



XI Reunión de Maiceros de la Zona Andina

II Reunión Latinoamericana del Maíz

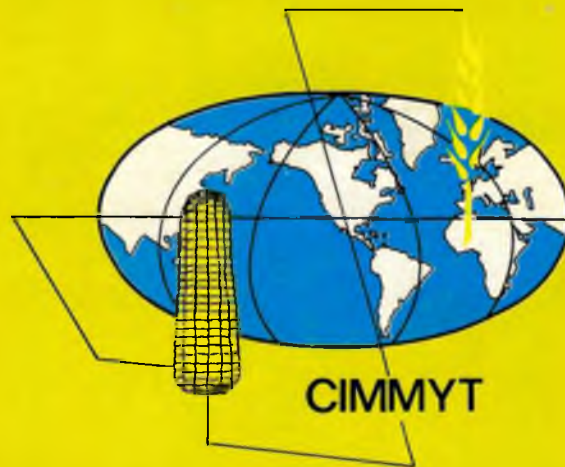
Palmira · Colombia

Diciembre 2-7, 1984

MINISTERIO DE AGRICULTURA

ICA
INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO

PROGRAMA NACIONAL DE MAIZ Y SORGO



CIMMYT

PROGRAMA REGIONAL ANDINO DE MAIZ

INTRODUCCION

Es para nosotros una gran satisfacción hacer la presentación de las memorias de la XI Reunión de Maiceros de la Zona Andina.

Previa a la realización de ésta, cada uno de los países Andinos había servido de anfitrión a dos reuniones (Bolivia 1973 y 1982, Colombia 1963 y 1971, Ecuador 1965 y 1976, Perú 1968 y 1978 y Venezuela 1974 y 1980).

En todas estas reuniones, el peso de la organización, arreglos locales, etc. ha recaído sobre los técnicos del Programa de maíz e instituciones afines del país sede. Por tanto consideramos más que justo hacer un reconocimiento muy sincero al IBTA, CIAT e Instituto Fitotécnico de Pairumani en Bolivia, al ICA de Colombia, al INIAP de Ecuador, al PCIM en Perú y al CENIAP-FONAIAP en Venezuela. Su entusiasmo y deseo de llevar adelante las reuniones ha permitido llegar a ésta XI Reunión.

Todos reconocemos la gran utilidad que han tenido estas reuniones como un medio para el intercambio de ideas, procedimientos y materiales; también la publicación de las memorias de cada reunión, representa un vehículo importante para dar a conocer los logros de la investigación y cumple con una de las primicias que es la de propiciar la utilización de esos logros.

No obstante lo anterior, creemos que es muy factible incrementar la relevancia y asegurar la continuidad de las reuniones si los Programas Nacionales y más propiamente, los Institutos Nacionales de Investigación, hacen más asequibles los fondos para que sus técnicos, cada vez en mayor número, concurren a las reuniones a presentar los resultados de sus investigaciones.

Conjuntamente con la XI Reunión de Maiceros de la Zona Andina, se realizó la II Reunión Latinoamericana del Maíz. Como en muchas otras ocasiones, se contó con la asistencia y colaboración de investigadores provenientes de países fuera de la Zona Andina, los cuales han sido y serán siempre bienvenidos a nuestras reuniones. Desafortunadamente, muy poco positivo se puede decir de la Sociedad Latinoamericana del Maíz, la cual ha estado prácticamente inactiva en los últimos años; por lo tanto, en la sesión plenaria final, se discutieron alternativas y se aprobaron algunas proporciones con el objeto de darle nueva vida al mencionado organismo.

FERNANDO ARBOLEDA R.
Coordinador Prog. Maíz y Sorgo
ICA - Colombia

JOSE EVER VARGAS S.
Programa Maíz y Sorgo
ICA - Palmira, Colombia

GONZALO GRANADOS REYNAUD
Programa Sudamericano de
Maíz CIMMYT

FERTILIZACION CON N Y P EN DIFERENTES CONDICIONES DE SUELO Y SU RESPUESTA EN RENDIMIENTO EN MAIZ DE ALTURA

Juan J. Córdova J.*

I. INTRODUCCION

El cultivo de maíz en forma intensiva en la sierra ecuatoriana se lo realiza en los valles interandinos comprendidos entre 2.000 y 2.800 m.s.n.m, generalmente en suelos provenientes de cenizas volcánicas o deposiciones de cenizas volcánicas sobre cangahua; suelos con contenidos altos de materia orgánica y de nitrógeno total; sin embargo, la relación C/N es bastante alta y con contenidos altos de aluminio y un bajo pH, por lo tanto son suelos deficientes en fósforo, a la vez que tienen una alta capacidad para reaccionar con los fertilizantes fosfatados, muchos suelos contienen una alta acidez intercambiable, proveniente fundamentalmente de sustancias orgánicas, generalmente poseen alto contenido de potasio y frecuentemente la disponibilidad de elementos menores es baja debido a los procesos de lixiviación, así como a la quelatación por presencia de sustancias orgánicas.

En la producción de maíz, la adición al suelo de fertilizantes químicos que contienen nitrógeno y/o fósforo, ha tenido una gran aplicación práctica; al respecto Nuñez y Trinidad (1980), expresan que el nitrógeno es el nutrimento económicamente más importante para el cultivo de maíz por la frecuencia y cantidad

* Técnico del Departamento de Suelos y Fertilizantes de la Estación Exp. Santa Catalina del INIAP, Ecuador.

en que se encuentra como factor limitante. Trabajos realizados con maíz de temporal en los llanos de Durango, México, donde se estudiaron niveles de nitrógeno y fósforo, encontraron que el cultivo respondía a la aplicación de estos nutrientes, encontrándose una respuesta muy significativa al aplicar 80 y 40 kg de N y P₂O₅/ha, respectivamente. (Villaroel y Oviedo, 1973).

Igualmente Tanaka y Yamaguchi (1972), manifiestan que la cantidad de nitrógeno y fósforo absorbidos por las plantas tienen una alta correlación con los rendimientos de grano de maíz en un año determinado; ellos probando tres diferentes niveles de nitrógeno, 3 niveles de fósforo a 3 diferentes densidades de siembra, encontraron que la densidad de siembra juega un papel importante en el aprovechamiento de nitrógeno aplicado al suelo, así a mayores densidades existe una marcada respuesta a niveles altos de nitrógeno, en tanto que los niveles bajos de nitrógeno no presentan respuestas a altas densidades de siembra; mientras que el efecto del fósforo solamente se pudo apreciar a mayores densidades de siembra.

En seis experimentos realizados por el Departamento de Suelos y Fertilizantes de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, Ecuador, en el ciclo agrícola 1980-1981, en los cuales se evaluaron el efecto de la fertilización nitrogenada y fosfatada sobre el rendimiento de maíz Variedad INIAP 101, se llegó a obtener incrementos de 4 T/ha en la producción de maíz a la aplicación de 160 kg de N/ha frente al tratamiento que no recibió este nutriente y ninguna respuesta a la adición de fósforo al suelo, debido esto a los altos contenidos de este nutriente en forma natural.

Continuando con las investigaciones, se realizaron cuatro experimentos con diferentes variedades y poblaciones de maíz. El

objetivo de este trabajo fué investigar la importancia relativa de la aplicación de nitrógeno y fósforo en diferentes condiciones iniciales de fertilidad de suelos en el rendimiento de maíz.

II. MATERIALES Y METODOS

En el ciclo 1983-1984 se establecieron cuatro experimentos en cuatro localidades, correspondientes a las provincias de Bolívar, suelo Santiago a 2.650 msnm; Azuay, suelo Ricaurte a 2.700 msnm y suelo Gualaceo a 2.400 msnm; y provincia de Imbabura, suelo Quichinche a 2.600 msnm, en los cuales se estudió la respuesta de diferentes poblaciones y variedades de maíz a la aplicación de nitrógeno y fósforo al suelo.

Las características químicas de los suelos se presentan en la Tabla 1.

Con las variedades INIAP-VE-180 e INIAP-VE-130, se estudiaron cinco tratamientos correspondientes a cinco diferentes niveles de nitrógeno (0, 40, 80, 120, 160 kg/ha), bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones y con la variedad INIAP-101 y las poblaciones Pool 4 y Pool 7 se estudiaron nueve tratamientos, resultantes de un diseño de bloques al azar en arreglo factorial incompleto, con tres repeticiones, en los cuales se estudiaron cinco niveles de nitrógeno (0, 40, 80, 120, y 160 kg/ha), y cinco niveles de fósforo (0, 30, 60, 90 y 120 kg/ha).

La parcela tuvo una superficie de 19.2 metros cuadrados, con 4 surcos de 6 m de largo a 0.80 m entre surcos, considerándose como parcela neta 9.60 m^2 , utilizándose una población de 50.000 plantas/ha.

Una vez establecidas las parcelas se procedió a fertilizar el suelo siguiendo los tratamientos preestablecidos aplicándose todo el fósforo y el 50% restante de nitrógeno se aplicó a los 45 días después de la siembra en banda a 10 cm. de las plantas.

A la cosecha se tomaron datos de porcentaje de humedad y desgrane, rendimiento en kg/parcela para luego traspasarlos a T/ha ajustando los rendimientos al 14% de humedad.

Con los resultados obtenidos se procedió a realizar los análisis estadísticos individualmente por variedades y localidades; análisis combinado para variedades por tratamientos y análisis combinado para condición inicial de fertilidad del suelo por tratamientos; análisis funcional y cálculo de regresión lineal y coeficiente de determinación.

III. RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 2 los promedios de rendimientos de cada variedad a través de ensayos de fertilización involucrando localidades listadas en la Tabla 1; los promedios de rendimientos de Pool 4, Pool 7, INIAP-101, INIAP-VE-180 e INIAP-VE-130 fueron: 4.70, 4.47, 3.42, 3.71 y 3.67 T/ha, respectivamente, correspondiéndole a Pool 4 y Pool 7 aparentemente superiores que las otras variedades.

En respuesta a niveles de fertilización de Pool 4, la aplicación 0-60, 80-0, 80-30, obtuvieron rendimientos significativamente inferiores que las otras aplicaciones (DMS 0.05). En Pool 7 las aplicaciones de 120-60 y 160-60 superaron significativamente a las otras aplicaciones. En INIAP-101 los efectos de las aplicaciones fueron similares a Pool 4, exceptuando la aplicación 80-

30 que presentó un alto rendimiento y 40-60 un bajo rendimiento. Para INIAP-VE-180 solamente las aplicaciones de 120-60 y 160-60 fueron superiores significativamente que el resto. Para INIAP-VE-130 los mejores tratamientos fueron 80-60, 120-60 y 160-60 que no presentaron diferencias significativas entre ellas.

En general las aplicaciones 120-60 y 160-60 produjeron los mejores rendimientos de todas las variedades. Las aplicaciones 0-60 y 80-0 produjeron los menores rendimientos que los otros tratamientos a través de las variedades evaluadas; la aplicación de 40-60 también fué inefectiva excepto para el caso de Pool 4.

El análisis de varianza combinado para rendimiento en cada una de las variedades correspondientes y el efecto lineal y cuadrático se presentan en la Tabla 3. Como se mencionó anteriormente, las respuestas de la aplicación de los tratamientos de N y P en las variedades fué altamente significativo. La interacción de localidad por aplicación presentó alta significación en las variedades INIAP-101, e INIAP-VE-180 únicamente. La respuesta a niveles de nitrógeno de 0, 40, 80, 120 y 160 kg/ha fué lineal al nivel del 0.01% para todas las variedades. La respuesta cuadrática fué significativa al nivel de 0.05% para Pool 7 e INIAP-101. La respuesta a los niveles de fósforo 0, 30, 60, 90 y 120 kg/ha presentó una alta significación tanto en su efecto lineal y cuadrático para las variedades Pool 7 e INIAP-101, para Pool 4 no presenta significación.

La Figura 1 da la regresión lineal y coeficiente de determinación calculado entre los promedios de rendimiento del análisis combinado de cada una de las variedades y los niveles de N y P aplicados, según análisis de respuesta a niveles de N, Pool 7 respondió a los niveles de nitrógeno más marcadamente ($b = 0.020$). Pool 4, INIAP-VE-180 e INIAP-VE-130 respondieron similarmente a

los niveles de nitrógeno, pero con menor incremento que Pool 7. La respuesta a niveles de fósforo, INIAP-101 ($b = 0.011$) respondió más alto que Pool 7. En el caso de Pool 7 la aplicación de N produce mayores incrementos del rendimiento en relación a los del fósforo, para INIAP-101 los incrementos por aplicación de N y P fueron similares. Se ve en la Tabla 4 de promedios de rendimiento de los tratamientos de fertilización N, P en los niveles iniciales de fertilidad del suelo de $N^m P^m$, $N^m P^b$ y $N^b P^b$, involucrando a variedades evaluadas en las condiciones iniciales de fertilidad de suelo ($N^m P^m$, $N^m P^b$ y $N^b P^b$), la aplicación de 80-120 no difiere de las aplicaciones anteriores en las condiciones de $N^m P^m$ y $N^b P^b$. Los rendimientos promedios fueron: 2.22, 4.28 y 6.81 en los niveles de fertilización $N^m P^m$, $N^m P^b$ y $N^b P^b$, respectivamente. Cabe indicar que el mayor rendimiento se obtuvo en condición inicial $N^b P^b$ que corresponde a una sola localidad (Gualaceo), donde las variedades involucradas presentaron los más altos rendimientos.

La Tabla 5 del análisis de varianza para rendimientos (T/ha) en cada uno de los niveles iniciales de fertilidad de suelo de $N^m P^m$, $N^m P^b$ y $N^b P^b$, involucrando las variedades evaluadas en las condiciones correspondientes, en las tres condiciones se observó efecto de la aplicación de N y P altamente significativo; la interacción presenta una alta significación únicamente en la condición $N^m P^b$. La respuesta a niveles de nitrógeno y fósforo en general presentan una alta significación para el efecto lineal, a excepción de la condición $N^m P^m$ de fósforo.

Las figuras 2 y 3 de la regresión lineal y coeficiente de determinación calculado entre los promedios de rendimientos de las variedades agrupadas bajo los niveles iniciales de fertilidad: $N^m P^m$, $N^m P^b$ y los niveles de N y P aplicados; el incremento del rendimiento sobre la aplicación de nitrógeno, según la respuesta

combinada de tres variedades, fué mayor en la condición $N^m P^b$ (5.15 - 5.77 t/ha), que en la condición $N^m P^m$ (3.24 T/ha); igualmente los incrementos de los rendimientos a la aplicación de fósforo fueron mayores en la condición de $N^m P^b$ (4.22 - 4.32 T/ha) que en la condición $N^m P^m$ (2.25 T/ha).

En las Figuras 4 y 5 de la regresión lineal y coeficiente de determinación calculados entre los promedios de rendimiento de las variedades, agrupadas bajo los niveles iniciales de $N^b P^b$ y los niveles de N y P aplicados, el efecto aditivo de los rendimientos a la aplicación de nitrógeno fué mayor en 1.89 T/ha, que a la aplicación de fósforo.

En resumen, podemos indicar que Pool 7 presentó las mayores respuestas a la aplicación de nitrógeno que el resto de variedades, en tanto que la respuesta de incremento de los rendimientos de las variedades a la aplicación de fósforo no fué notable.

Considerando las condiciones iniciales de fertilidad del suelo y la aplicación de N y P, la respuesta promedio de las tres variedades fueron mayores tanto a la aplicación de nitrógeno y fósforo en las condiciones de $N^m P^b$ que en la condición $N^m P^m$, pero siempre destacándose mayores incrementos de los rendimientos a la aplicación de nitrógeno que a la aplicación de fósforo, de allí que al hacer una relación de la eficiencia de cada uno de los nutrientes aplicados se encontró que cuando se obtuvieron los más altos rendimientos, la eficiencia del nitrógeno fué de 5.8 veces mayor que la del fósforo. Cuando los rendimientos fueron bajos, la eficiencia del nitrógeno fué de 2 veces mayor que la del fósforo y cuando los rendimientos fueron intermedios, la eficiencia del nitrógeno fué casi similar a la del fósforo.

IV. CONCLUSIONES

En general todas las variedades respondieron a la aplicación de nitrógeno al suelo, destacándose Pool 7 que presentó los mayores incrementos; en tanto que la respuesta de incrementos de rendimientos de las variedades a la aplicación de fósforo no fué notable.

En el suelo Gualaceo con bajos contenidos iniciales de nitrógeno y fósforo (50 y 14 kg/ha) fué donde se produjo una mejor respuesta, obteniéndose los mayores rendimientos, la eficiencia del nitrógeno fué de 8.5 veces mayor que la del fósforo. En el suelo Santiago con contenidos iniciales medios de nitrógeno y fósforo (114 y 30 kg/ha), donde se encontró los más bajos rendimientos, la eficiencia del nitrógeno fué dos veces mayor que la del fósforo y cuando los rendimientos fueron intermedios en los suelos Quichinche y Ricaurte, con contenidos medios de nitrógeno (62 y 110 kg/ha) y bajos de fósforo (12 y 4 kg/ha), la eficiencia del nitrógeno y fósforo fué algo similar.

Con los resultados obtenidos se recomendaría aplicaciones de 120 y 60 kg de nitrógeno y fósforo, respectivamente, en suelos que presenten contenidos bajos y medios de estos nutrientes, lo cual permitirá obtener mayores rendimientos al más bajo costo económico.

BIBLIOGRAFIA

1. ECUADOR, INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIAP), 1981. Estación Experimental Santa Catalina. Informe Anual de Labores del Departamento de Suelos y Fertilizantes, Quito (mimeografiado) P. 53.
2. NUÑEZ, E.R., Y TRINIDAD, S. 1980. Notas del Curso SUE-631; Fertilidad de Suelos II. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México (mimeografiado).
3. TANAKA, A. Y YAMAGUCHI, J. 1972. Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento del grano de maíz. Traducido por Josué Kohashi Shibata. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 124 p.
4. VILLARREAL, F.E., Y OVIEDO, J.L. 1973. Trabajos sobre fertilización en fríjol y maíz en la zona temporalera de Durango. Avances de Investigación Agrícola, CIANE, INIA, SAG, México.

TABLA 1. ANALISIS DE SUELO DE 4 LOCALIDADES Y LAS VARIEDADES EVALUADAS EN CADA LOCALIDAD

LOCALIDAD	Análisis de Suelo				VARIEDADES
	pH	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
		-ug/ml-		meg/100	
Quichinche	6.7	31 ^m	6 ^b	0.62 ^a	Pool 7, INIAP 101
Santiago	6.3	57 ^m	15 ^m	1.72 ^a	Pool 4, Pool 7 INIAP 101
Ricaurte	6.5	55 ^m	2 ^b	0.29 ^m	Pool 4, Pool 7 INIAP 101 VE INIAP-180, 130
Gualaceo	6.3	25 ^b	7 ^b	0.72 ^a	Pool 4, Pool 7, VE INIAP-180, 130

* Las letras a, b, m, significan las clasificaciones de fertilidad de los suelos;

a = nivel alto
 b = nivel bajo
 m = nivel medio

TABLA 2. PROMEDIOS DE RENDIMIENTO DE LOS NUEVE TRATAMIENTOS (N-P₂O₅, en kg/ha) PARA CADA UNA DE LAS VARIETADES EVALUADAS EN LAS LOCALIDADES CORRESPONDIENTES.

Aplicación N-P ₂ O ₅	V A R I E T A D E S				
	Pool 4	Pool 7	INIAP-101	VE INIAP-180	VE INIAP-130
	----- ton/ha -----				
1. 0 - 60	3.33	2.55	2.19	2.64	2.34
2. 40 - 60	4.58	3.90	3.17	3.43	3.47
3. 80 - 60	4.68	4.68	3.47	3.69	3.82
4. 120 - 60	5.41	5.64	3.57	4.04	4.23
5. 160 - 60	5.45	5.83	3.81	4.75	4.51
6. 80 - 0	4.40	3.89	2.17		
7. 80 - 30	4.48	4.29	3.44		
8. 80 - 90	4.63	4.83	3.50		
9. 80 - 120	5.30	4.59	3.83		
\bar{X}	4.70	4.47	3.42	3.71	3.67
S	0.96	0.77	0.56	0.59	0.77
DMS. 05	0.91	0.63	0.53	0.72	0.95

-231-

TABLA 3. ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO PARA RENDIMIENTO (TON/HA) EN CADA UNA DE LAS VARIETADES EVALUADAS EN LOS ENSAYOS DE FERTILIZACION Y EFECTO LINEAL Y CUADRATICO DE N Y P.

FUENTES DE VARIACION	Pool 4		Pool 7		INIAP-101		VE INIAP-180		VE INIAP-130	
	gl	CM	gl	CM	gl	CM	gl	CM	gl	CM
Localidad (L.)	2	110.24**	3	90.17**	2	89.16**	1	66.13**	1	5.64**
Repetición/L.	6	0.89 ^{ns}	8	1.42*	6	2.08**	4	0.50 ^{ns}	4	2.19*
N-P ₂ O ₅	8	3.90**	8	11.68**	8	3.61**	4	3.61**	4	4.29**
L x N-P ₂ O ₅	16	1.67 ^{ns}	24	0.75 ^{ns}	16	2.81**	4	2.28**	4	1.17 ^{ns}
Error	48	0.92	64	0.59	48	0.31	16	0.35	16	0.60
C.V. (%)		20.47		17.29		16.31		15.96		21.12
Respuesta a niveles de N.										
N - Lineal	1	23.19**	1	82.71**	1	11.95**	1	13.96**	1	15.63**
N - Cuadrático	1	2.03 ^{ns}	1	3.94*	1	1.82*	1	0.001 ^{ns}	1	1.18 ^{ns}
Respuesta a niveles de P.										
P - Lineal	1	3.47 ^{ns}	1	4.54**	1	10.37**				
P - Cuadrático	1	0.56 ^{ns}	1	1.92**	1	2.28**				

TABLA 4. PROMEDIOS DE RENDIMIENTO DE LOS TRATAMIENTOS DE FERTILIZACION N, P, EN LOS NIVELES INICIALES DE FERTILIDAD DEL SUELO DE N^m P^m, N^m P^b Y N^b P^b, INVOLUCRANDO LAS VARIEDADES EVALUADAS EN LAS CONDICIONES CORRESPONDIENTES.

Aplicación N-P ₂ O ₅	Nivel inicial de Fertilidad del Suelo		
	N ^m P ^m	N ^m P ^b	N ^b P ^b
	----- ton/ha -----		
0 - 60	1.22	2.89	4.32
40 - 60	1.79	4.19	6.27
80 - 60	2.09	4.60	6.95
120 - 60	2.88	4.79	8.46
160 - 60	2.70	5.31	8.22
80 - 0	2.14	3.26	6.28
80 - 30	2.40	4.23	6.29
80 - 90	2.25	4.65	6.87
80 - 120	2.48	4.60	7.67
\bar{x}	2.22	4.28	6.81
S	0.46	0.88	0.88
DMS .05	0.44	0.64	1.04

TABLA 5. ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO PARA RENDIMIENTO (TON/HA) EN CADA UNO DE LOS NIVELES INICIALES DE FERTILIDAD DEL SUELO DE N^m P^m, N^m P^b Y N^b P^b, INVOLUCRANDO LAS VARIEDADES EVALUADAS EN LAS CONDICIONES CORRESPONDIENTES.

VARIACION	N ^m P ^m		N ^m P ^b		N ^b P ^b	
	gl	CM	gl	CM	gl	CM
Variedades (V)	2	13.05**	4	14.16**	1	0.002 ^{ns}
Repetición/V.	6	0.59**	10	2.24**	4	0.81 ^{ns}
N-P ₂ O ₅	8	2.22**	8	8.73**	8	9.37**
V x N-P ₂ O ₅	16	0.37 ^{ns}	32	2.11**	8	0.90 ^{ns}
Error	48	0.21	80	0.78	32	0.77
C.V. (%)		20.74		20.64		12.94
Respuesta a niveles N.						
N-Líneal	1	14.80**	1	44.49**	1	59.83**
N-Cuadrático	1	0.64 ^{ns}	1	3.38 ^{ns}	1	5.36*
Respuesta a niveles de P.						
P-Líneal	1	0.25 ^{ns}	1	14.49**	1	6.81**
P-Cuadrático	1	0.12 ^{ns}	1	5.97*	1	0.29 ^{ns}