

RECURRENCIA DE EL FENOMENO "EL NIÑO" Y EL TITICACA

Santiago E. ANTUNEZ de MAYOLO R.

Banco Central de Reserva del Perú

Apartado 100-1958 - Lima

RECURRENCIA DEL NIÑO

Quinn demostró la relación entre la oscilación del Sur y la ocurrencia del fenómeno de El Niño; empero conocer los efectos de "El Niño" nos llevó al análisis de los caudales de cada uno de los ríos costeros, para lo cual adoptamos como normal (100%) el promedio de la descarga entre los años 1951/52 a 1981/82 se fijó zonas homogéneas, cuyos valores se promediaron (Tabla N° 1).

Al ordenar los valores por años con tres años de precedencia y tres de seguimiento a El Niño, obtuvimos la Tabla N°1 que muestra que el año del Niño las descargas en el Norte son varias veces mayor que la normal, en cambio en el Sur bajan al 86%. Empero dos años antes y después de El Niño mientras en el Sur hay abundancia de agua en el Norte los valores son inferiores (Antunez, 1984).

Tabla 1. Recurrencia del Niño. Promedio de los índices de descarga de los ríos agrupados por zonas, y años que anteceden a El Niño y siguientes

- 3	- 2	- 1	NIÑO	+ 1	+ 2	+ 3
1913	1914	1915	1916	1917	1918	1919
1921	1922	1923	1924	1925	1926	1927
1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934
1937	1938	1939	1940	1941	1942	1943
1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950
1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955
1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959
1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985

Zonas	- 3	- 2	- 1	Niño Pico	+ 1	+ 2	+ 3
1	21	13	125	442	313	24	10
2	76	94	88	278	127	95	68
3	92	96	107	204	112	113	96
4	101	113	121	150	117	108	93
5	72	111	108	129	112	105	64
6	88	119	99	104	108	111	81
7	83	130	82	102	95	115	74
8	84	135	104	86	132	133	91

Este fenómeno de alternancia, lo tratamos de explicar, como consecuencia del proceso de aridización y por la acción de la corriente peruana que determina un abanico de efectos (Antunez, 1976, 1985).

RECURRENCIA DE "EL TITICACA"

En 1982 al analizar estadísticamente los promedios mensuales de los niveles del lago, solo obtuvimos del análisis espectral la existencia de 2 ciclos bien definidos, uno de 5 años y otro de veinte años empleado 10, 25, 30 y 35 retardos (lags).

Empero al ordenar las series de amplitud en quinquenios sus promedios acusaban un valor alto de 814 y el inmediato inferior de 793. Es decir una diferencia del 3%.

Al ordenar la serie en sexenios (Tabla Nº 2) hallamos que cada seis años en desfases de un año antes o un año después se registraba los altos niveles del Lago que representa cuando menos 25% sobre el valor promedio inmediato inferior, y de 55% si es que se considera los años de recurrencia.

Ordenando la serie en otros lapsos, incluso de once años no se obtuvo mejor explicación.

Los niveles del Lago aparentemente adoptan la forma de una parábola, cuya tendencia señala 0,12 m de elevación anual del nivel del lago. Cifra inaceptable por estar distorsionada por la crisis pluvial última.

Tabla 2. Amplitud de la recarga del lago expresado en milímetros de elevación de su espejo de agua en el Sexenio

SEXENIO	1	2	3	4	5	6	
1914/15 - 19/20	685	386	840 N	1328 P	518	1623 T	(6 años)
1920/21 - 25/26	1084	313	1044	157	1102 TN	341 P	(6-1 años)
1926/27 - 31/32	571	396	801	1045	829	1489 TN	(6 años)
1932/33 - 37/38	1030 P	918	567	146 N	702 T	218	(6-1 años)
1938/39 - 43/44	639	57	294 N	313	198	856 T	(6 años)
1949/45 - 49/50	669	878	1427	634 N	1332 PT	800	(6-1 años)
1950/51 - 55/56	747	600	633	1399 P	914 T	491	(6-1 años)
1956/57 - 61/62	257 N	766	554	1165	548	1215 T	(6 años)
1962/63 - 67/68	190	346	455 N	279 P	330	750 T	(6 años)
1968/69 - 73/74	496	633	939	867 N	1017 P	1339 T	(6 años)
1974/75 - 78/80	969	950 N	558	51	997 T	448	(6-1 años)
1980/81 - 85/86	952	504	0 N	1456 P	1051	1863 T	(6 años)
1986/87 - 99/92	441	746	397	143	335		(6+1 años)
PROMEDIO	672	576	655	691	759	953	

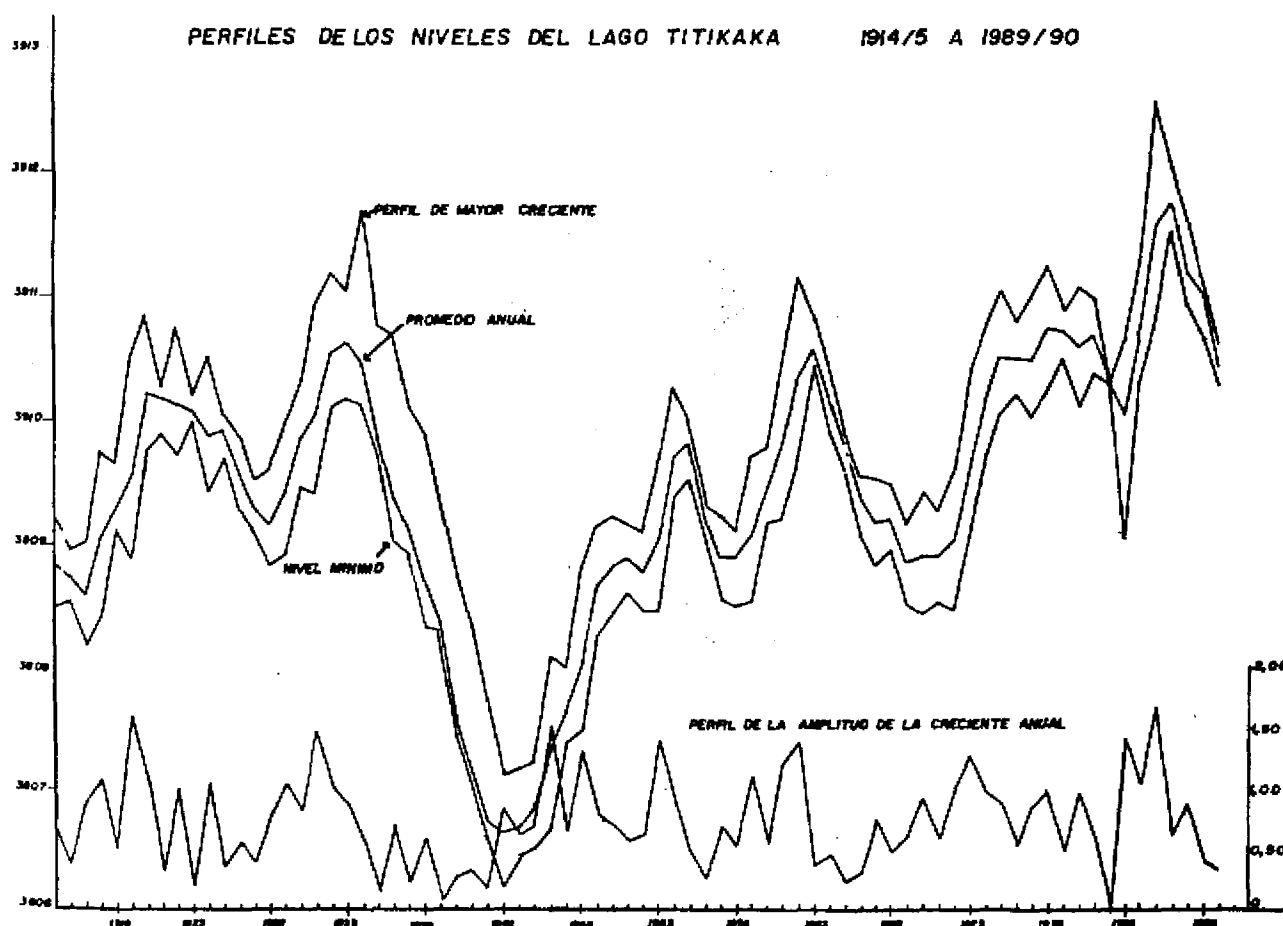
T Recurrencia del Titicaca N Recurrencia del Niño P Recurrencia del Pico

Nota: Sumando los valores de recurrencia de el "El Titicaca" se obtiene 1,181 mm de elevación del Lago en promedio.

En la Tabla N° 3 puede observarse cómo después de la gran crisis de 1985/86 se inicia un período de sequías que probablemente continuará por una década.

En la Tabla N° 3 se presentan los promedios mensuales de los niveles del Lago su Promedio anual (X), El índice de quantum (IQX) de los niveles anuales, la Amplitud anual (AMPL), que consiste en valor anual en milímetros obtenido al restar al máximo nivel el mínimo nivel que antecedió a su elevación. El Índice de Quantum de la Amplitud (IQAMP) permite relacionarla con el IQX del nivel anual.

En la Gráfica N° 1, se presentan en la parte superior los promedios anuales de máxima, mínima y media. El perfil inferior muestra las amplitudes anuales.



Santiago E. Antúnez de Mayolo. Enero 1992

Tabla 3. Niveles del Lago "TITICACA"

AÑO	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	X_AÑO	LQ	IQ AMP	AMPL.
1914.15	8804	8683	8579	8510	8545	8810	8805	8879	9163	9195	9110	8956	8837	94	95	685
1915.16	8855	8758	8664	8631	8579	8549	8708	8881	8935	8886	8813	8695	8746	93	54	386
1916.17	8561	8440	8353	8269	8181	8221	8381	8678	8922	9021	8941	8815	8565	91	117	840
1917.18	8723	8609	8495	8451	8501	8538	8709	9286	9648	9779	9706	9645	9008	96	184	1328
1918.19	9548	9405	9312	9206	9146	9131	9184	9204	9649	9455	9416	9276	9328	100	72	518
1919.20	9200	9134	9028	8879	8881	8996	9367	9796	10181	10502	10445	10294	9559	102	225	1623
1920.21	10173	10067	9946	9854	9757	9770	9952	10293	10643	10841	10762	10594	10221	109	150	1084
1921.22	10451	10322	10200	10087	10013	9944	10058	10167	10257	10248	10247	10144	10178	109	43	313
1922.23	10013	9903	9819	9735	9693	9748	10079	10540	10737	10691	10613	10476	10171	109	145	1044
1923.24	10330	10217	10121	10043	9994	9997	10060	10083	10145	10151	10068	9950	10097	108	22	157
1924.25	9835	9724	9605	9538	9411	9387	9543	9950	10272	10489	10422	10286	9872	105	153	1102
1925.26	10167	10059	9937	9816	9726	9737	9764	9869	9985	10067	10004	9858	9916	106	47	341
1926.27	9746	9632	9537	9409	9293	9279	9272	9492	9672	9843	9751	9644	9548	102	79	571
1927.28	9507	9397	9292	9186	9112	9034	9131	9274	9447	9508	9444	9338	9306	99	55	396
1928.29	9203	9085	9003	8971	8886	8826	8900	9086	9453	9627	9519	9420	9165	98	111	801
1929.30	9324	9228	9130	9031	8928	8905	9137	9430	9835	9944	9950	9899	9395	100	145	1045
1930.31	9803	9710	9652	9599	9536	9473	9626	9973	10290	10302	10198	10039	9850	105	115	829
1931.32	9983	9793	9703	9643	9480	9431	9625	10093	10626	10920	10907	10774	10082	108	207	1489
1932.33	10623	10482	10363	10260	10185	10113	10189	10470	10918	11143	11044	10891	10557	113	143	1030
1933.34	10726	10578	10439	10312	10222	10165	10243	10653	11049	11083	10968	10814	10604	113	127	918
1934.35	10679	10533	10418	10336	10237	10148	10185	10456	10684	10715	10569	10417	10448	112	79	567
1935.36	10274	10045	10013	9902	9792	9710	9744	9816	9856	9751	9654	9532	9841	105	20	146
1936.37	9417	9285	9168	9120	9058	9006	9154	9404	9708	9708	9646	9531	9350	100	97	702
1937.38	9412	9288	9180	9070	8958	8898	8892	8988	9039	9116	9056	8941	9070	97	30	218
1938.39	8846	8731	8639	8516	8404	8333	8393	8691	8922	8972	8906	8793	8679	93	89	639
1939.40	8668	8577	8530	8443	8357	8344	8358	8401	8348	8272	8169	8039	8376	89	8	57
1940.41	7924	7800	7683	7590	7506	7461	7504	7713	7755	7729	7707	7571	7662	82	41	294
1941.42	7421	7300	7176	7130	7039	7022	7089	7235	7307	7335	7300	7163	7210	77	43	313
1942.43	7052	6937	6854	6760	6668	6596	6609	6631	6705	6794	6784	6697	6757	72	27	198
1943.44	6593	6483	6420	6328	6248	6230	6381	6697	6972	7086	7055	6947	6620	71	119	856
1944.45	6846	6751	6631	6586	6510	6470	6624	6750	6918	7139	7066	6937	6769	72	93	669
1945.46	6816	6700	6624	6590	6560	6532	6672	6858	7139	7210	7185	7080	6831	73	94	678
1946.47	6969	6862	6786	6712	6680	6765	7174	7656	8052	8107	8072	7971	7317	78	198	1427
1947.48	7852	7743	7629	7555	7443	7390	7431	7543	7782	8018	8024	7939	7696	82	88	634
1948.49	7855	7747	7649	7602	7521	7507	7748	8293	8691	8839	8767	8675	8075	86	185	1332
1949.50	8591	8486	8388	8354	8337	8345	8558	8900	9085	9137	9089	8963	8686	93	111	800
1950.51	8842	8750	8648	8550	8540	8467	8558	8921	9214	9205	9146	9037	8823	94	104	747
1951.52	8927	8819	8756	8659	8613	8595	8634	9026	9195	9189	9091	8967	8873	95	83	600
1952.53	8855	8760	8710	8628	8522	8484	8475	8742	8994	9108	9011	8884	8764	94	88	633
1953.54	8768	8656	8568	8482	8488	8550	8754	9084	9499	9828	9881	9790	9029	96	194	1399
1954.55	9764	9556	9450	9390	9356	9361	9402	9714	10047	10270	10224	10116	9721	104	127	914
1955.56	9999	9879	9806	9767	9646	9577	9783	10060	10660	10949	10812	10653	9833	105	68	491
1956.57	9520	9386	9299	9204	9099	9012	9049	9187	9269	9249	9209	9109	9216	98	36	257
1957.58	9004	8873	8764	8675	8622	8552	8735	8980	9227	9258	9186	9082	8913	95	98	706
1958.59	8981	8854	8757	8696	8608	8558	8558	8628	8909	9112	9099	9019	8815	94	77	554
1959.60	8919	8794	8686	8614	8508	8495	8915	9476	9637	9673	9621	9509	9071	97	162	1165
1960.61	9377	9255	9220	9269	9196	9248	9251	9468	9658	9730	9744	9691	9426	101	76	548

... Continuación Tabla 3

AÑO	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	X_AÑO	LQ	IQ AMP	AMPL
1961.62	9574	9449	9374	9320	9261	9299	9619	9934	10235	10476	10400	10305	9771	104	169	1215
1962.63	10141	9967	9863	9790	9724	9719	9969	10432	10884	11109	10272	10932	10234	109	26	190
1963.64	10775	10655	10586	10556	10470	10426	10457	10478	10582	10772	10709	10557	10585	113	48	346
1964.65	10397	10279	10179	10076	9976	9915	9899	10120	10337	10354	10306	10195	10169	109	63	455
1965.66	10015	9885	9815	9713	9607	9603	9702	9724	9882	9835	9849	9668	9775	104	39	279
1966.67	9539	9413	9434	9356	9271	9257	9216	9221	9423	9546	9436	9280	9366	100	46	330
1967.68	9183	9065	9013	8986	8881	8815	8921	9095	9465	9565	9491	9395	9156	98	104	750
1968.69	9298	9183	9106	9005	8972	9009	9054	9346	9442	9468	9328	9122	9194	98	69	496
1969.70	9013	8921	8805	8713	8598	8534	8531	8795	9015	9164	9153	9012	8855	95	88	633
1970.71	8885	8780	8688	8612	8514	8451	8534	8922	9390	9384	9292	9155	8884	95	130	939
1971.72	9032	8904	8800	8696	8612	8590	8611	8885	9141	9257	9198	9074	8900	95	93	667
1972.73	8948	8833	8754	8682	8581	8593	8770	9132	9398	9594	9598	9482	9030	96	141	1017
1973.74	9377	9279	9209	9192	9105	9031	9140	9742	10338	10370	10308	10182	9606	103	186	1339
1974.75	10070	9992	9967	9895	9797	9720	9805	10163	10585	10689	10662	10580	10160	109	134	969
1975.76	10454	10332	10231	10170	10080	10082	10366	10682	10963	11018	11030	10835	10520	112	132	950
1976.77	10724	10591	10517	10454	10314	10212	10223	10286	10624	10770	10650	10589	10496	112	77	558
1977.78	10449	10301	10216	10134	10094	10102	10284	10663	10901	10975	10945	10824	10491	112	118	851
1978.79	10649	10527	10416	10306	10238	10310	10630	10975	11115	11235	11185	11085	10723	115	138	997
1979.80	10921	10794	10665	10589	10492	10407	10537	10574	10819	10855	10731	10637	10668	114	62	448
1980.81	10487	10370	10335	10270	10202	10123	10103	10502	10881	11055	11016	10915	10522	112	132	952
1981.82	10745	10624	10517	10455	10412	10371	10600	10790	10907	10975	10901	10745	10670	114	84	604
1982.83	10618	10509	10407	10337	10319	10316	10248	10236	10209	10163	10080	9928	10281	110	0	0
1983.84	9783	9546	9551	9510	9519	9323	9489	10137	10721	10966	10911	10801	10021	107	202	1456
1984.85	10670	10539	10398	10310	10281	10333	10533	10763	11096	11266	11332	11273	10733	115	146	1051
1985.86	11151	11009	10918	10807	10681	10955	11331	11656	12244	12544	12520	11981	11483	123	258	1863
1986.87	11958	11879	11747	11618	11462	11421	11636	11902	11862	11728	11626	11457	11691	125	61	441
1987.88	11101	11172	11054	10935	10854	10815	10850	11043	12238	11555	11561	11425	12050	129	103	746
1988.89	11279	11134	10988	10881	10753	10624	10720	10828	10925	11021	10980	10870	10917	117	55	397
1989.90	10748	10673	10509	10412	10275	10183	10267	10344	10287	10225	10122	10062	10859	116	20	143
1990.91	9977	9840	9731	9692	9715	9747	9789	9850	9934	10047	10034	9949	9859	105	49	355
1991.92	9866	9725	9615	9514	9439	9373	9475						9572	102	0	
PROMED	9507	9467	9295	9217	9142	9120	9239	9489	9875	9820	9754	9639	9464	101	100	721

COMPROBAR

9463

"EL NIÑO" Y "EL TITICACA"

Existe interacción entre el fenómeno de "El Niño" y el de "El Titicaca", como puede observarse en la siguiente tabla de promedios de los episodios de "El Niño" de "El Pico" o año siguiente al de "El Niño", y "El Titicaca".

T	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
TTCC	-118	-96	-76	-66	4	205	377	341	168	-55	-168
Pico	-137	-91	-77	-72	-34	173	274	304	138	-44	-119
Niño	-125	-97	-81	-108	-42	83	268	247	112	-52	-189

En los años de "El Niño" la vaciante del Lago es más rápida en los meses de Julio a Diciembre, pero los niveles son los que menos suben de Enero a Abril.

El Pico observa una situación intermedia. En la Tabla Nº 2 se anotan los años de "El Titicaca", "El Pico" y "El Niño".

Erupciones Solares y "El Titicaca"

Análisis de correlación con desfases entre las manchas del sol y los niveles del Lago proporcionaron valores de R muy bajos.

Ordenando las series en períodos de once años, se obtuvo que el promedio de los niveles más bajos del Lago siguen en dos años al promedio del menor número de manchas solares.

REFERENCIAS

Antunez de Mayolo, Santiago E.

1976 ¿Será posible pronosticar las variaciones del nivel de las aguas del Lago?. *En*: Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima, tomo CIII, pp.26-33, 1983.

1977 Meteorología Inca. Epoca de siembra y selección de cultivar. *En*: Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima, tomo CIV, pp.26-62, 1977.

1984 "El Niño" event at Peru. *En*: EOS transactions, Amer. Geophys. Union V 64:52 p.1045, 1983 Ocean Sciences Meeting. January 24, 1984, New Orleans.

1985 Regeneración de agua y suelo y sus efectos en la alimentación. ESAN 1985. CONCYTEC 1988.

LARGE-SCALE DIGITAL SIGNAL PROCESSING FOR DENDROCHRONOLOGY

Ben B. BALSLEY

CIRES Campus Box 216
University of Colorado
Boulder, Colorado 80309-0216, USA

We present results of a study that demonstrates the potential for improving the measurement accuracy of tree growth characteristics using state-of-the-art digital analysis techniques.

The measurement of tree growth characteristics by standard tree-coring techniques has been an invaluable tool for dendrochronology for more than three decades. Unfortunately, the accuracy of the results is limited by inaccuracies inherent to the sampling process: the values of growth variables (i.e., tree ring width, cell densities, intensity, etc.) obtained from a single—or at most a few—radial cores do not necessarily represent the average values of those variables around the entire tree circumference. Improvements in the accuracy of current measurements would be of considerable importance in enhancing our understanding of the relationship between tree growth and climate, or in multivariate analyses involving, for example, ring width and a variety of other (external) variables.

One possible way to increase accuracy without increasing analysis time would be to use state-of-the-art digital techniques to examine the entire tree cross-section. There are a number of obvious advantages to this idea: (1) computers are extremely fast and the use of computer-based techniques would obviate the lengthy hand analysis of many radial cores, (2) the resulting digitized values would be accurate and consistent over the sample, and (3) by averaging growth variables over the entire tree cross-section one would obtain the true mean value of the variables for that cross-section. While this technique clearly cannot be used for analyzing living trees, it would have considerable utility in the analysis of existing cross-sections, as well as in future studies using felled trees.

In this note we present results of a preliminary study in which we used large-scale digital processing in the analysis of the cross-section of a Virginia Pine. Our analysis system incorporated a Sparc II work station and digital imaging processor originally designed to take high-resolution, full-earth pictures from satellites. While our results do not provide any significant new dendrochronological information *per se*, they demonstrate the basic principles of a technique that could be developed to provide a new and useful adjunct to current analysis procedures.

A schematic representation of the complete digital analysis system appears in Fig. 1. In this figure, a visual image of the (evenly-illuminated) sample tree cross-section is obtained via an imaging camera. This image is then digitized and stored in system memory so that it can be transferred subsequently to the work station by either magnetic tape or directly by modem. The work station memory is sufficient to analyze the entire 4096 x 4096

image matrix essentially on-line. Finally, graphic results of the various analyses can be printed on hardcopy output.

One major advantage of this technique lies in the analysis speed. One-time-only digitization of a cross-section, once the technique becomes standardized, will require less than an hour in the worst case. Given that such a digitized image exists, any given analysis takes only a few minutes of computer time.

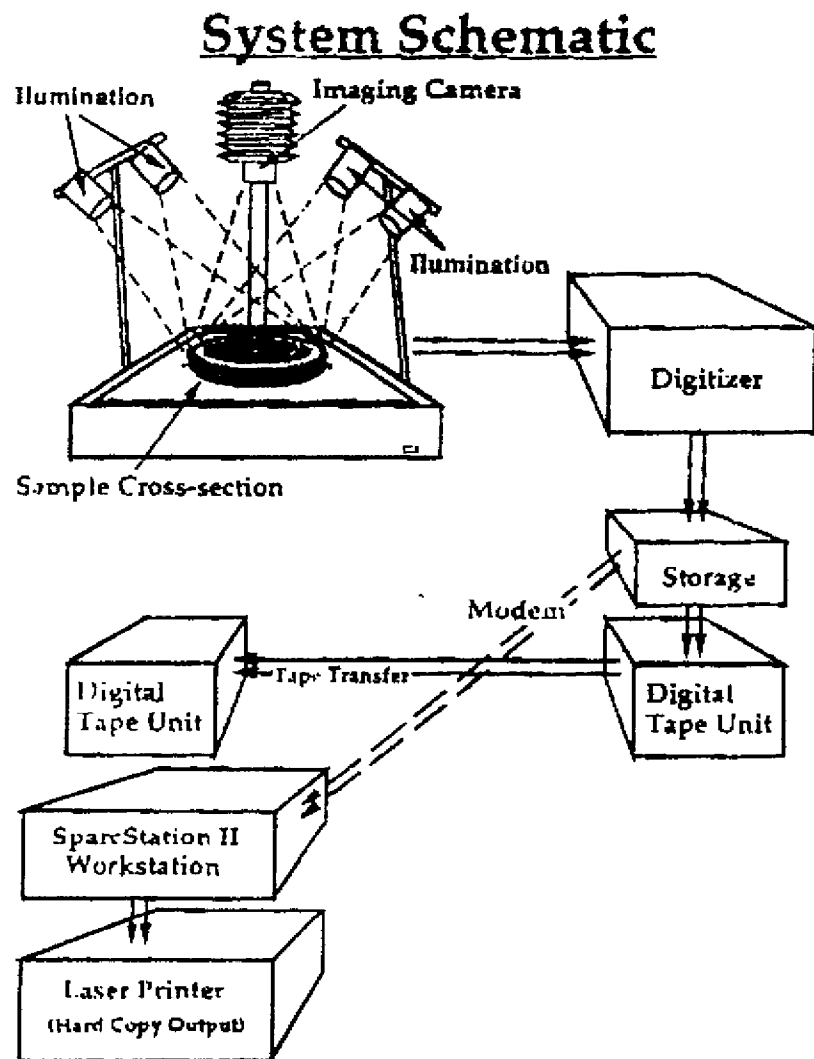


Figure 1. Schematic diagram of the optical image processor and work station used in the present analysis.

A second advantage lies with the accuracy of the "average tree" characteristics relative to the accuracy of a single core. For example, the use of computer-averaged ring widths in multivariate analyses should provide greatly improved results relative to the use of single-core width measurements.

In addition to providing improved ring width accuracies, computer-averaging techniques also provide an accurate means of determining intra-annual variations of the average structure (e.g., darkness/lightness, cell size, etc.) of the regions between annual rings. With the caveat that the pixel increments correspond to linear increments of growth (i.e., not directly to time increments) these intensity variations could be studied in terms of interannual variations of cell size or nutritional changes, or any other climatologically relevant variable.

With regard to future studies/directions, there are a number of immediate possibilities:

1. It would be interesting to examine intensity variations under other than white light.
2. It appears feasible to examine tree cross-section structure down to cell size by the digital averaging techniques discussed above. Thus, it might prove possible to identify annual and/or seasonal boundaries in tropical trees statistically by average cell size.
3. Implementation of more esoteric analysis schemes should enhance ring detection of diffuse ring boundaries. Thus, it may be possible to study tropical trees where ring-like structure may represent climatic wet/dry periods, and not annual changes.

The last two points outlined above are particularly pertinent to this conference. A preliminary study of tropical tree rings obtained from the vicinity of the Sechura Desert in northern Peru indicate that large-scale digital analysis of ring-like structures found in these tree cross-sections may contain significant information on past climate variations along the north Peruvian coast.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was partially supported by NSF's Climate Dynamics Division under Grant ATM 8812126.