorar la forma en que están planificando sus territorios en donde, se considera como prioridad desarrollar formas de vida más sostenibles con el medio ambiente.

No obstante, cabe indicar una vez más que la implementación de dicho estudio dentro del ordenamiento territorial le corresponde única y exclusivamente a las municipales que son quienes deben empezar a trabajar en acciones claras para mejorar el nivel de desarrollo de sus comunidades y la adaptación ante el cambio climático que es otro de los retos de nuestra era.

Finalmente para concluir con el análisis de los mapas que se presentaron en esta entrega, para el 12 de mayo de 2014 se registra la última tormenta que se incluye en este estudio, en donde se mantiene un alto rango de precipitación alcanzando 90 mm, en esta ocasión con un núcleo principal sobre la ciudad de San José, caso que no es núcleo, ya que parece que es muy probable que cada tormenta acontecida en la GAM pueda tener fuertes rangos de precipitación en San José y claramente con una alta incidencia sobre el agua que recibe la microcuenca del río Ocloro.

Es importante recalcar que de las nueve tormentas que anteriormente se analizaron, únicamente las de 1976 y la del 27 de mayo de 1980 no presentó los montos máximos en la caída de precipitación durante la tormenta en la parte alta de la microcuenca. El objetivo de señalar lo anterior es que si a esto se le agregan los cambios en el uso de la tierra que se desarrollado en cantones como, San Pedro, Guadalupe o La Unión en los últimos 30 años en donde, se ha sustituido el uso agrícola por el urbano se podrá encontrar una combinación perfecta para que se dé un aumento en la escorrentía superficial haciendo que el agua que se drena por el río Ocloro sea mayor.

Claramente, lo que anteriormente que se acaba de señalar requiere de elaborar un estudio más exhaustivo con el de un balance hídrico, sin embargo, se aporta esta hipótesis la cual podría ser desarrollada en otra investigación a futuro.

En cuanto a las inundaciones que se han dado en la microcuenca del río Ocloro, según **periódicos y Patterson** se encuentran las siguientes (ver tabla N^a 2):

- 11 de agosto de 1967
- 11 de octubre de 1981
- 12 de agosto 1971
- 18 de setiembre de 1987
- 06 de setiembre de 1971
- Años de 2014 y 2015

En general del cumulo de esta fechas, se destaca las estaciones registradoras de lluvia como, la estación Guadalupe, Mozotal, Los Sitios, como las indicadoras, según las cantidad de lluvia que actúan en el desbordamiento del río Ocloro.

Entre muchos factores que accionan las lluvias en esta microcuenca, se destaca el Frente de Brisa entrando al Valle Central por el denominado “Paso de la Palma” como el posible detonador de las fuertes lluvias de tormenta que afectan esta área, aún más cuando se posicionan casualmente sobre los sectores de Guadalupe, Moravia y sobre la misma MCRO como sucedió para el 27 de mayo de 1980, 05 de junio de 2005 y el 12 de mayo de 2014 (ver mapas N^o 7, 9 y 10), en donde los núcleos de tormenta ha estado casi dentro del área de estudio. Sin embargo, en la mayoría de ocasiones las precipitaciones no se prolongan más hacia dentro de la microcuenca, ya que por lo general buscan más las estribaciones bajas de la Cordillera Volcánica Central, esto produciendo su impacto más directo sobre estos sectores bajos.

5- CONSIDERACIONES FINALES

- En primera instancia se logró mostrar una investigación que permite adquirir una mejor comprensión sobre la distribución de las precipitaciones durante tormentas en la GAM tanto, para lectores expertos en el tema como la ciudadanía en general gracias a una producción cartográfica sencilla de entender.

- Por otro lado se pudo analizar el impacto de las tormentas sobre la MCRO en donde, se pudo constatar con la elaboración de los mapas comparativos que en siete de las nueva tormentas analizadas, los núcleos de tormenta estuvieron casi sobre el área de estudio. Lo anterior explica por qué en esos mismos años se reportaron problemas como las inundaciones que generaron personas atrapadas en vehículos (2014) o bien daños en las estructuras de las viviendas (1980 y 2005).

A lo anterior, se debe pensar en los cambios en el uso de la tierra que entre 1970 a 2014 se pudieron generar en esta área, lo cual podría explicar evidentemente la generación de inundaciones que nunca se habían visto antes del siglo XIX y que claramente sería uno de los estudios que se deberían de realizar más a fondo para explicar si existe una relación entre la variable de las precipitaciones durante tormentas (amenaza) y los cambios en el uso de la tierra (vulnerabilidad) generando finalmente, un mayor riesgo en las poblaciones dentro de la microcuenca y en sus alrededores.

- Se recomienda además de elaborar un estudio más exhaustivo en el tema de los cambios en el uso de la tierra, también se deja el espacio que se permita elaborar otra investigación que permita confirmar o bien descartar la hipótesis que se plantea de que a partir de 1980 las tormentas que se han dado en la GAM han tenido un aumento en las intensidades de las precipitaciones y que probablemente, el cambio climático ha jugado un papel crucial. La anterior afirmación se deduce claramente de las producciones cartográficas elaboradas en donde por ejemplo, para 1981, 2005 y 2014 se alcanzan los 90 mm por metro cuadrado en una hora e inclusive, se supera tal cantidad como pasó en la tormenta analizada de 2014.

A lo anterior si se llegara a confirmar se deberá reflexionar cómo incluir estos cambios dentro de las políticas y los planes para el ordenamiento territorial desarrollados por las principales municipales de la GAM.

Algunas de las metodologías que se recomiendan aplicar se confirme o no esta hipótesis son por ejemplo, la adaptabilidad al cambio climático, mediante reglamentos

más estrictos en materia de construcciones que ponga un límite en donde se debe o no construir a partir de estos nuevo registros.

Otra de esas medidas deberá ser el trabajar más con las comunidades y centros educativos en materia de prevención de desastres, que puede ser claramente una de las primeras medidas de más rápido impacto en la población en comparación de las políticas que requieren más tiempo; muchas veces llegando tarde, cuando ya los desastres han ocurrido con el caso del Huracán Otto y Upala en donde existía desde antes un plan regulador y nunca se aplicó al cantón por parte del municipio competente.

- Se logró constatar que el Frente de Brisa conjugado con la deformación morfológica al norte del Valle Central denominado “Paso de la palma”, son los principales responsables de cómo se distribuyen las precipitaciones en la GAM, generando que en la mayoría de ocasiones los núcleos de tormenta se registren en la estación meteorológica de Guadalupe, así como otras muy cercanas como la de San José o Desamparados. Ésta última también presenta influencia, ya que a pesar de estar a más de 10 km de distancia de la primera, las tormentas una vez estando dentro del Valle Central buscan nuevamente como salir y es ahí en donde se resguardar en las partes altas de la Cordillera Volcánica Central como son los sectores de las partes montañosas de Desamparados hasta desaparecer en el Océano Pacífico.

6- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Jiménez R. *“Enfoque y propuestas de política para enfrentar el cambio climático”*. Revista Ambientales N°. 44, diciembre 2012. Costa Rica. Págs. 17 -32.

Retana J. (2012). *“Eventos Hidrometeorológicos extremos lluviosos en Costa Rica desde la perspectiva de la adaptación al cambio en el clima”*. Revista Ambientales N° 44, diciembre 2012. Costa Rica. Págs. 5 – 16.



Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE)
Instituto Meteorológico Nacional (IMN)

Johnny Solano Quintero
Tel. +506 85 73 59 76
Correo electrónico: jsolano@imn.ac.cr

Andy Villalobos Chacón
Tel. +506 86 54 86 63
Correo electrónico: andyvillacha@hotmail.com