

CORRELACIONES ENTRE ÍNDICE DE CLORO, ÍNDICE KAPPA Y LIGNINA RESIDUAL EN PULPA QUÍMICA AL SULFATO

Jorge Bueno Zarate ¹

RESUMEN

En el presente trabajo se analiza la correlación entre índice de cloro y lignina residual, índice kappa y lignina residual, así como del índice de cloro e índice kappa de pulpa- química al sulfato obtenida de madera de 53 especies forestales peruanas y se determinan las ecuaciones de regresión lineal para las tres relaciones indicadas.

SUMMARY

The present work analyzes the correlation between the chlorine factor and residual lignin, kappa factor and residual lignin, as of the chlorine factor and kappa factor of sulfate chemical pulp obtained from wood of 53 Peruvian forest species and determines the lineal equation for the three relations indicated.

INTRODUCCION

Uno de los más importantes análisis en el control de producción de pulpa, aplicado en fábricas y laboratorios casi desde el comienzo de la industria de pulpa química, es la determinación de lignina residual que indica el grado de deslignificación obtenido en la digestión y sirve para controlar otros resultados del proceso, tales como rendimiento, rechazos de tamizado, blancura, etc. Permite, por otra parte, determinar la dureza relativa de la pulpa, su aptitud al blanqueamiento y el porcentaje de blanqueador requerido para esta operación; constituye también una referencia de calidad en la comercialización de pulpa sin blanquear.

La lignina residual puede determinarse en forma directa o indirecta. En el primer caso, los carbohidratos de la pulpa son eliminados por hidrólisis con ácidos fuertes concentrados y la lignina se determina gravimétricamente; existen varios métodos para efectuar esta determinación, los que aún en el caso de los más rápidos, como el de Jayme y Schemp, demandan varias horas, lo cual es un inconveniente para controles rutinarios de producción, por lo que se recurre a métodos indirectos basados en la medición de alguna propiedad física de la lignina, como absorción de la luz, o en reacciones químicas como coloración u oxidación con permanganato de potasio u otro oxidante, obteniéndose resultados en correlación con el porcentaje de lignina residual en la pulpa.

El método indirecto inicialmente más aplicado fue el de cloración, dándose los resultados como índice de cloro o número de Roe, entre otras denominaciones, teniendo la ventaja de indicar directamente el porcentaje de cloro a agregar para el blanqueamiento, pero, por requerir entonces un equipamiento complicado, fue reemplazado por el número de permanganato, de más fácil operación, y luego por el índice kappa que también se realiza con permanganato. Esta última variación se debió a que en el número de permanganato, al agregar, en condiciones normalizadas, dos volúmenes diferentes de permanganato se obtienen resultados diferentes para una misma pulpa, incertidumbre superada con el índice kappa, en el cual el volumen restante luego de la reacción debe ser el 50 por ciento del agregado, tolerándose variaciones entre 30 y 70 por ciento que, mediante un factor de corrección, es llevado al 50 por ciento. Debiendo fijarse el porcentaje de blanqueador en función del

¹ Profesor Principal Departamento Académico de Industrias Forestales. Universidad Nacional Agraria.

índice de cloro, se establecieron equivalencias entre éste y el número de permanganato o el índice kappa esencialmente para pulpas al sulfato y al sulfito de maderas del hemisferio norte.

En años recientes, merced a la generación de cloro activo en un equipo sencillo, por acción de hipoclorito de sodio y ácido clorhídrico en un medio de pH regulado, ha vuelto a ponerse en vigencia el índice de cloro, el cual, como se ha visto anteriormente, da directamente el porcentaje de blanqueador a agregar. El método ha sido normalizado por SCAN, ISO y está en proceso de normalización por ITINTEC.

En el presente trabajo, se analizan las correlaciones entre el índice de cloro y la lignina residual, el índice kappa y la lignina residual, así como entre el índice de cloro y el índice kappa determinados en pulpa química al sulfato de la madera de 53 especies forestales tropicales peruanas.

REVISION DE LITERATURA

La Norma TAPPI T 222-05-54 (9) y la AFNOR Pr T-12-013 (1) establecen métodos para determinar la lignina residual expresada como porcentaje en relación a pulpa seca a la estufa. El método Jayme y Schemp da resultados similares a los obtenidos con dichas normas, con la ventaja de ser más rápido; dicho método ha sido aplicado por Bueno y otros (3) en pulpa de maderas tropicales.

La Norma SCAN C 29:72 (8) y el esquema de norma ITINTEC 12:02-011 (7) definen el índice de cloro como la cantidad de cloro activo consumido por una pulpa en las condiciones especificadas en dichas normas, las que son concordantes. Se expresa en gr de cloro por 100 gr de pulpa seca a la estufa. Es aplicable a cualquier clase o tipo de pulpa química o semi-química, sin blanquear o blanqueada. Permite determinar la aptitud al blanqueamiento, grado de deslignificación o dureza relativa de las pulpas mencionadas.

La Norma ISO R: 302 (5) y el proyecto de norma ITINTEC 12:02-002 (6) definen el índice kappa como el número de cm^3 de una solución de permanganato de potasio 0.1 N consumido por un gramo de pulpa seca a la estufa, en las condiciones que se especifican en dichas normas, las cuales son, concordantes. Los resultados deben ser llevados a un consumo del 50 por ciento del permanganato agregado. Es aplicable a pulpas químicas y semi-químicas, sin blanquear y semi-blanqueadas de todos los tipos y clases obtenidas con un rendimiento menor al 60 por ciento, pudiendo aplicarse a pulpas de hasta 70 por ciento de rendimiento a condición de que sean bien depuradas. Se aplica para determinar la aptitud al blanqueamiento, grado de deslignificación o dureza relativa de las pulpas antes indicadas.

Bueno J y otros (3) determinaron el índice de cloro, el índice de kappa y la lignina residual en pulpa química al sulfato de la madera de 53 especies forestales tropicales del Perú.

MATERIAL Y METODOS

El trabajo fue realizado utilizando el índice de cloro, índice de kappa y lignina residual determinados en pulpa química al sulfato obtenida en el Laboratorio de Pulpa y Papel del Departamento Académico de Industrias Forestales de la Universidad Nacional Agraria para el Estudio de Posibilidades Industriales de Maderas Nacionales para Fabricación de Pulpa para Papel, realizado para el Convenio UNA-MIC (3), sobre muestras de madera de 53 especies forestales peruanas, que figuran en el Cuadro 1.

La pulpa sobre la que fueron realizadas las determinaciones fue obtenida con 24 por ciento de álcali activo, 18 por ciento de NaOH, 6 por ciento de Na_2S y 25 por ciento de sulfidez, a 160 °C de temperatura de deslignificación durante 60 minutos, con 90 minutos de período de elevación de

temperatura y una relación de 4 a 1 entre reactivos de deslignificación y madera seca. El rendimiento obtenido está comprendido entre 44 y 56 por ciento.

La determinación del índice de cloro se efectuó conforme a la Norma SCAN C 29:72, el índice kappa según ISO - R-320 y la lignina residual por el método de Jayme y Schemp (3). Los índices en referencia y el porcentaje de lignina residual, se encuentran en el cuadro 1.

Correlaciones

Las correlaciones analizadas fueron: índice de cloro y lignina residual, índice kappa y lignina residual e índice de cloro e índice kappa.

Para hallar el coeficiente de correlación, se aplicó la correspondiente fórmula de r (10).

Ecuaciones de Regresión

Las ecuaciones de regresión lineal correspondientes a los tres casos de correlación analizados fueron determinadas por el método de mínimos cuadrados (10).

RESULTADOS

Correlación.- Los coeficientes de correlación de las 53 especies que figuran en el cuadro 1, son los siguientes:

Correlación	Coefficiente
Índice de cloro y lignina residual	$r = 0.9448$
Índice kappa y lignina residual	$r = 0.9441$
Índice cloro e índice kappa	$r = 0.9858$

Ecuaciones de regresión

Las ecuaciones de regresión se dan a continuación:

Regresión Lineal	Ecuación
Índice de cloro y lignina residual	$y = 0.6354 + 0.8291 x$
Índice kappa y lignina residual	$y = 0.3249 + 0.1525 x$
Índice cloro e índice kappa	$y = 2.5881 + 5.3535 x$

En las ecuaciones de regresión lineal, x corresponde a la primera variable de la regresión e y a la segunda variable de ella.

DISCUSION

Los coeficientes de correlación encontrados, indican que existe una estrecha correlación entre el índice de cloro y la lignina residual, entre el índice kappa y la lignina residual y entre el índice de cloro y el Índice de kappa de la pulpa al sulfato de madera de las 53 especies forestales tropicales peruanas consideradas en este trabajo, siendo prácticamente iguales los coeficientes de las dos primeras correlaciones, $r = 0.9448$ y $r = 0.9441$, respectivamente, y más elevado, $r = 0.9858$, en la tercero.

CUADRO 1. RENDIMIENTO, LIGNINA RESIDUAL, INDICE DE CLORO E INDICE KAPPA DE PULPA QUIMICA AL SULFATO DE 53 MADERAS PERUANAS

Especie	Rendimiento (%)	Lignina Residual (%)	Indice de Cloro	Indice Kappa
1 Apacharama (<i>Licania elata</i> Pilger)	48.7	20.84	21.79	117.91
2 Apacharama (<i>Protium</i> sp.)	46.3	13.82	15.96	92.16
3 Azufre caspi (<i>Symphonia globulifora</i> L.)	48.3	3.20	2.88	17.58
4 Balata gomosa (<i>Manilkara</i> sp.)	48.3	4.15	5.04	24.89
5 Bellaco caspi (<i>Hymathantus sucuuba</i> Spruce Woodson)	44.5	2.94	2.91	20.33
6 Capinurí de altura (<i>Clarisia</i> sp.)	50.0	6.88	9.03	49.61
7 Carahuasca (<i>Guatteria modesta</i> Diels.)	50.2	4.52	4.44	25.94
8 Carahuasca marrón (<i>Oxandra</i> sp.)	52.2	4.87	3.16	20.37
9 Caupuri (<i>Virola elongata</i> Benth Warb.)	53.5	6.29	8.22	43.20
10 Cepanchina (<i>Sloanea</i> sp.)	47.1	5.31	4.59	31.19
11 Copal (<i>Protium llewelni</i> Macbr.)	48.6	2.37	2.74	17.72
12 Cumala blanca (<i>Virola rufula</i> Warb.)	51.6	2.70	3.24	17.55
13 Cumala colorada (<i>Iryanthera tessmanii</i> Markg.)	45.0	3.45	2.16	30.39
14 Chimicua (<i>Perebea chimicua</i> Macbr.)	50.0	8.59	9.63	48.61
15 Desconocido (Amberes) (<i>Ladenbergia</i> sp.)	47.1	11.77	10.65	60.10
16 Espintana (<i>Oxandra</i> sp.)	51.6	8.15	5.70	34.59
17 Guabilla (<i>Inga</i> sp.)	50.0	9.86	8.84	54.21
18 Huamansamana (<i>Jacaranda copaia</i> Avbl. D. Don)	51.1	8.65	9.32	52.93
19 Huarmi caspi (<i>Sterculia</i> sp.)	50.5	3.86	3.35	20.14
20 Huir caspi (<i>Xantoxylon</i> sp.)	51.8	1.77	2.44	11.62
21 Isma moena (<i>Endicheria wiliamsii</i> O C. Schmidt)	53.0	3.45	5.84	36.36
22 Jarabe huayo (<i>Macoubea guianensis</i> Aublet.)	46.7	3.22	1.70	13.24
23 Leche caspi (<i>Couma macrocarpa</i> Barb.)	48.7	6.88	8.98	53.38
24 Machimango (<i>Schweilera</i> sp.)	50.5	7.62	9.88	58.70
25 Machimango colorado (<i>Eschweilera equitoensis</i> Kunt.)	48.6	9.30	8.18	46.35
26 Marupá (<i>Simarouba amara</i> Avbl.)	54.3	8.10	8.38	45.77
27 Moena amarilla (<i>Aniba amazónica</i> Meis Mez.)	54.8	7.67	8.02	47.47

CUADRO 1. RENDIMIENTO, LIGNINA RESIDUAL, INDICE DE CLORO E INDICE KAPPA DE PULPA QUIMICA AL SULFATO DE 53 MADERAS PERUANAS (CONTINUACIÓN)

Especie	Rendimiento (%)	Lignina Residual (%)	Indice de Cloro	Indice Kappa	
28	Papelillo caspi (<i>Cariniana sp.</i>)	44.9	4.36	6.18	28.33
29	Palo de sangre (<i>Pterocarpus sp.</i>)	52.2	5.54	6.13	37.70
30	Pichirina (<i>Vismia sp.</i>)	48.0	4.54	3.71	25.07
31	Poroto shimbillo (<i>Inga brachyrachis</i> Arms.)	52.7	13.31	16.25	93.33
32	Pucuna caspi (<i>Iryanthera laevis</i> Mrkg.)	52.2	8.76	12.92	70.76
33	Quillo sisa (<i>Vochysia lomatophylla</i> Stand.)	45.7	2.20	3.11	18.94
34	Requia blanca (<i>Trichilia sexantera</i> C.D.C.)	51.8	8.99	10.05	55.14
35	Requia colorada (<i>Guarea trichilioides</i> L.)	44.4	3.49	3.50	18.34
36	Rifari (<i>Miconia poeppigii</i> Triana)	49.4	2.86	3.03	18.66
37	Rosadillo (<i>Guatteria sp.</i>)	49.5	5.60	5.74	28.96
38	Sacha anona (<i>Rollinia sp.</i>)	53.2	6.56	5.67	33.72
39	Sacha caoba (<i>Huberodendron swietenoides</i> Gleason Ducke)	46.2	4.40	5.71	26.31
40	Sacha casho (<i>Anacardium excelsum</i> Bert, y Bald.)	56.0	2.86	2.60	15.03
41	Sacha uvilla (<i>Caussapoa villosa</i> Poepp. Y Endl.)	52.0	3.68	3.96	22.98
42	Shamboquiuro (<i>Croton sp.</i>)	54.5	3.70	6.36	38.20
43	Shiari (<i>Cecropia leucocoma</i> Mig. Mart.)	54.6	8.41	7.65	41.54
44	Shiringa masha (<i>Micranda spruceana</i> Baill R.E. Schult.)	47.6	5.36	4.40	23.12
45	Tangarana de altura (<i>Sclerolobium sp.</i>)	54.9	5.11	6.22	33.49
46	Tangarana de altura blanca (<i>Sclerolobium sp.</i>)	50.4	4.04	4.46	20.02
47	Tornillo (<i>Cedrelinga catenaeiformis</i> Ducke.)	48.4	2.62	2.62	16.39
48	Yacushapana (<i>Buchenavia sp.</i>)	44.3	10.52	10.45	61.84
49	Yacushapana (<i>Terminalia sp.</i>)	44.0	10.78	13.28	70.54
50	Yahuar huayo (<i>Macoubea spruceii</i> M. Arg.)	46.5	3.90	3.40	26.53
51	Yanavara (<i>Oliganthes sp.</i>)	48.3	5.01	5.80	34.44
52	Yanchama (<i>Perebea chimiena</i> Macbr.)	47.2	6.81	9.38	56.96
53	Zancudo caspi (<i>Alchornea triplinervia</i> Spreng M. Arg.)	48.5	2.70	2.89	18.25

En las figuras 1, 2 y 3 se encuentran representadas las rectas de las ecuaciones de regresión y los puntos correspondientes a las coordenadas constituidas para cada par de datos de las correlaciones índice de cloro y lignina residual, índice kappa y lignina residual, así como índice de cloro e índice de kappa, respectivamente.

Considerando que el índice de cloro da directamente el porcentaje de blanqueador que debe emplearse en el blanqueamiento de la pulpa, aparte de dar una buena estimación de la lignina residual, es recomendable su adopción en lugar del índice kappa, el cual debe ser afectado por un coeficiente empírico para determinar el porcentaje de blanqueador.

Las ecuaciones de regresión halladas, sustentadas en 53 pares de datos en cada caso, posibilitan obtener una adecuada estimación de la lignina residual en función del índice de cloro, de pulpa química al sulfato de maderas tropicales nacionales.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El índice de cloro y la lignina residual, el índice kappa y la lignina residual, y el índice de cloro y el índice kappa de pulpa química de madera de 53 especies forestales tropicales del Perú, tienen una estrecha correlación ($r = 0.9448$, $r = 0.9441$ y $r = 0.9858$, respectivamente.)
2. Es recomendable la aplicación del índice de cloro en lugar del índice kappa, por dar el primero directamente el porcentaje de cloro necesario para el blanqueamiento de la pulpa.

BIBLIOGRAFIA

1. AFNOR - .1960. Determination de l' Insoluble dans l' Acide Sulfurique a 72o/o Pr. T 12-013, París, 4 p.
2. BUENO J. 1978. Pulpa Química y Semi-química al Sulfato y al Sulfito y Pulpa Mecánica de 53 especies Forestales del Perú, Revista Forestal del Perú Vol. VIII, Nos. 1-2 Lima 3 - 78p.
3. BUENO J. y OTROS. 1978. Estudio de Posibilidades Industriales de Maderas Nacionales para Fabricación de Pulpa para Papel. Informe Final, Convenio UNAMIC Laboratorio de Pulpa y Papel. Departamento de Industrias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, 223p.
4. GROBELNY, I. 1974. L'indice de chlore. Papier, Carton et Cellulose, Vol 23, No. 10, Francia 62-65 p.
5. ISO. 1963. Determination de l'indice kappa des Pates (Degré de Délignification), R-302 Impresa en Suiza, 6p.
6. ITINTEC. 1977. Determinación del Índice Kappa 12:02-002 Lima. 5p.
7. ITINTEC. 1977. Determinación del Índice de Cloro 12:02-011, Lima 5p.
8. SCAN. 1972. Chlorine Consumption of Pulp C-29:72, Estocolmo, 3 p.

9. TAPPI. 1954. Acid-Insoluble Lignin in Wood Pulp - T 222 os - 54 New York, 2 p.
10. YULE, G.U. y M.G., KENDALL. 1954. Introducción a la Estadística Matemática, Aguilar, Madrid. 573 p.



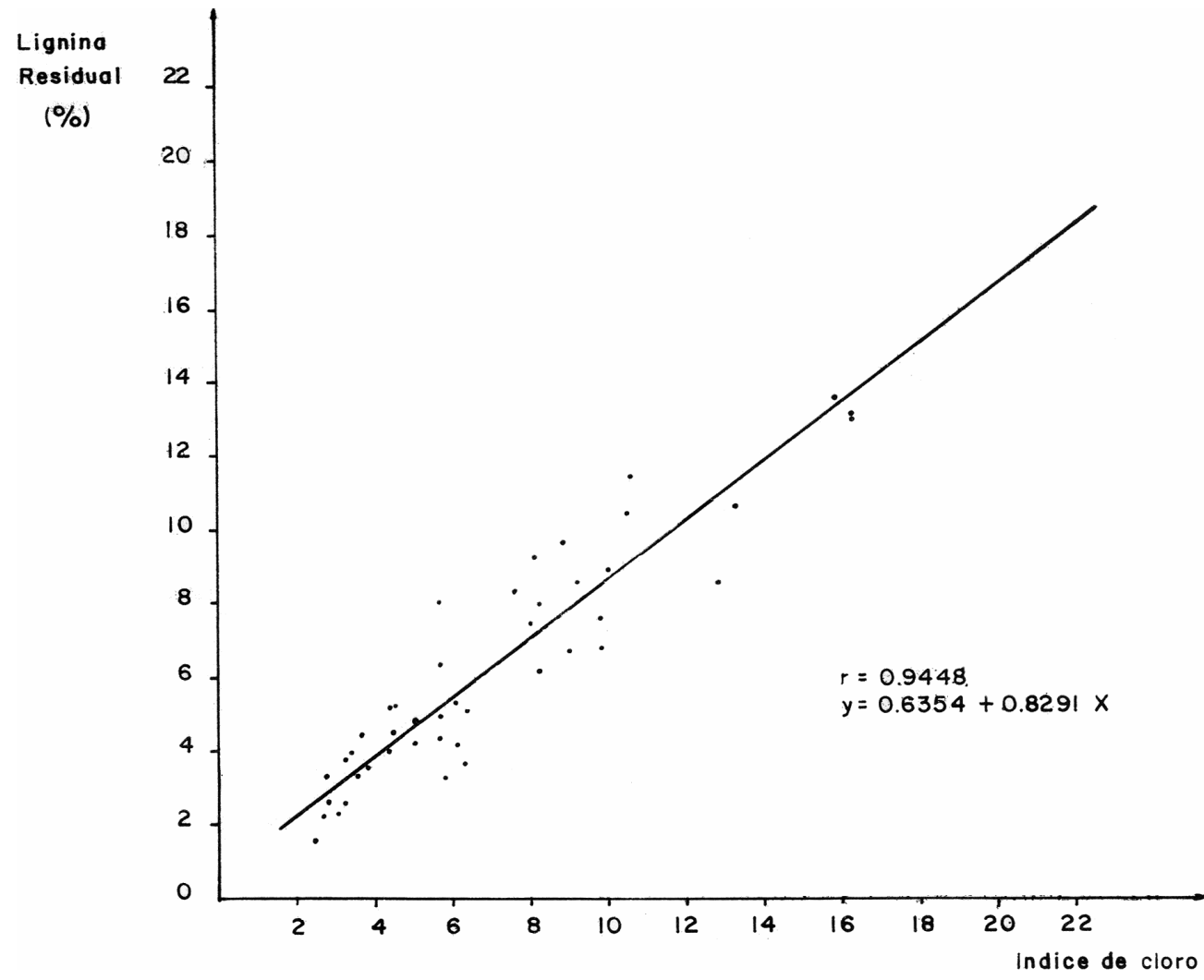


Fig.1.- Correlación entre índice de cloro y lignina residual en pulpa química al sulfato

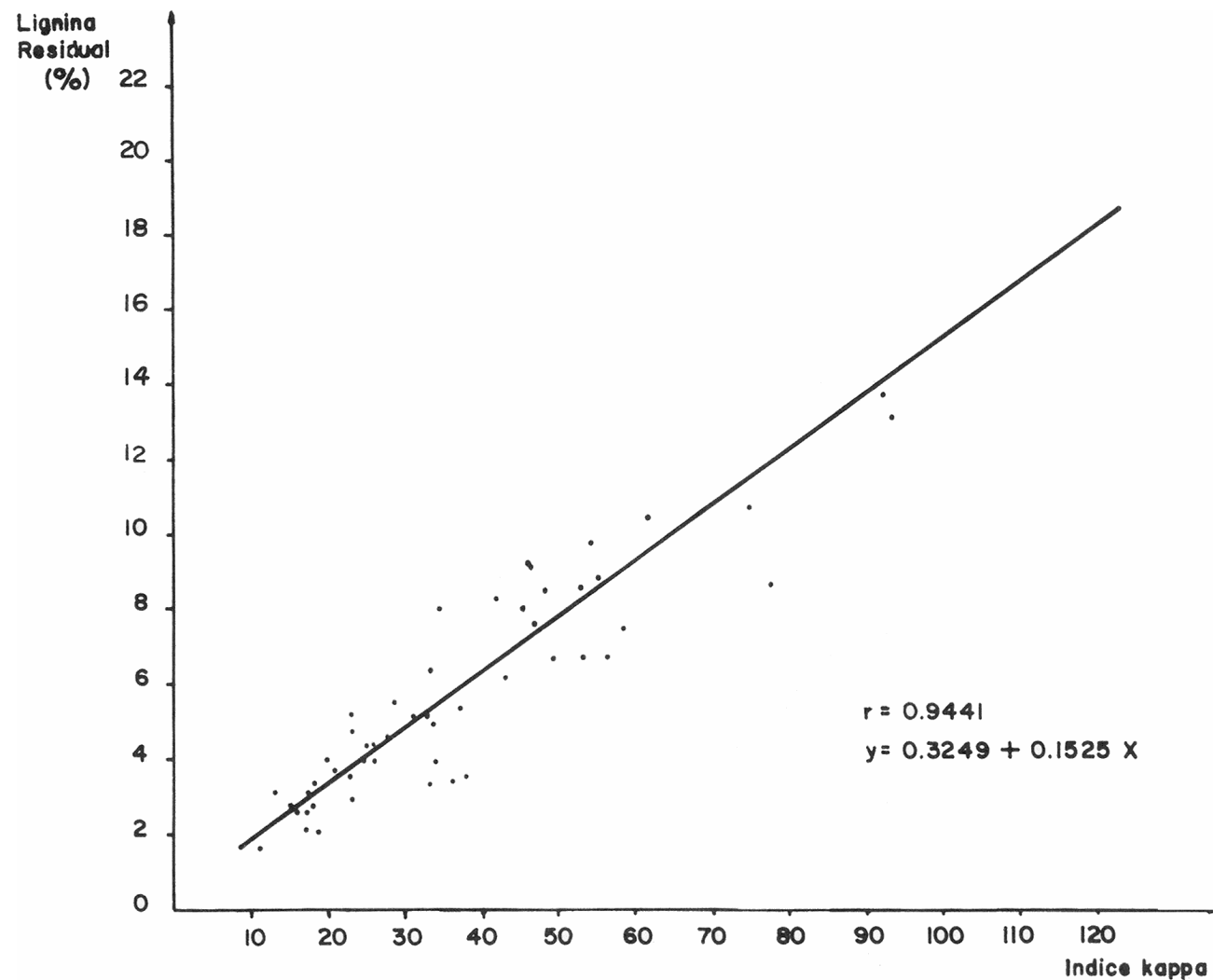


Fig. 2.- Correlación entre índice kappa y lignina residual en pulpa química al sulfato

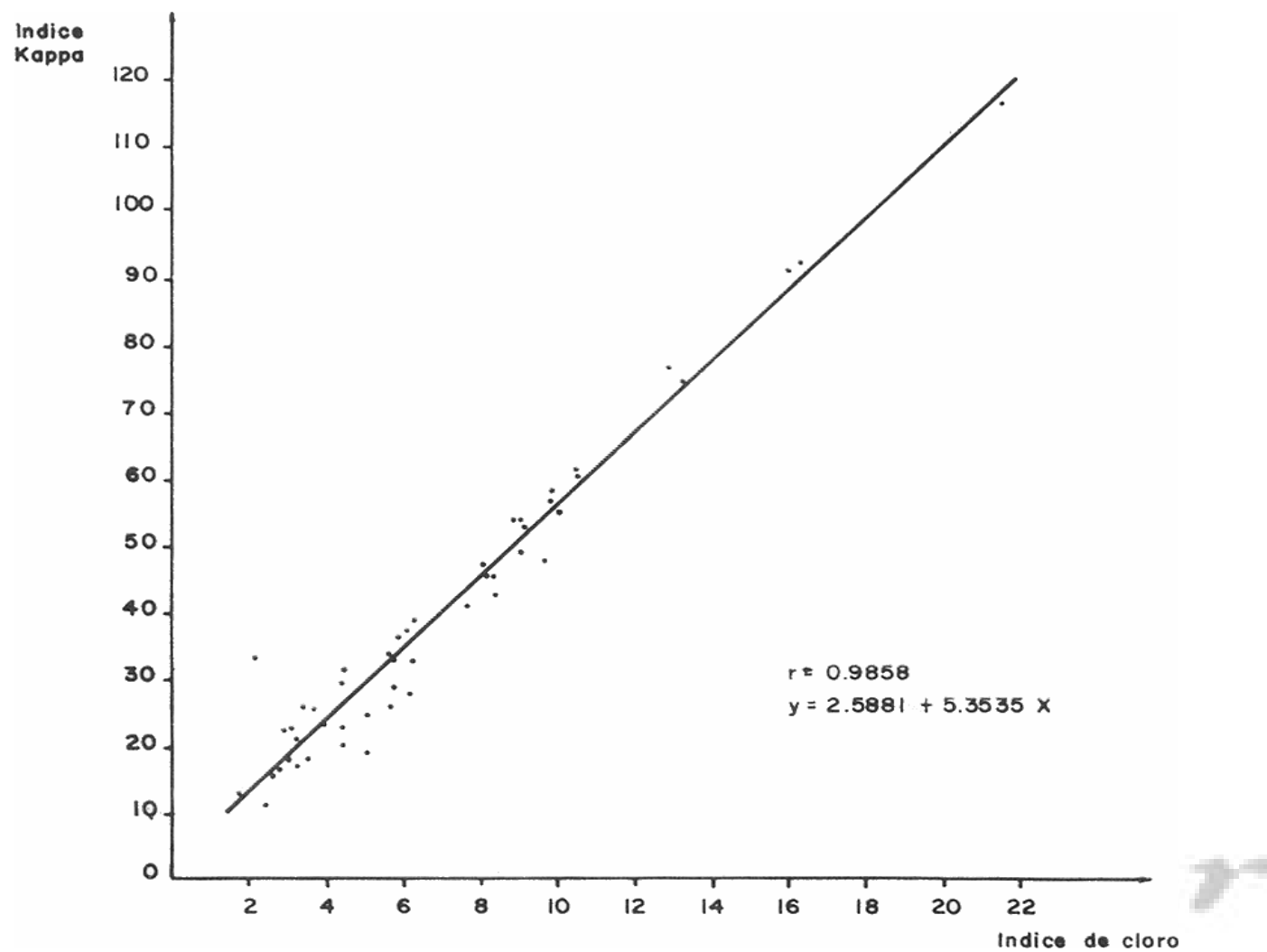


Fig. 3.- Correlación entre índice de cloro e índice kappa en pulpa química al sulfato