

Indices de Agresividad Pluvial Aplicados a Series Pluviométricas Convencionales de San Miguel de Tucumán

**C.M.Lamelas y J.D.Forciniti (EEAOC)
N.Colacelli y J.Delgado (FAZ).**



Sección
Agrometeorología

**Presentado en la X Reunión Argentina y IV
Latinoamericana de Agrometeorología.
Asociación Argentina de Agrometeorología, Mar
del Plata – Buenos Aires, 13 al 15/10/ 2004**

INTRODUCCION

- La erosión hídrica afecta a gran parte de los sistemas agrícolas del mundo, provocando pérdidas crecientes en el potencial productivo por la degradación de los suelos y daños en infraestructura hidráulica, vial, ferroviaria, energética, etc.

INTRODUCCION

- **Uno de factores causales de la erosión es la intensidad de las precipitaciones, la que cobra mayor significación en regiones con marcada concentración estacional de las lluvias y de alta pluviosidad.**
- **A escala internacional se han desarrollado numerosos modelos para estimar las pérdidas de suelos por erosión hídrica.**

INTRODUCCION

- El más difundido es la ecuación universal de pérdida de suelo USLE (Wischmeier, 1959).

$$A = R * K * L * S * C * P$$

A=Pérdida media anual de suelo.

R=Factor de erosividad pluvial.

K=Factor de erosionabilidad de suelo.

L=Factor de longitud de pendiente.

S=Factor de gradiente de pendiente.

C=Factor de cobertura de cultivo o vegetación natural.

P=Factor de prácticas de conservación.

INTRODUCCION

- La contribución de las lluvias es valorada a través del factor R.

$$R = E I_{30}$$

E=Energía cinética de la lluvia.

I_{30} =Intensidad máxima de la lluvia en 30 min.

- Este índice requiere de información pluviográfica a través de una larga serie de años.

INTRODUCCION

- Este requisito limita marcadamente su utilización a escala geográfica, debido a que las redes pluviométricas generalmente disponen de una muy baja densidad de pluviómetros, y en la mayor parte de estos casos sólo se cuenta con series cortas con faltantes de información.

INTRODUCCION

- En la Argentina se han realizado estimaciones del factor R para diferentes regiones (Medina y Moyano, 1975; Codromaz de Rojas et al, 1976, 1985, 1993) y en Tucumán se calcularon para muy pocas estaciones (Codromaz de Rojas et al, 1993, Medina, Delgado y Colacelli, 2000).

INTRODUCCION

- Para superar la carencia de información pluviográfica se han generado índices para describir el efecto erosivo de las lluvias, que utilizan la información pluviométrica convencional (Fournier, 1960; Arnoldus, 1978; Oliver, 1980).

INTRODUCCION

- La provincia de Tucumán dispone de un archivo pluviométrico con información de una cantidad importante de localidades, que abarca las principales áreas de producción agropecuaria, y con series de extensión adecuada para realizar una primera aproximación a la erosividad de las precipitaciones.

OBJETIVO

- a. Evaluar el comportamiento temporal de tres índices de agresividad de las precipitaciones, aplicados a los datos de una serie de 100 años de la localidad de San Miguel de Tucumán, como una primera etapa de un estudio a escala provincial.**

OBJETIVO

- b.** Evaluar el comportamiento espacial de los índices de agresividad de las precipitaciones, aplicados a las series pluviométricas de 115 localidades de la provincia de Tucumán y zonas aledañas.

Caso de análisis: Serie San Miguel de Tucumán.

- **Fuente de Datos: Serie de precipitaciones totales mensuales y anuales para el período 1901-2000.**

Caso de análisis: Serie San Miguel de Tucumán.

- **Indices seleccionados:**
 - **Indice de Fournier* (IF):**

$$IF = \frac{p \max^2}{P}$$

p max: Precipitación media mes más lluvioso.

P : Precipitación media anual.

** Fournier 1960.*

Caso de análisis: Serie San Miguel de Tucumán.

- Índice Modificado de Fournier* (IMF)

$$IMF = \sum_{i=1}^{12} \frac{p_i^2}{P_t}$$

p_i : Precipitación media mensual.

P_t : Precipitación media anual.

* *Arnoldus 1978.*

Caso de análisis: Serie San Miguel de Tucumán.

- Índice de Concentración de las Precipitaciones* (ICP)

$$\text{ICP} = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^{12} p_i^2}{P^2}$$

p_i : Precipitación media mensual.

P_t : Precipitación media anual.

* *Oliver 1980.*

Comportamiento de las precipitaciones de San Miguel de Tucumán.

Tabla 1: Estadísticos de la serie de precipitaciones.

	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	P ANUAL
MEDIA	10,3	11,2	16,8	64,0	102,6	156,4	193,7	165,6	159,7	65,9	29,8	16,7	992,7
DESV.STAN.	11,2	16,9	16,1	44,4	50,1	73,0	85,3	77,5	84,8	37,3	23,8	11,5	230,9
COEF.VARIA.	109,2	151,8	95,7	69,4	48,8	46,6	44,0	46,8	53,1	56,5	80,0	69,0	23,3
MINIMO	0,0	0,0	0,0	0,0	5,7	18,3	49,1	31,3	26,4	2,6	0,0	0,0	463,2
P = 0,01	0,0	0,0	0,0	2,2	29,1	29,5	62,9	34,6	29,6	5,0	0,0	0,0	497,2
P = 0,05	0,0	0,0	0,0	9,4	43,8	50,8	80,2	49,8	44,8	9,5	1,3	0,0	609,2
P = 0,10	0,0	0,0	0,5	15,8	48,7	67,2	93,5	71,5	59,1	16,0	4,5	1,4	734,7
P = 0,20	0,6	0,0	3,3	24,6	62,4	85,2	110,9	95,4	83,7	30,5	9,9	5,5	787,6
P = 0,30	2,0	1,4	5,9	36,5	70,1	106,3	132,1	118,9	106,0	47,1	15,6	9,2	860,7
P = 0,40	4,2	3,0	8,7	42,6	75,2	124,5	164,5	139,8	123,0	54,0	18,1	13,6	932,3
MEDIANA	6,3	5,1	11,3	59,8	90,6	158,0	180,4	161,1	150,5	65,4	25,7	16,5	986,8
P = 0,60	9,6	7,7	15,9	72,7	104,6	181,1	207,4	176,1	173,9	73,8	30,5	19,0	1057,5
P = 0,70	13,4	12,9	21,9	82,4	120,5	195,8	237,0	193,9	191,9	83,2	35,2	22,2	1099,2
P = 0,80	18,8	17,4	30,4	93,0	142,3	214,1	259,1	230,3	227,5	96,2	46,6	27,1	1192,2
P = 0,90	27,0	26,1	37,1	118,3	166,3	255,3	322,0	276,4	271,5	120,5	60,1	29,5	1299,2
P = 0,95	33,0	44,1	47,3	138,8	214,0	284,0	365,0	300,7	322,2	136,4	74,2	35,6	1391,3
P = 0,99	41,6	75,9	65,1	174,0	232,1	302,9	378,1	356,0	387,4	158,7	94,1	53,7	1474,1
MAXIMO	58,8	113,0	78,7	268,1	238,9	370,7	379,3	379,9	391,7	160,4	134,4	57,5	1548,3

Comportamiento de las precipitaciones de San Miguel de Tucumán.

Tabla 2: Información estadística complementaria de la serie de precipitaciones.

Amplitud	1085.1
Coefficiente Pluv.	3.34
Oct-Mar	842.1
% Oct-Mar	84.8
Abr-Set	150.7
% Abr-Set	15.2

MES	% Total anual
JUL	1.0
AGO	1.1
SEP	1.7
OCT	6.5
NOV	10.3
DIC	15.8
ENE	19.5
FEB	16.7
MAR	16.1
ABR	6.6
MAY	3.0
JUN	1.7

Comportamiento de las precipitaciones de San Miguel de Tucumán.

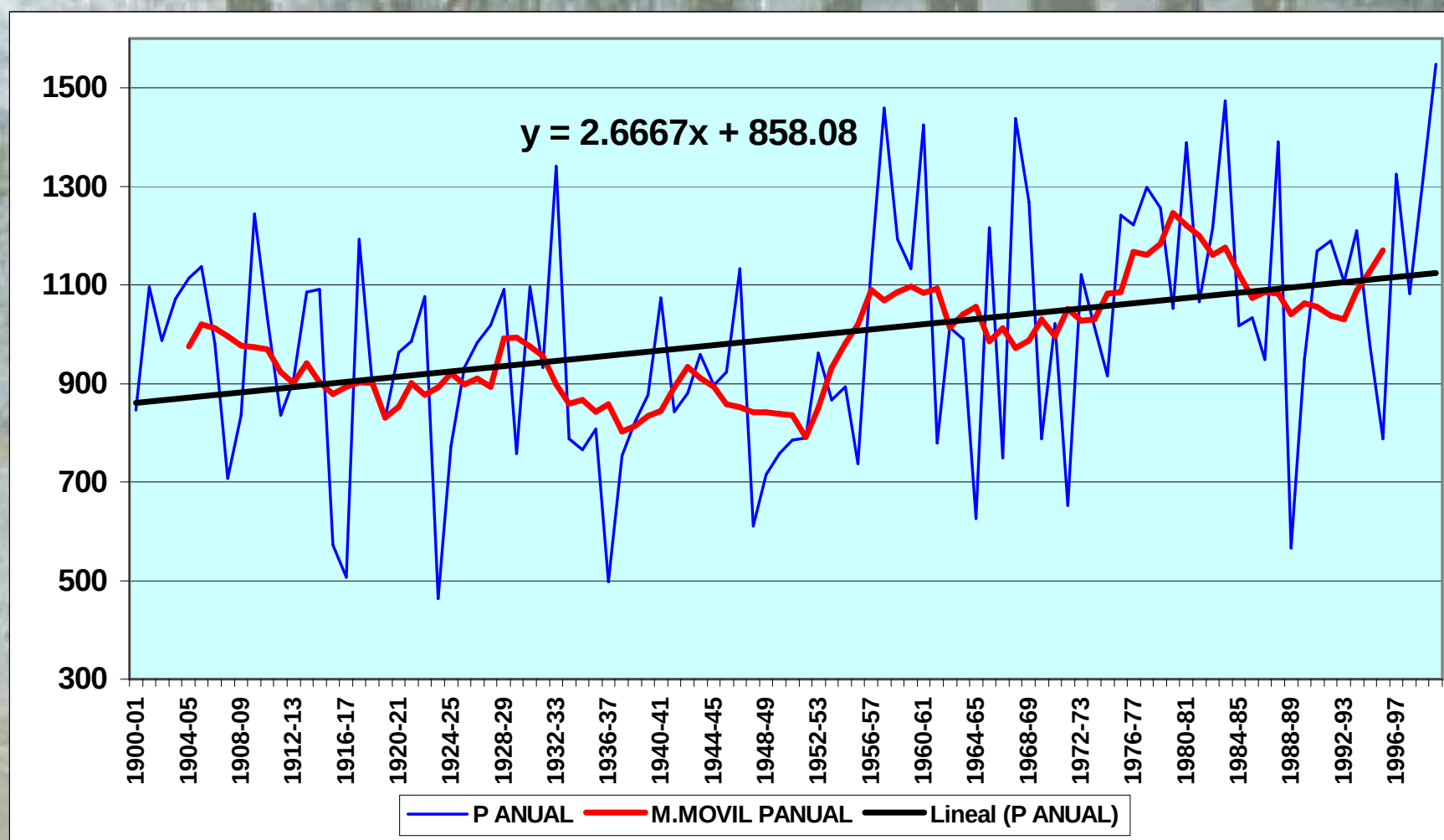
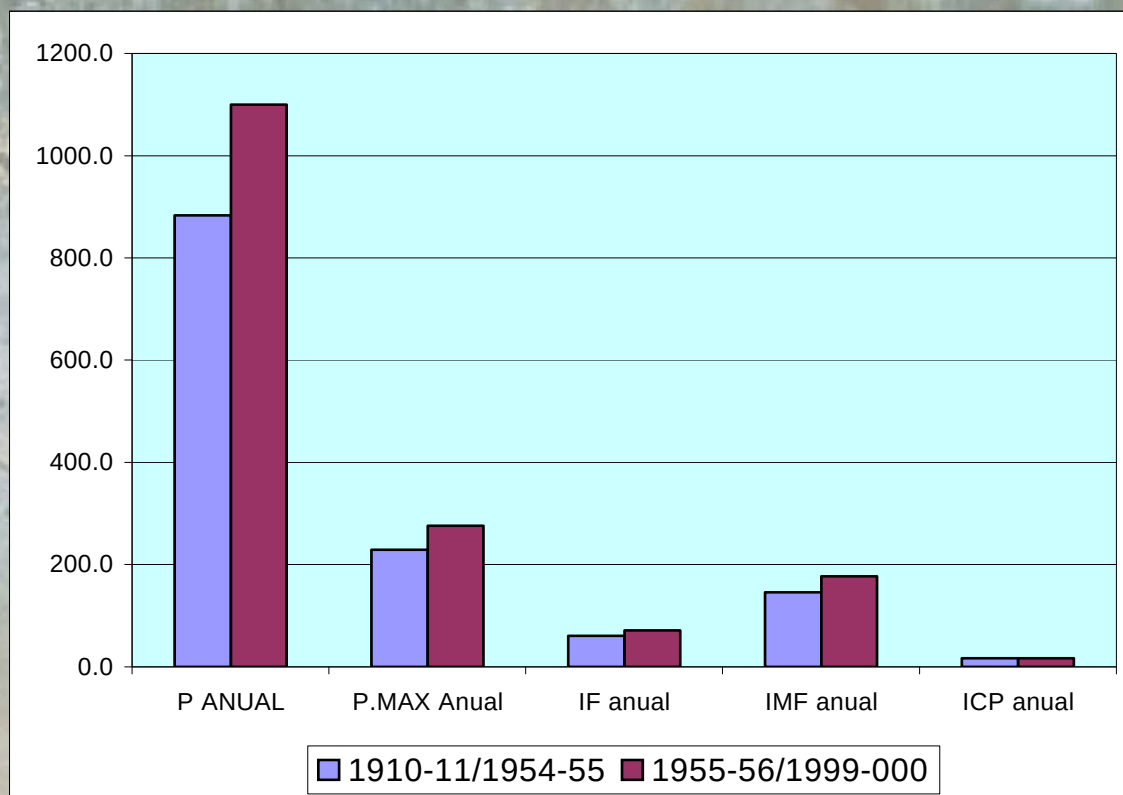


Figura 1: Evolución del P anual 1901-2000 .

Comportamiento de las precipitaciones de San Miguel de Tucumán.

	P ANUAL	P.MAX Anual	IF anual	IMF anual	ICP anual
1910-11/1954-55	883.5	229.1	61.2	146.0	16.6
1955-56/1999-000	1099.9	276.0	70.9	177.1	16.1
Diferencia %	24.5	20.4	15.8	21.3	-3.1



Cambio en el promedio de las variables hídricas después del “Salto Climático”.

Comportamiento del mes más lluvioso (p max) en San Miguel de Tucumán.

	P.MAX Anual	
Media Clima	193.7	
Media Serie	252.3	
Des est	69.7	
Coef Var	27.6	
MINIMO	90.1	XI/1923
P = 0,01	122.1	
P = 0,05	151.7	
P = 0,10	176.2	
P = 0,20	190.3	
P = 0,40	229.0	
MEDIANA	242.9	
P = 0,60	258.0	
P = 0,80	310.8	
P = 0,90	366.0	
P = 0,95	376.7	
P = 0,99	387.4	
MAXIMO	391.7	III/1959

Mes	% Max
ENE	38
FEB	16
MAR	17
ABR	1
MAY	0
JUN	0
JUL	0
AGO	0
SEP	0
OCT	1
NOV	4
DIC	23

Estadísticos de la serie p max (1901-2000) y frecuencia de ocurrencia para cada mes.

Comportamiento del mes más lluvioso (p max) en San Miguel de Tucumán.

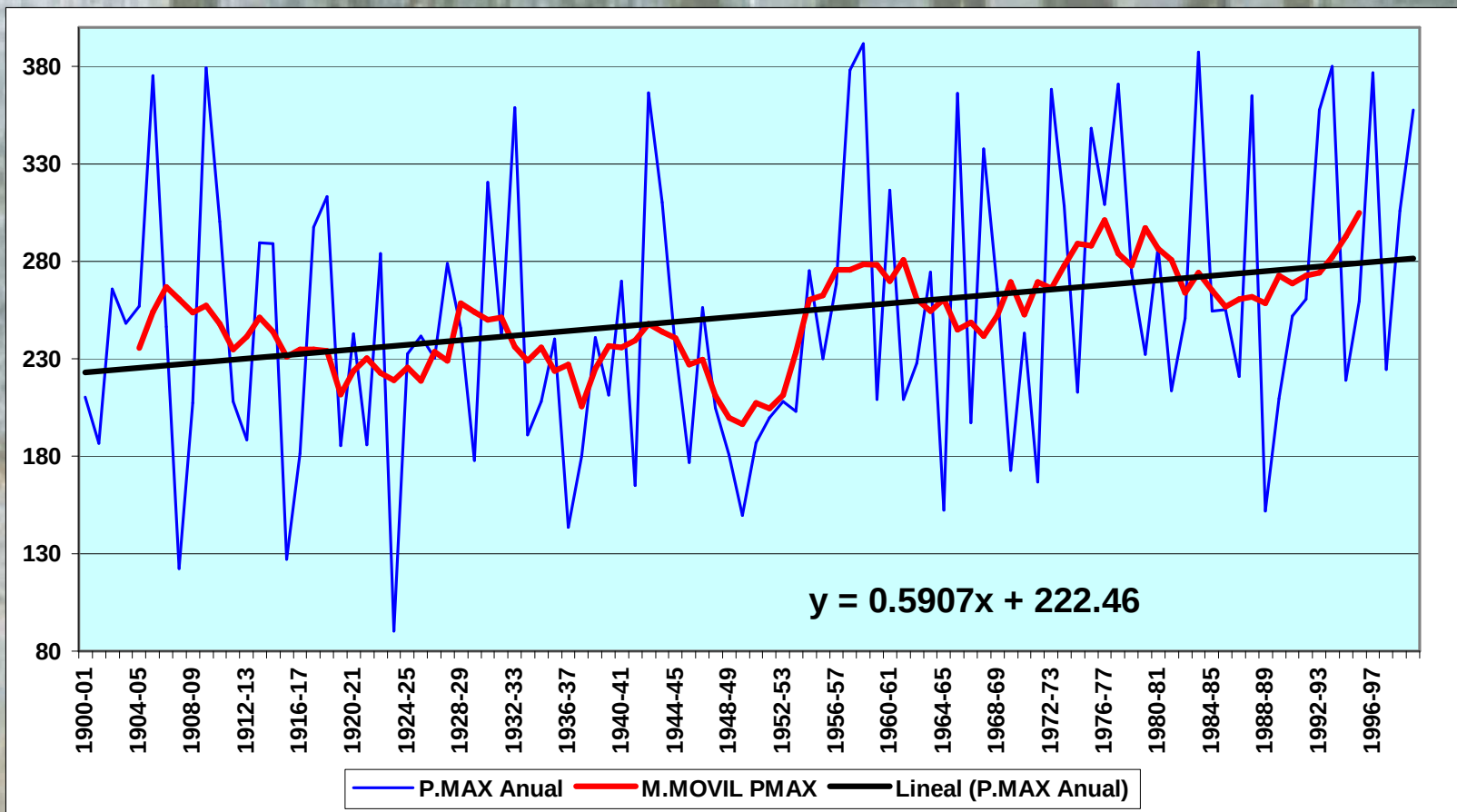


Figura 2: Evolucion del p max. Anual 1901-2000 en San Miguel de Tucumán.

Comportamiento del mes más lluvioso (p max) en San Miguel de Tucumán.

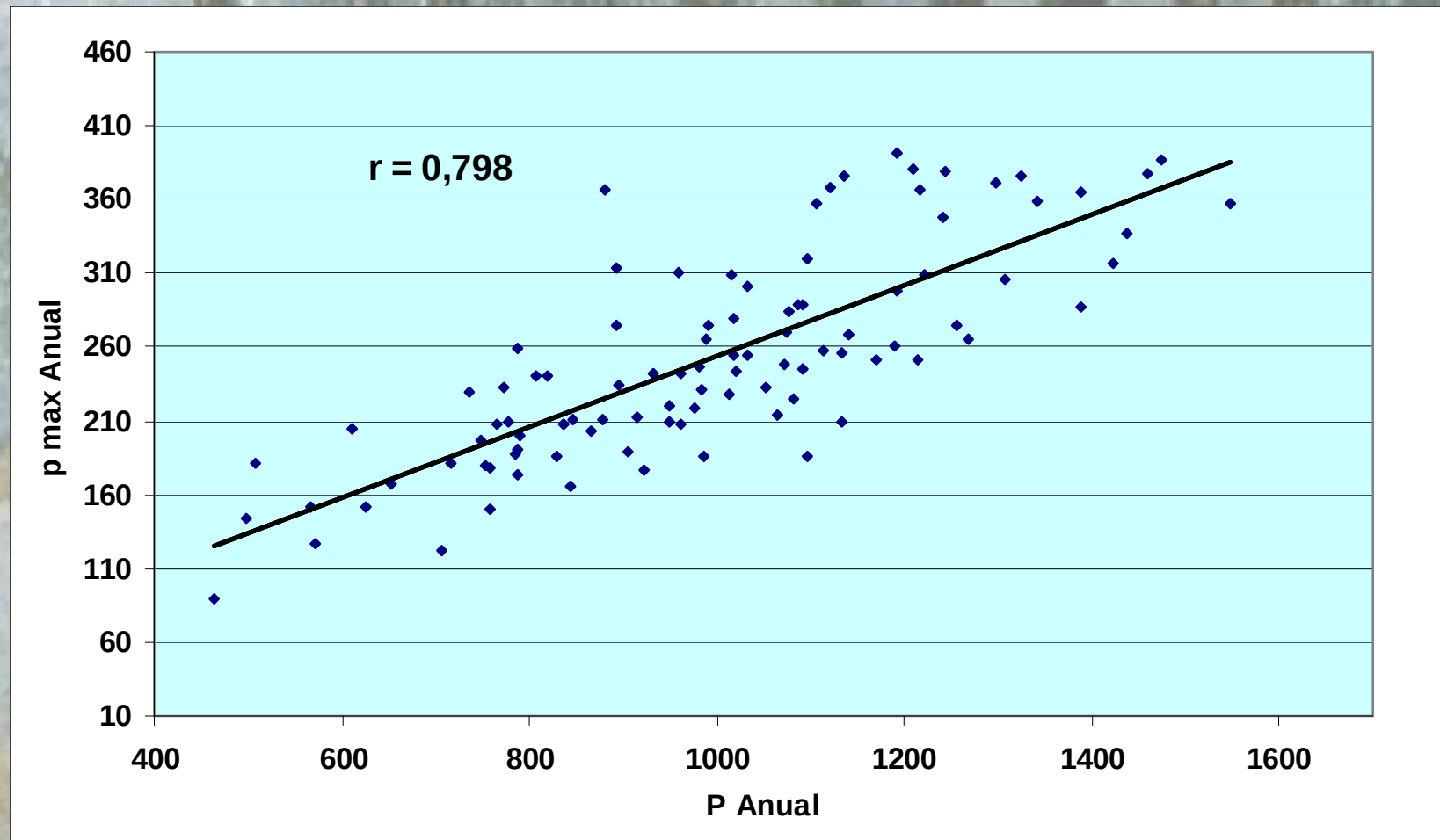


Figura 3: Relación p max Anual - P Anual

Comportamiento del mes más lluvioso (p max) en San Miguel de Tucumán.

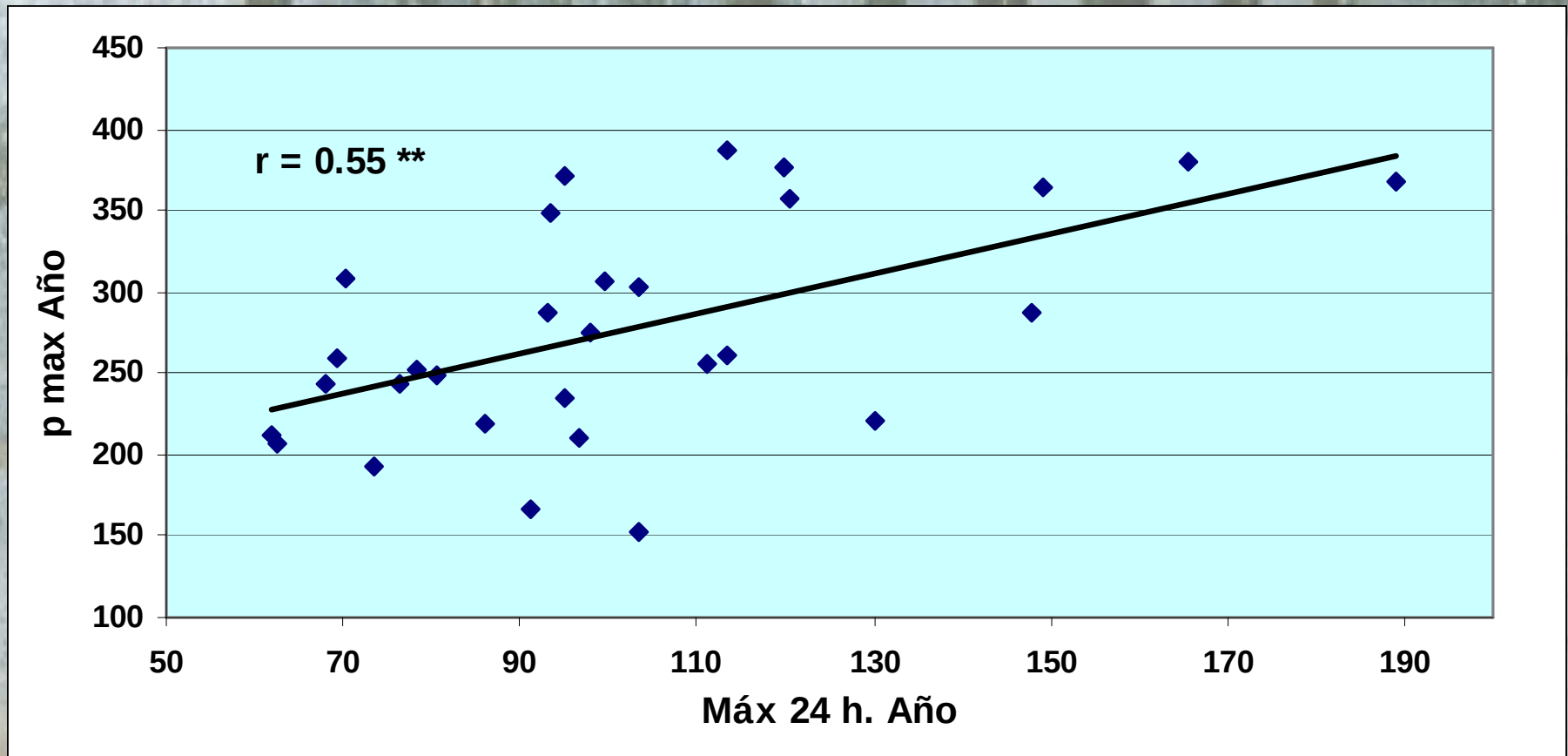


Figura 4: Relación entre Máxima en 24 horas anual y el total del mes más lluvioso.

Comportamiento del mes más lluvioso (p max) en San Miguel de Tucumán.

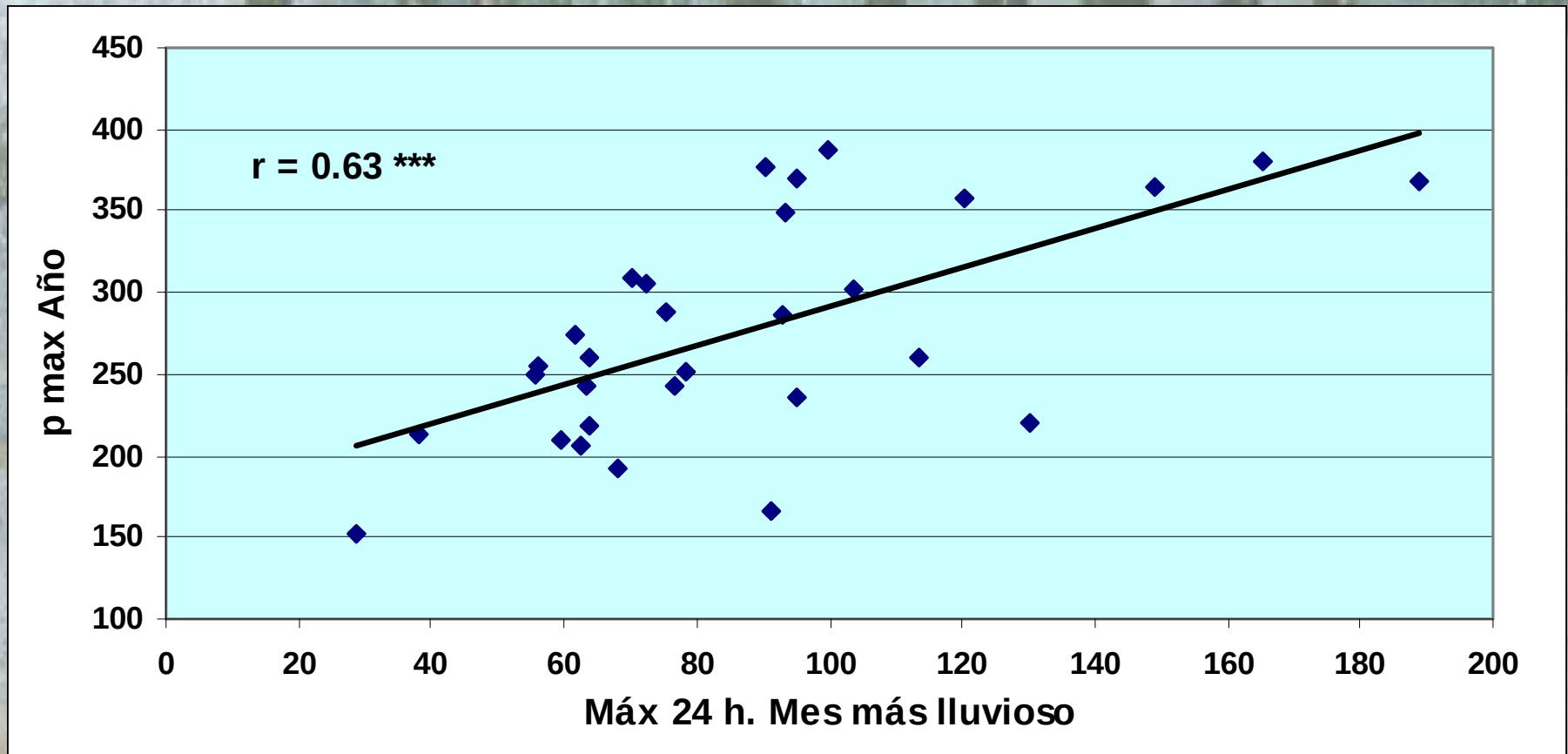


Figura 5: Relación entre Máxima en 24 horas del mes más lluvioso y el total del mes más lluvioso.

Comportamiento del Índice de Fournier (IF) en San Miguel de Tucumán.

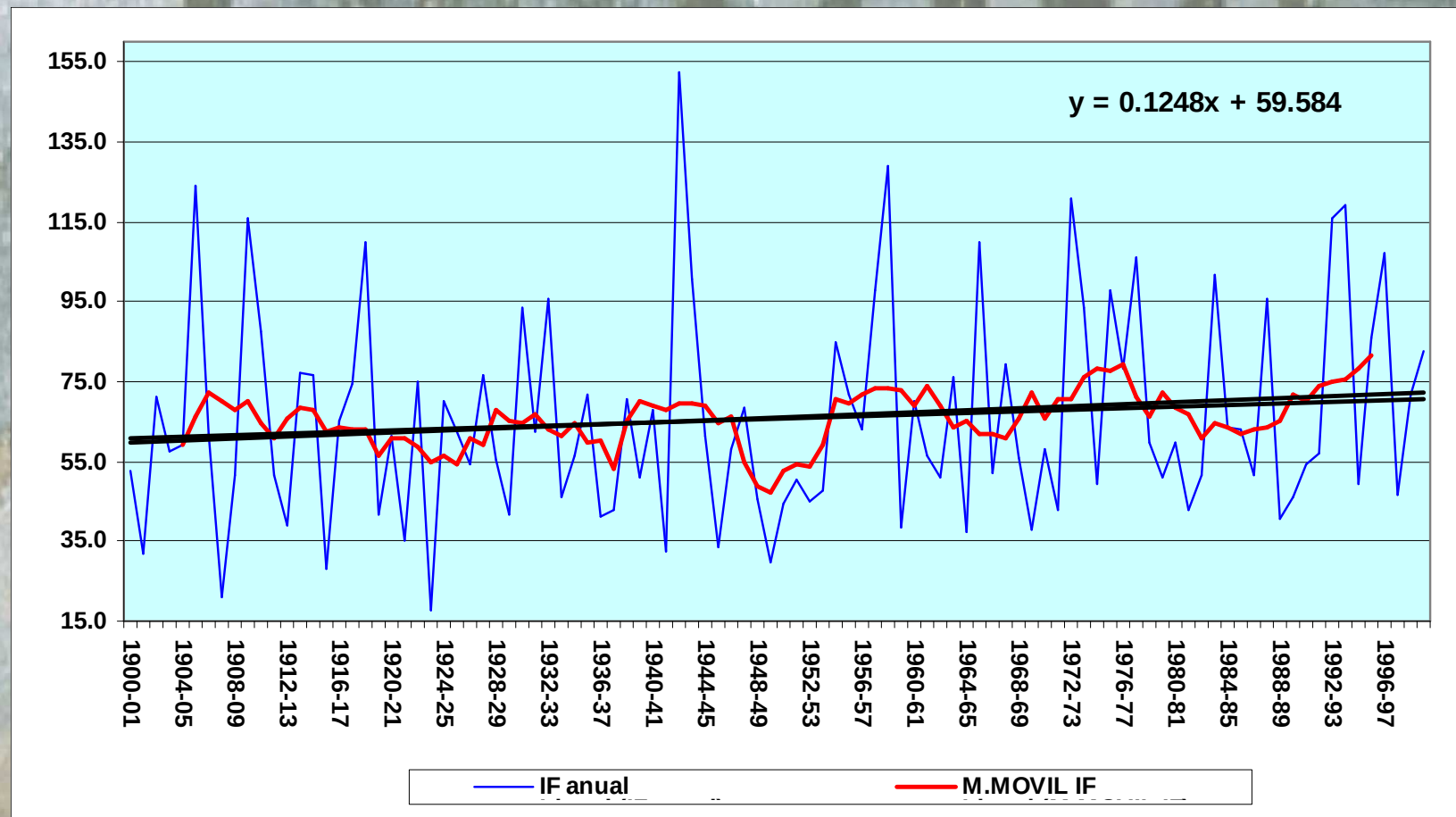


Figura 6: Evolucion del IF Anual 1901-2000 en San Miguel de Tucumán .

Comportamiento del Índice de Fournier (IF) en San Miguel de Tucumán.

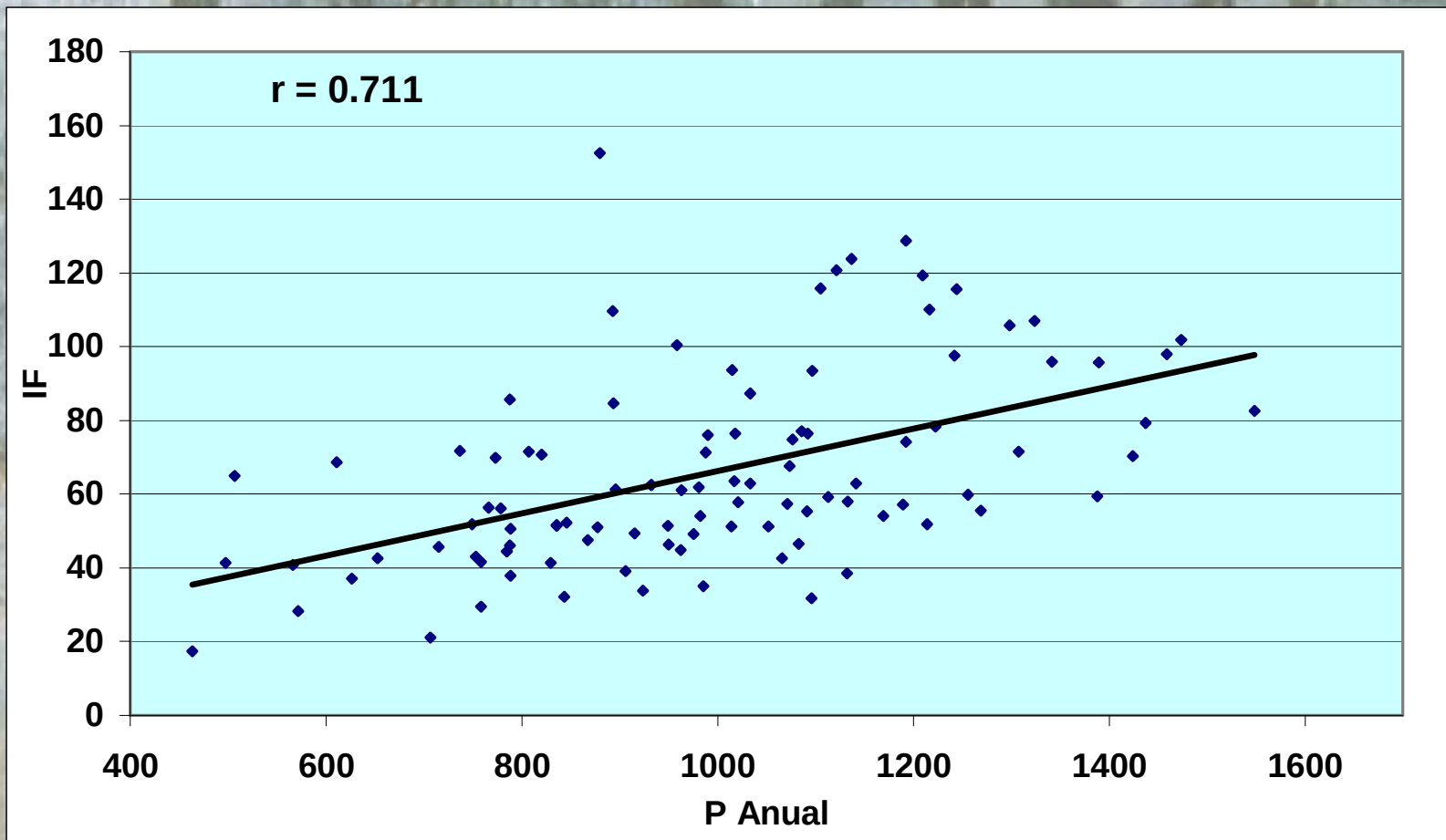


Figura 7: Relación entre IF y P Anual.

Comportamiento del Índice de Fournier (IF) en San Miguel de Tucumán.

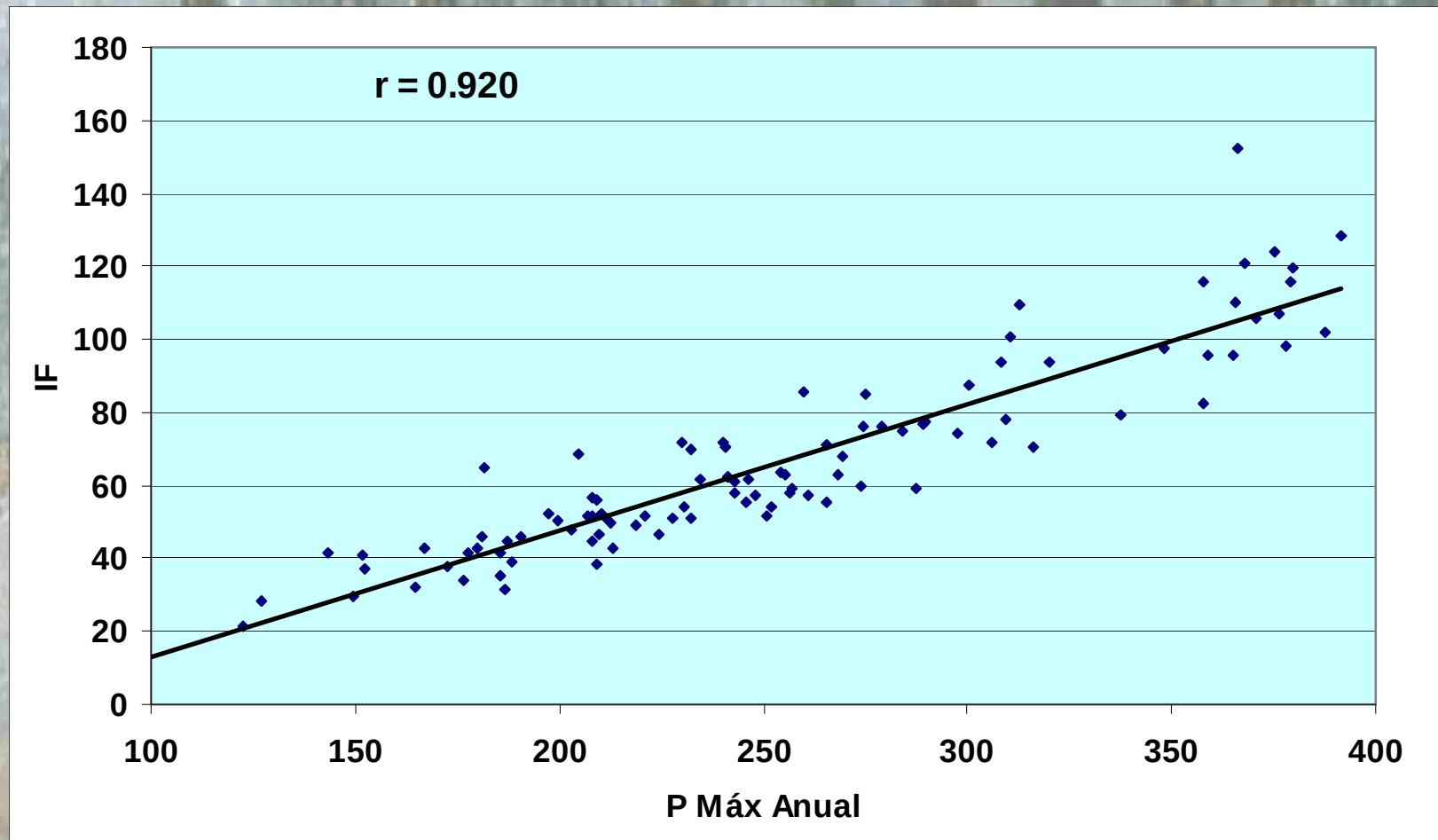


Figura 8: Relación entre IF y P Máx. Anual.

Comportamiento del Índice Modificado de Fournier (IMF) en San Miguel de Tucumán.

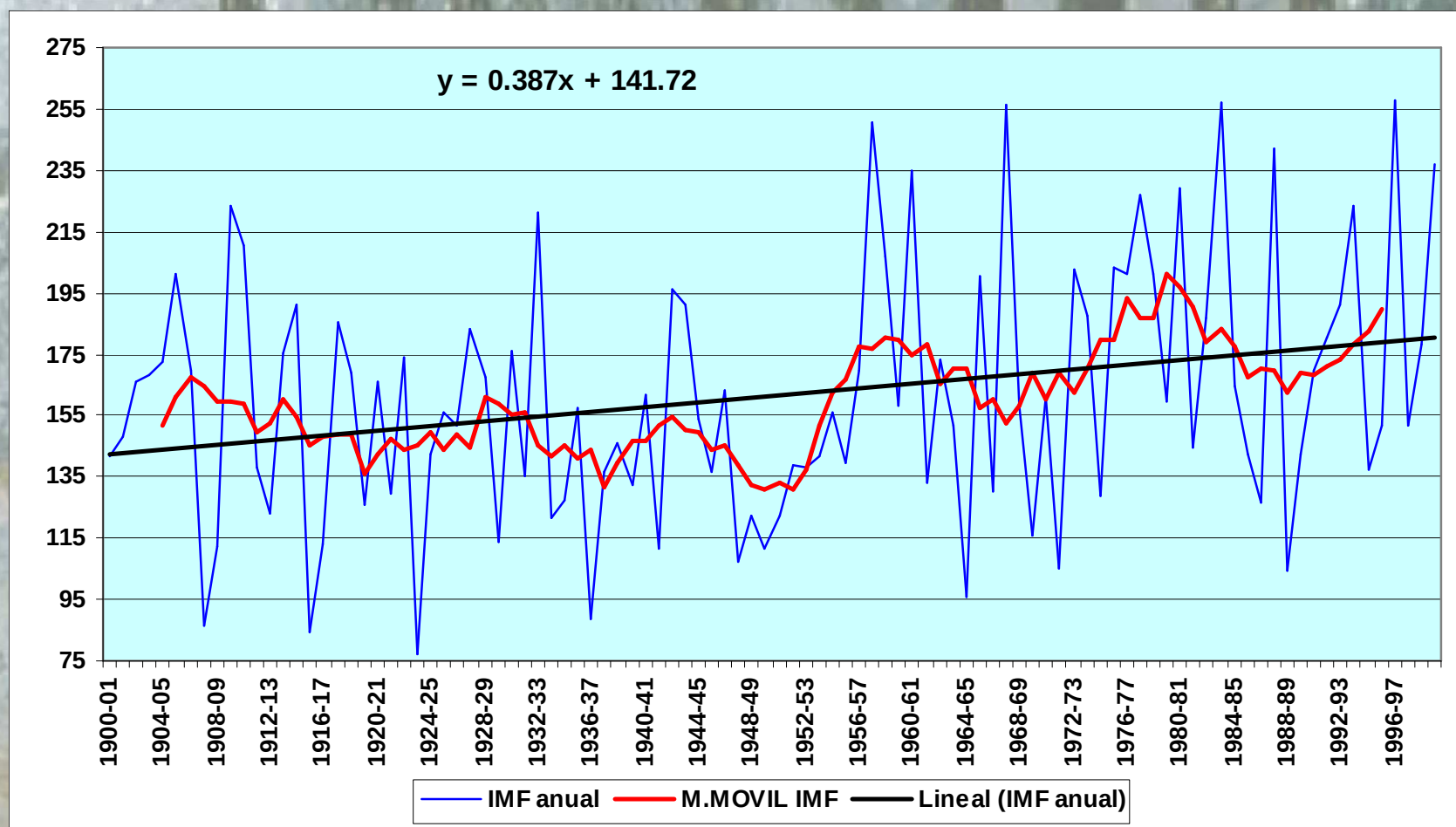


Figura 9: Evolucion del IMF Anual 1901-2000 en San Miguel de Tucumán .

Comportamiento del Índice Modificado de Fournier (IMF) en San Miguel de Tucumán.

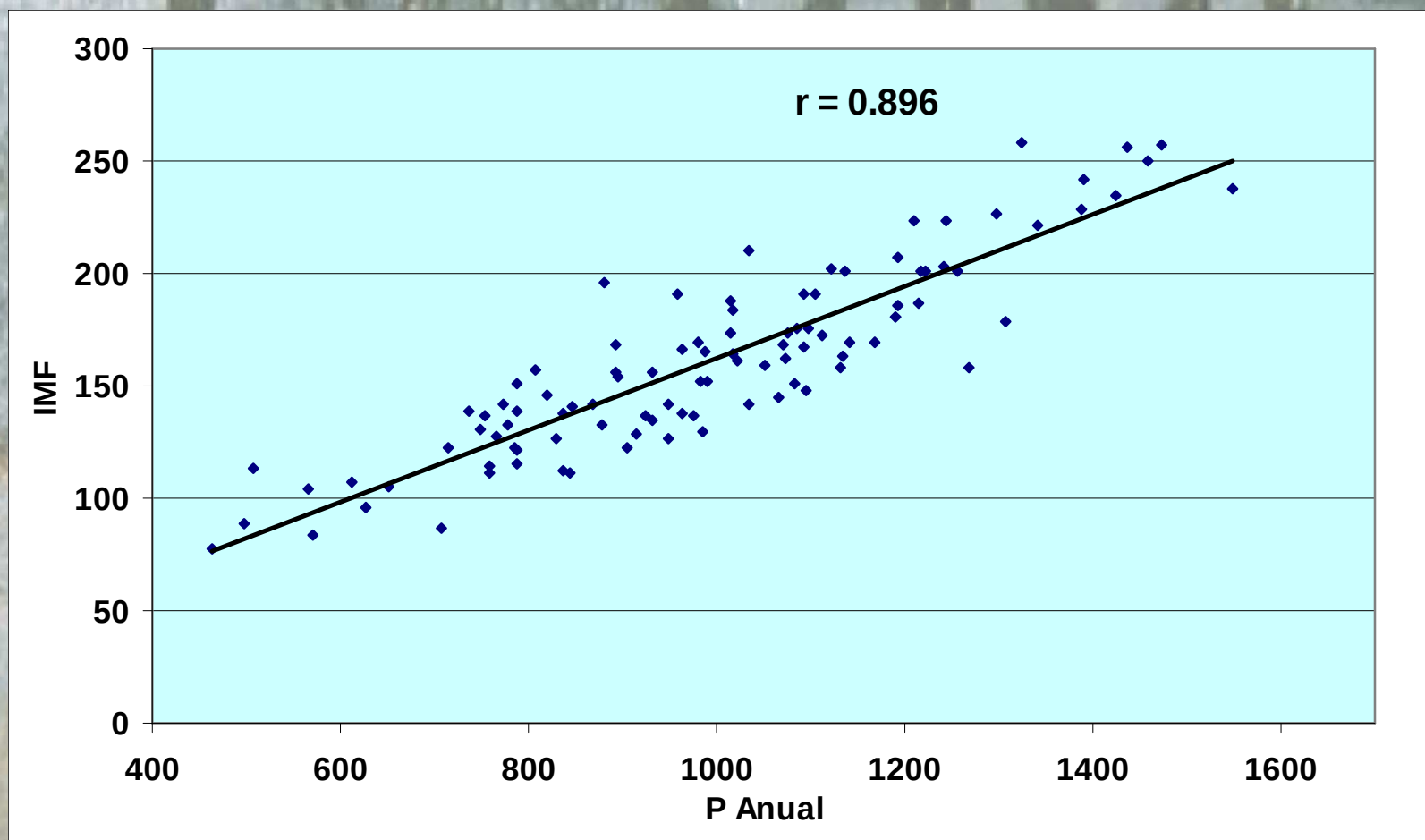


Figura 10: Relación entre IMF y P Anual.

Comportamiento del Índice Modificado de Fournier (IMF) en San Miguel de Tucumán.

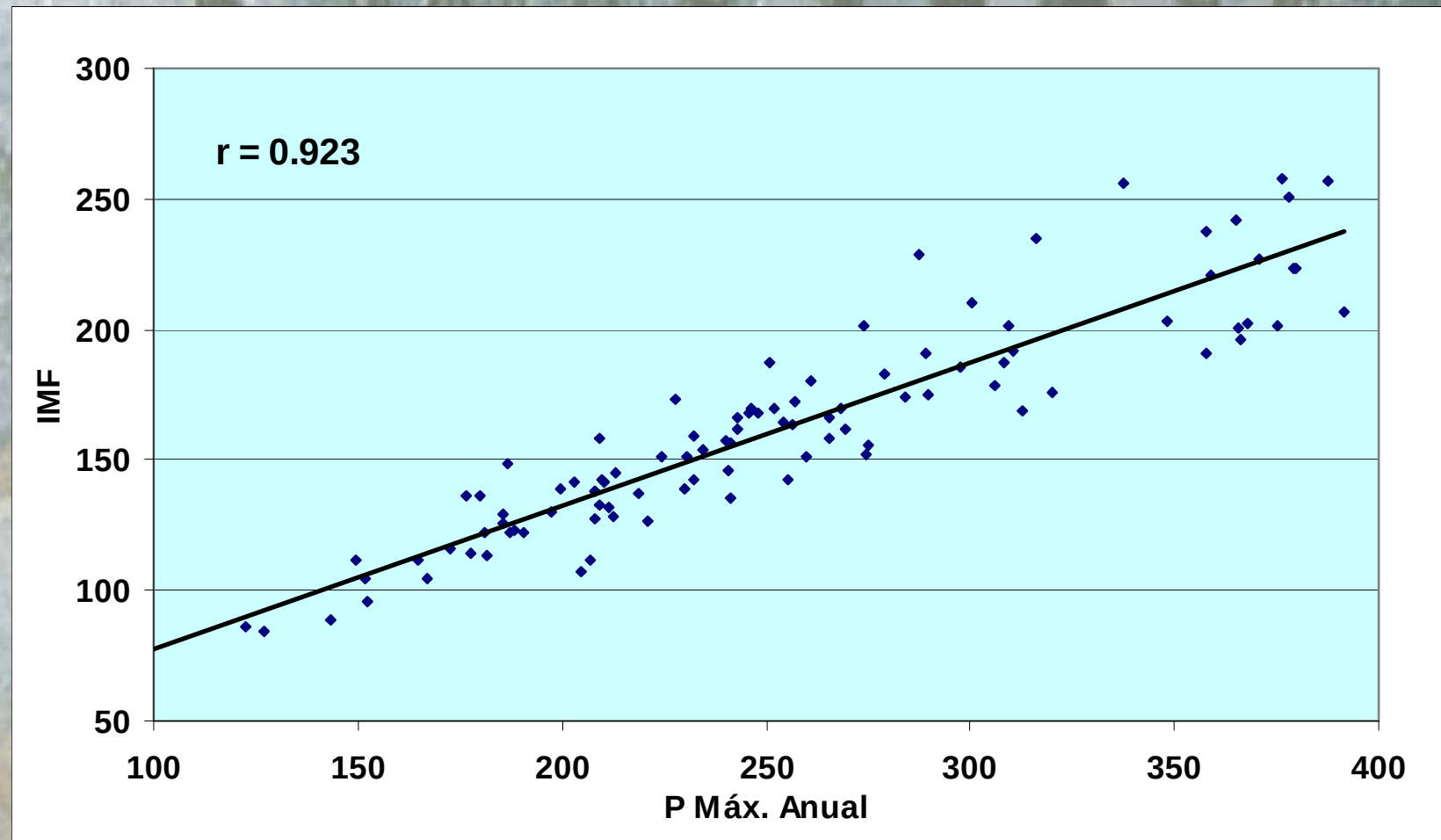


Figura 11: Relación entre IMF y P Máx. Anual.

Comportamiento del Índice de Concentración de las Precipitaciones (ICP) en San Miguel de Tucumán.

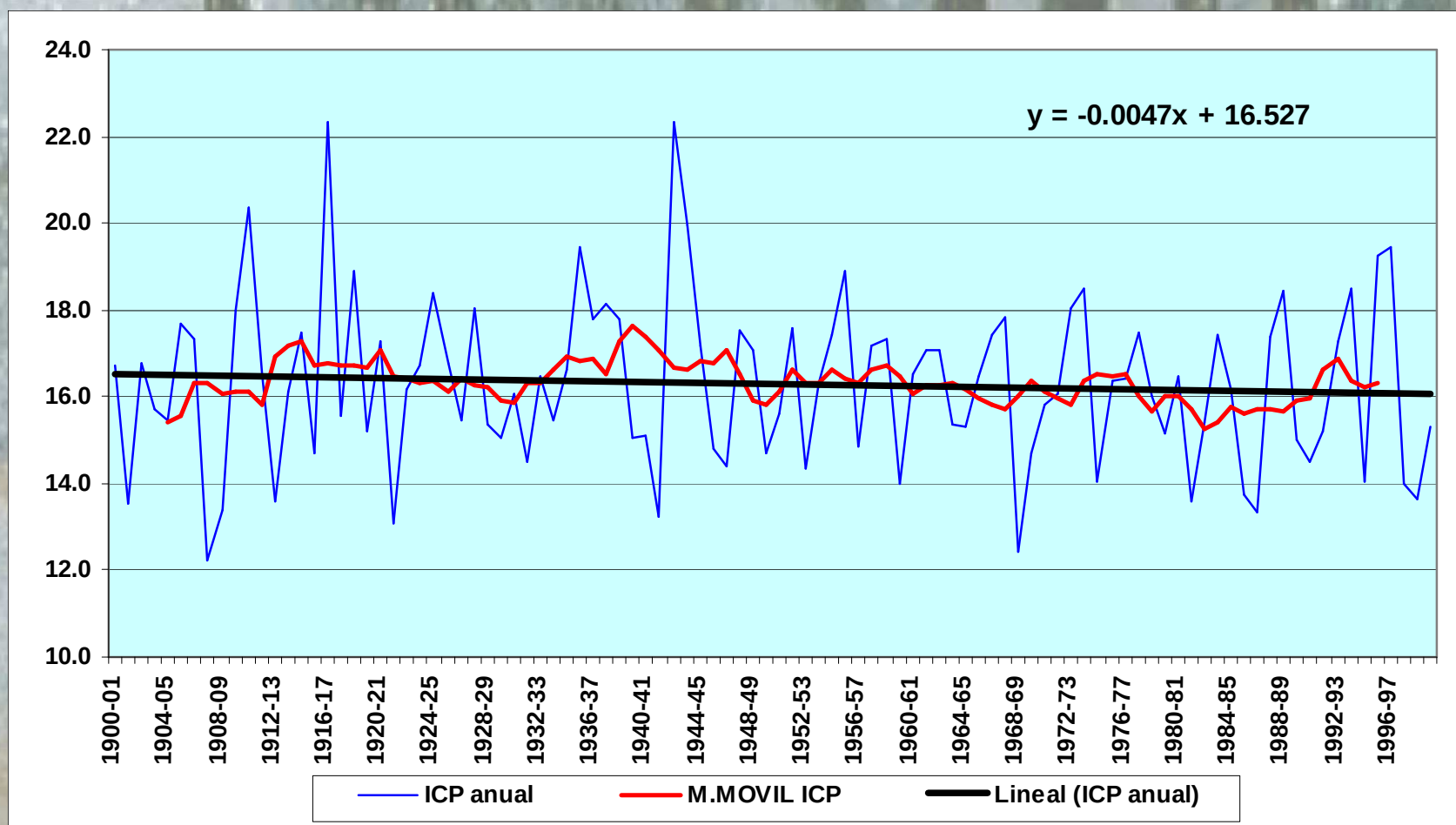


Figura 12: Evolucion del ICP Anual 1901-2000 en San Miguel de Tucumán .

Comportamiento del Índice de Concentración de las Precipitaciones (ICP) en San Miguel de Tucumán.

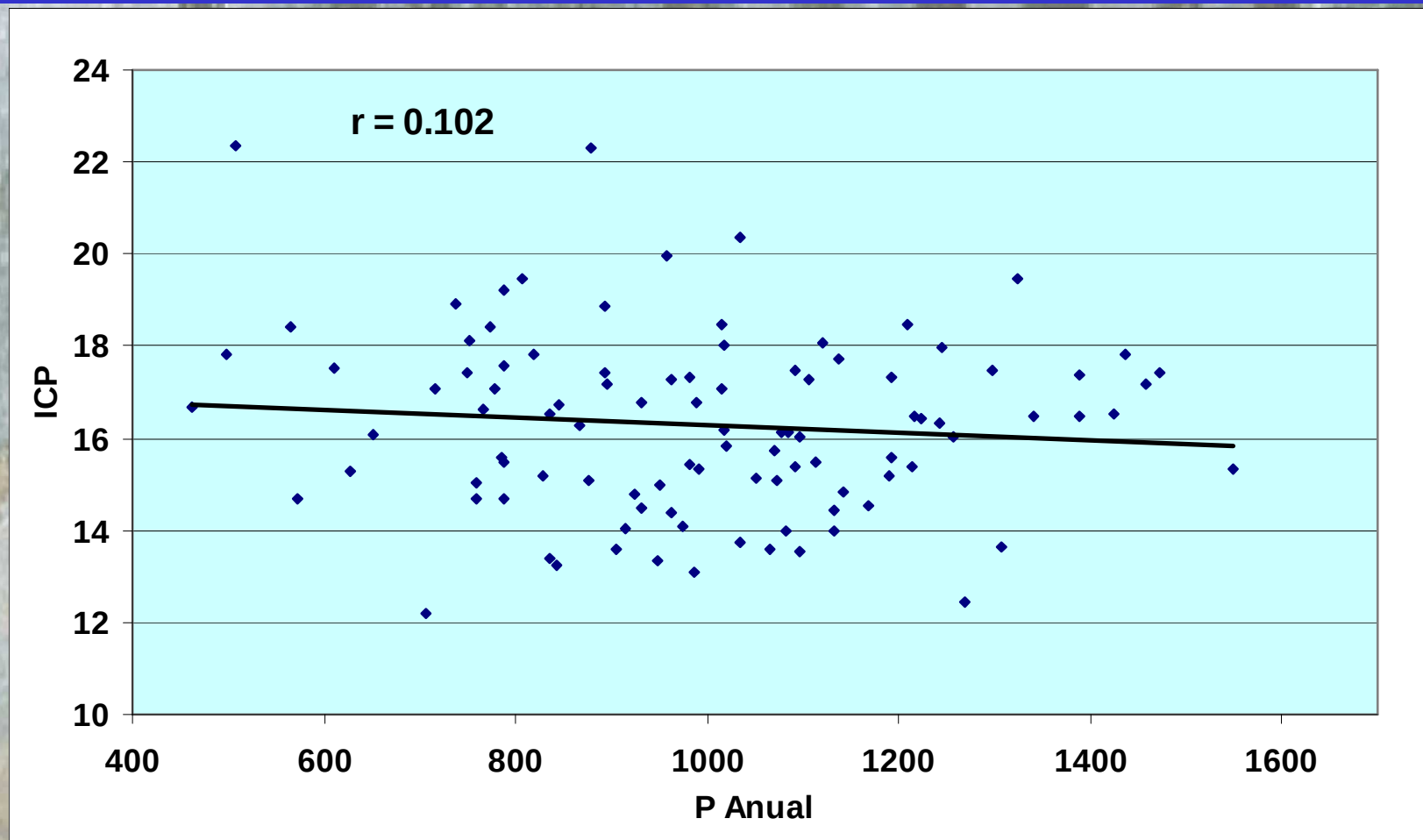


Figura 13: Relación entre ICP y P Anual.

Comportamiento del Índice de Concentración de las Precipitaciones (ICP) en San Miguel de Tucumán.

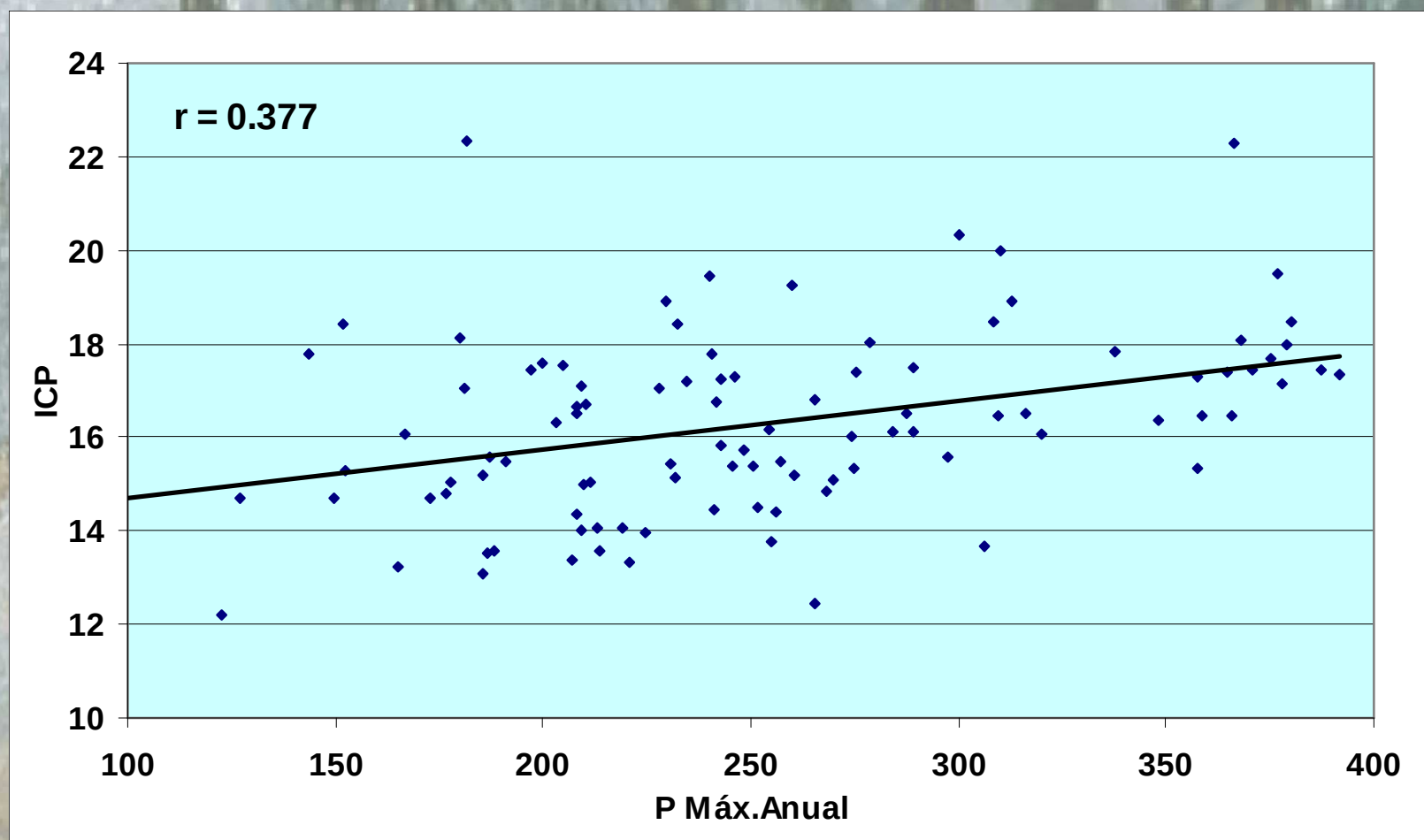


Figura 14: Relación entre ICP y P Máx. Anual.

Conclusiones del Estudio de la Serie San Miguel de Tucumán

- Los valores de P Max Anual son elevados y presentan marcada variabilidad interanual.
- La mayor frecuencia de ocurrencia de P Max Anual le correspondió a enero seguido por diciembre, marzo y febrero. Para el resto de los meses la contribución es mínima o nula.

Conclusiones del Estudio de la Serie San Miguel de Tucumán

- La evolución temporal de las precipitaciones mostró un crecimiento marcado en la pluviosidad anual (24,5 %) y mensual (20,4 %) en los últimos 45 años.
- Para el período 1970-99, se constató que existe una asociación positiva y altamente significativa entre P Max Anual y la precipitación máxima en 24 hs anual.

Conclusiones del Estudio de la Serie San Miguel de Tucumán

- El IMF sería el método mas adecuado para estimar la agresividad pluvial en nuestra región.
- El IMF medio es alto y tiene marcada variabilidad, el valor máximo fue más de 3 veces superior al mínimo.



Muchas Gracias por
su Atención

Indices de Agresividad Pluvial Aplicados a Series Pluviométricas Convencionales de la Provincia de Tucumán

**C.M.Lamelas y J.D.Forciniti (EEAOC)
N.Colacelli y J.Delgado (FAZ).**



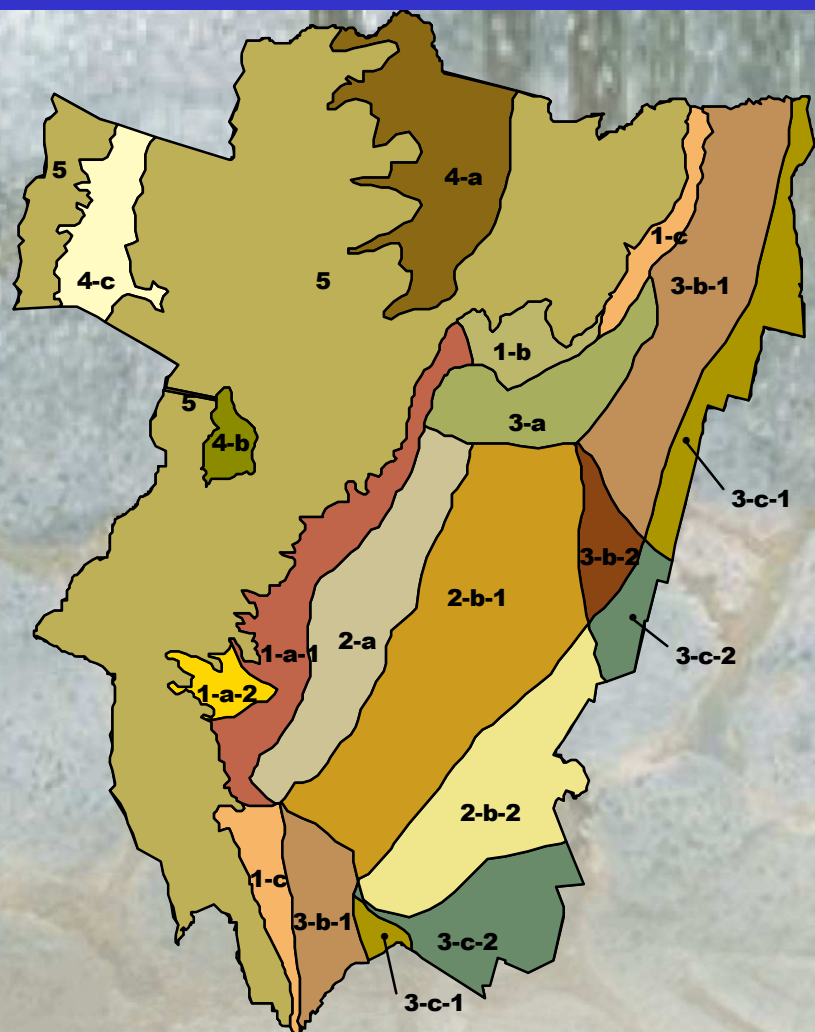
Sección
Agrometeorología

**Presentado en la X Reunión Argentina y IV
Latinoamericana de Agrometeorología.
Asociación Argentina de Agrometeorología, Mar
del Plata – Buenos Aires, 13 al 15/10/ 2004**

Aplicación de Índices de Agresividad Pluvial a la Provincia de Tucumán

- **Fuente de Datos: Series de precipitaciones totales mensuales y anuales de 115 localidades de la provincia de Tucumán y zonas aledañas.**
- **Índices aplicados: IF, IMF e ICP.**

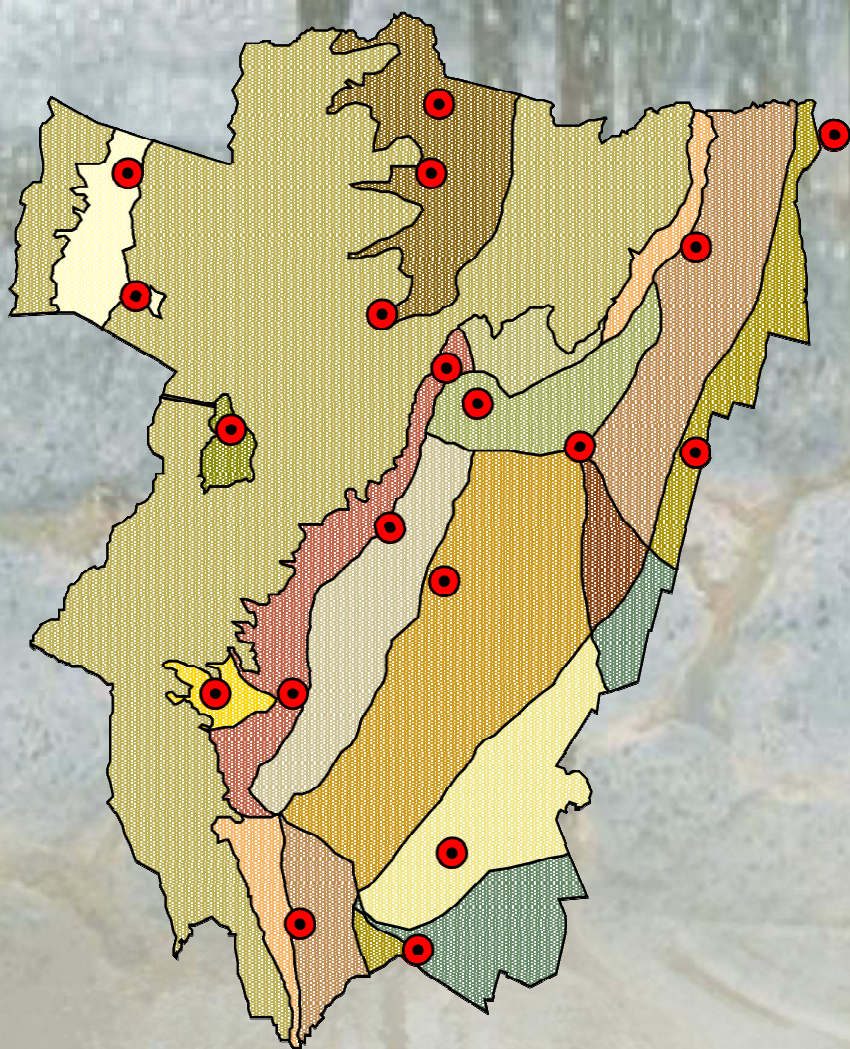
Bosquejo Agrológico de la Provincia de Tucumán.



REGION	NOMBRE
1-a-1	Suelos automorfos
1-a-2	Suelos hidromorfos
1-b	Pedemonte subhumedo-humedo
1-c	Pedemonte subhumedo-seco
1-c	Pedemonte subhumedo-seco
2-a	Llanura deprimida no salina
2-b-1	Llanura deprimida salina seca-subhumeda
2-b-2	Llanura deprimida salina semiarida
3-a	Llanura Chacopamp. subhumeda-humeda
3-b-1	Llanura Chacopamp. seca-subhum. no salina
3-b-1	Llanura Chacopamp. seca-subhum. no salina
3-b-2	Llanura Chacopamp. seca subhumeda con salin. inter
3-c-1	Llanura Chacopamp. semiarida no salina
3-c-1	Llanura Chacopamp. semiarida no salina
3-c-2	Llanura Chacopamp. semiarida con salinidad interna
3-c-2	Llanura Chacopamp. semiarida con salinidad interna
4-a	Tapia-Trancas
4-b	Valle de Tafi
4-c	Valles Calchaquies
5	Region serrana
5	Region serrana
5	Region serrana

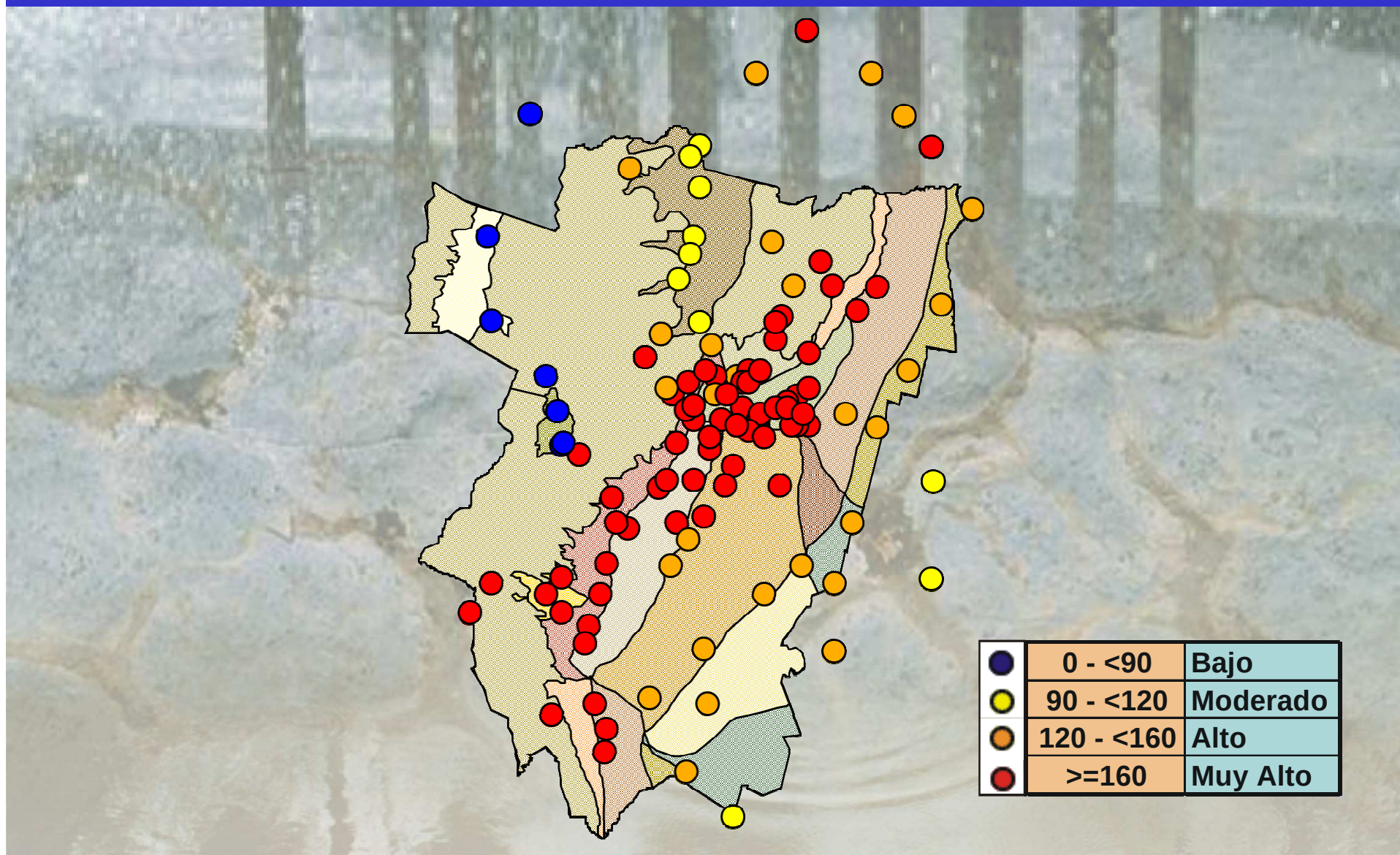
Autores: Zuccardi R.B. y G.S.Fadda - 1985

Indices de Agresividad Pluvial para Localidades Seleccionadas de la Provincia de Tucumán.

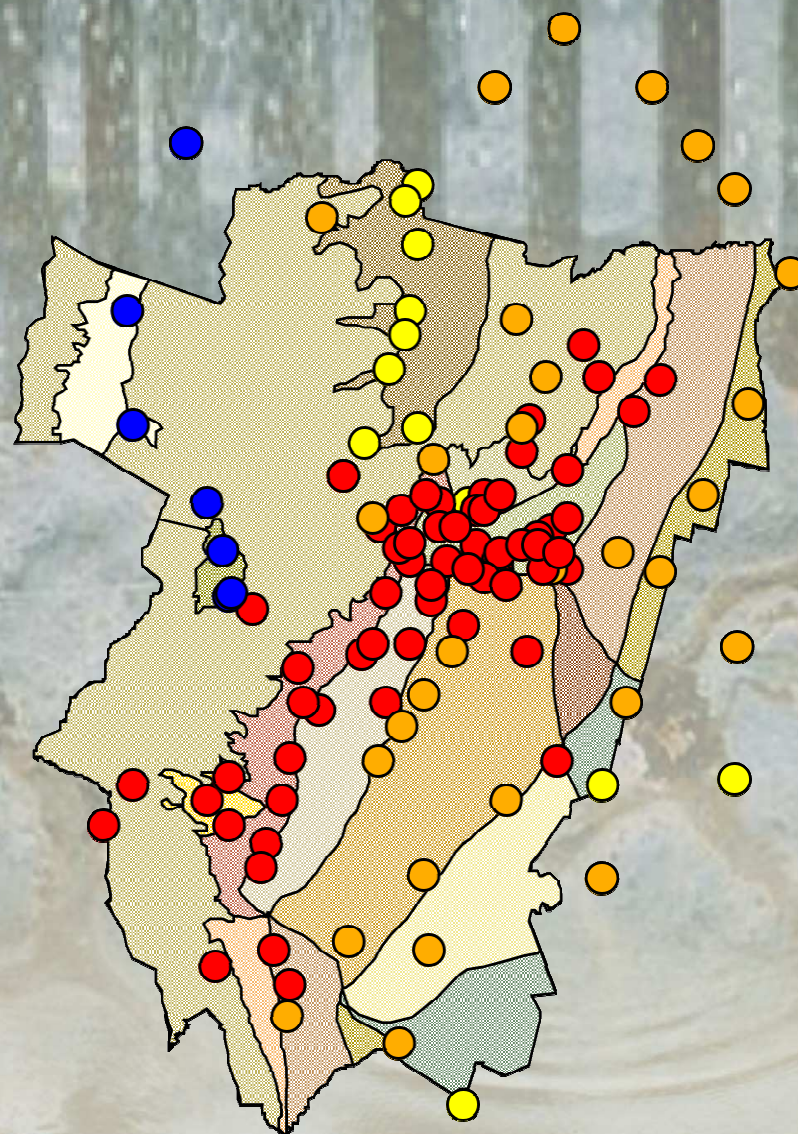


Localidad	Lat/Lon	Alt.	Periodo	Total	P.MAX	IF	IMF	ICP
7 DE ABRIL	26°17' S 64°30' W	403	1961-90	687.1	229.6	80.7	149.6	21.5
AMAICHA DEL VALLE	26°36' S 65°55' W	1979	1944-81	165.0	62.2	24.4	44.2	26.9
BENJAMIN PAZ	26°22' S 65°18' W	767	1961-95	459.0	154.4	54.4	102.8	22.7
BURRUYACU	26°30' S 64°45' W	532	1961-90	933.4	268.1	79.5	174.6	18.5
COLALAO DEL VALLE	26°22' S 65°56' W	1707	1943-90	178.4	62.4	22.6	43.3	24.6
CONCEPCION	27°21' S 65°35' W	366	1961-90	1148.1	326.3	95.2	197.6	17.2
LA COCHA	27°47' S 65°34' W	443	1961-90	860.8	249.6	76.2	161.3	19.3
LAMADRID	27°39' S 65°15' W	289	1961-90	703.4	238.2	84.5	154.6	21.7
LAS CEJAS	26°53' S 64°45' W	333	1961-90	776.3	223.2	66.6	147.1	19.0
RACO	26°38' S 65°24' W	416	1969-91	765.6	207.1	58.0	134.8	17.3
LOS RALOS	26°53' S 64°59' W	416	1961-90	882.6	246.3	72.1	163.1	18.5
MONTE BELLO	27°21' S 65°45' W	550	1963-00	1611.7	402.8	105.0	247.4	15.3
PADILLA - INTA	27°02' S 65°24' W	367	1967-00	1324.7	335.6	87.5	212.0	16.2
SAN MIGUEL DE TUCUMAN	26°48' S 65°12' W	481	1961-00	1090.9	275.3	71.9	176.9	16.2
SANTA ROSA DE LEALES	27°08' S 65°16' W	335	1961-99	918.3	259.3	77.1	165.0	18.0
TACO RALO	27°50' S 65°19' W	337	1961-90	608.3	183.9	57.5	122.2	20.1
TAFI DEL VALLE	26°51' S 65°43' W	2150	1973-93	430.7	131.3	41.5	88.0	20.8
TAFI VIEJO	26°44' S 65°16' W	650	1961-90	1104.6	252.9	59.0	166.7	15.1
TRANCAS	26°14' S 65°17' W	782	1961-90	479.9	149.7	48.5	101.7	21.5

Indice Modificado de Fournier (IMF) Promedio para la provincia de Tucumán

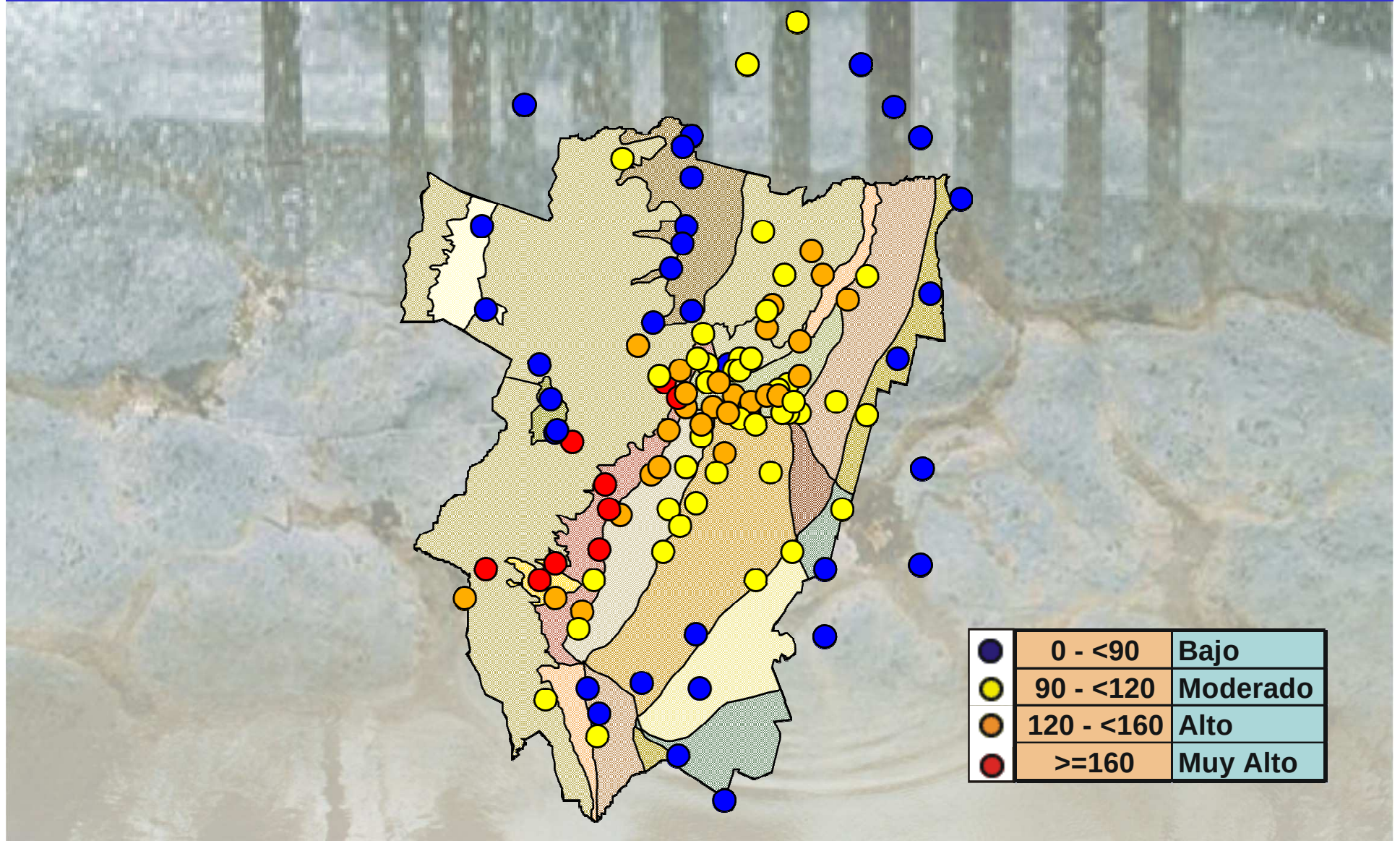


Indice Modificado de Fournier (IMF_{50}) para la provincia de Tucumán

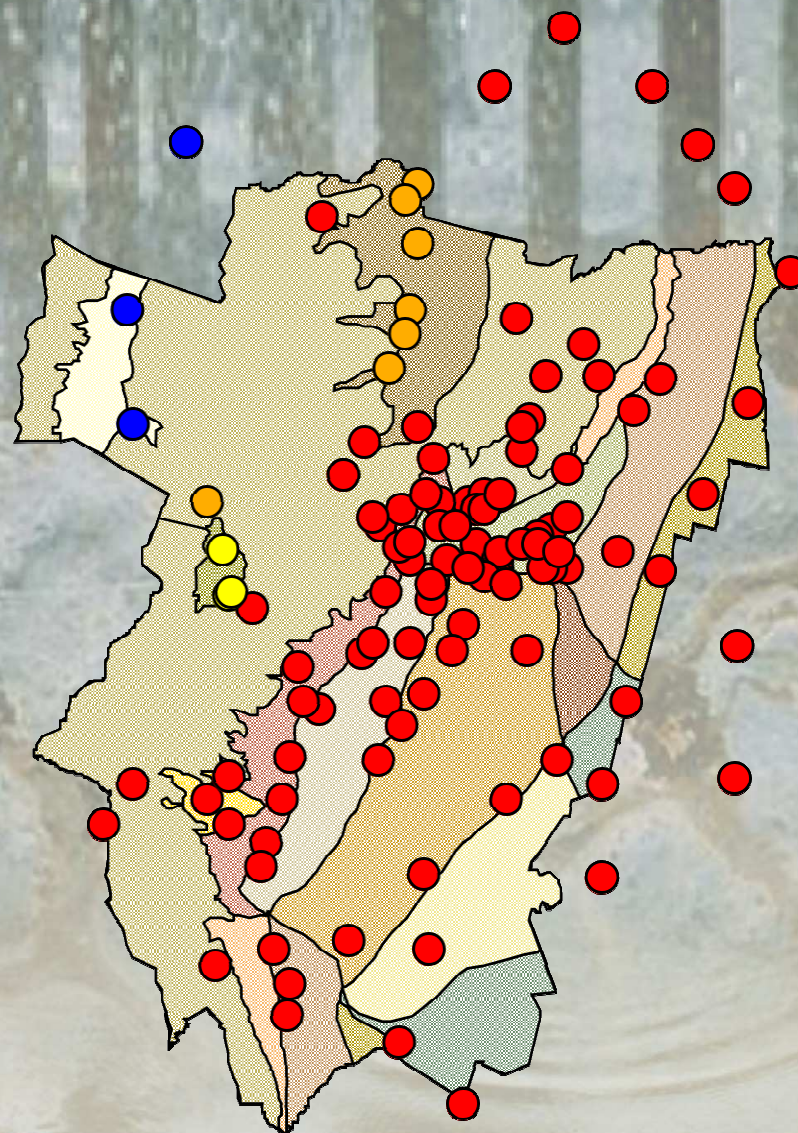


●	0 - <90	Bajo
●	90 - <120	Moderado
●	120 - <160	Alto
●	≥ 160	Muy Alto

Indice Modificado de Fournier (IMF_{10}) para la provincia de Tucumán



Indice Modificado de Fournier (IMF_{90}) para la provincia de Tucumán



	0 - <90	Bajo
	90 - <120	Moderado
	120 - <160	Alto
	≥ 160	Muy Alto

Consideraciones Finales Sobre Agresividad Pluvial en la Provincia de Tucumán

- La provincia de Tucumán tiene una marcada variabilidad espacial y temporal de la agresividad pluvial, lo que indica que este es un factor muy importante en el manejo y conservación de los suelos.

Consideraciones Finales Sobre Agresividad Pluvial en la Provincia de Tucumán

- Los valores de IMF_{50} son muy altos en el sector pedemontano y en el oeste y centro de la llanura. En el resto del sector llano dominan valores altos.
- La cuenca de Tapia-Trancas presenta índices moderados en su mayor extensión y sólo valores altos en algún sector del oeste.

Consideraciones Finales Sobre Agresividad Pluvial en la Provincia de Tucumán

- Para Tafí del Valle y los Valles Calchaquíes los índices son bajos.



Consideraciones Finales Sobre Agresividad Pluvial en la Provincia de Tucumán

- Al considerar el IMF_{10} se observa que los valores muy altos se concentran sólo en el sector pedemontano centro-sur. Las categorías de menor agresividad pluvial se desplazan hacia el oeste, dando para el resto del pedemonte valores altos y moderados.

Consideraciones Finales Sobre Agresividad Pluvial en la Provincia de Tucumán

- En el área de llanura dominan valores moderados y bajos, la cuenca Tapia-Trancas muestra valores bajos, y se mantienen las condiciones de índices bajos en Tafí del Valle y los Valles Calchaquíes.

Consideraciones Finales Sobre Agresividad Pluvial en la Provincia de Tucumán

- En el caso de IMF_{90} se observa un franco dominio de valores muy altos en toda el área del pedemonte y la llanura.
- En Tapia-Trancas los índices cambian a altos y muy altos. En Tafí del Valle los valores crecen a moderados y altos. En tanto que en los Valles Calchaquíes permanecen los valores bajos.



Muchas Gracias por
su Atención