

Astronomía y ecología: la sincronización alimenticia del maíz

John Earls

EL "DILEMA INCAICO" consiste en la imposibilidad, aparente, de reconciliar la abundancia del rendimiento de la producción agrícola en el incario —tan ampliamente documentada por los cronistas y otras fuentes— con la simplicidad extraordinaria de los instrumentos directamente empleados en la producción. Al contrario de una mayoría de autores, el número de consideraciones (que no voy a detallar aquí) me convence de que la estimación "alta" para la población del Tawantinsuyu, unas 30'000.000 de personas postuladas por Dobyns y Thompson (1966), es más realista que las cifras "bajas" (de unos 4'500,000 - 6'000,000); o sea que la población de entonces fue por lo menos igual a la situación demográfica de los países andinos actuales. A la vez, es indudable que trabajando con un arado de bueyes o con tractor, se pueda cultivar mucho más tierras en el mismo tiempo que con chaki taklla.

Con todo eso ¿cómo es posible que en la actualidad ya no se pueda producir lo suficiente para las necesidades alimenticias de la población con tantas innovaciones en la tecnología agrícola? Este es el dilema incaico. Parte de la respuesta o conclusión ha sido preveída por estudios sobresalientes (por ejemplo, Parsons y

(*) Ponencia presentada en el Primer Seminario sobre agricultura y alimentación, organizado por la Universidad Católica de Lima (Programa de Ciencias Sociales), con el auspicio de la Fundación Friedrich Ebert, Chacabayo, 10-13 de octubre de 1979. Hemos respetado el sistema de citas y referencias utilizado por el autor.

Psuty, 1975; Soldi, 1979; Regal, 1970; González García, 1970) que han demostrado el uso de sofisticados instrumentos de producción en tiempos precolombinos; abandonados debido a la ignorancia de los españoles, o malogrados por los ingenieros "occidentaloides" que procuraban "mejorarlos". Antúnez de Mayolo (1978a; 1979b) y Grillo (1978), entre otros, han resaltado que la producción agrícola andina formaba parte de un sistema lógico mucho más amplio. Este sistema que incluía el almacenaje y tratamiento de los cultivos y una logística compleja se desarrolló, por su compatibilidad máxima, con los requisitos ambientales. Al contrario, la tecnología de Occidente fue introducida a pesar del ambiente andino y sin consideración de la compatibilidad con él.

Empero, aparte de la tecnología agrícola y su grado de coincidencia con las peculiaridades del ambiente andino, hay que recordar que la producción Inca avanzó dentro de una tradición del pensamiento científico que había evolucionado sobre más de 4,000 años. La ciencia andina siempre giraba en torno a la articulación que existiera entre la regularidad de los movimientos del cosmos, los ritmos en la vida social y política, sistemas de producción y comunicación, y la coherencia de éstos en relación a la variabilidad enorme del medio ambiente andino. Antúnez de Mayolo (1978c), Urton (1978a; 1978b), Zuidema (1978a; 1978b) y Earls y Silverblatt (1978b) se han ocupado de los aspectos cosmológicos, meteorológicos y astronómicos de esta ciencia y su relación con la organización social y los ciclos en las labores productivas. Murra (1956: 26-8) y Lumbreras (1975: 66-7) también han subrayado la interacción necesaria entre la astronomía y la agricultura. La resolución del dilema incaico con fines prácticos en la problemática alimentaria actual exige una amplia comprensión y apreciación de las premisas, los logros y planteamientos de esa ciencia andina, pues los campesinos actuales siguen conceptualizando la organización del mundo y sus actividades en términos de sus categorías; y aún más importante, los planteamientos principales de esta ciencia parecen ser convalidados por los grandes desarrollos en la

cibernética y otras nuevas ramas en la ciencia occidental de los años recientes.

La ciencia andina y la simplificación del ambiente

El hecho de que la mitad de los climas del mundo puedan ser encontrados sobre diferentes latitudes y altitudes en los Andes peruanos (Grobman et al 1961:8) indica a priori que el volumen total de la producción agrícola estaría estrechamente ligado al grado de coordinación de las actividades laborales con esa multiplicidad de climas y ambientes andinos, O sea, la programación del tiempo laboral establecida según una jerarquía de prioridades socialmente acordadas, tal que el tiempo y la energía gastados en una tarea correspondan a su importancia para la satisfacción de las necesidades alimentarias de la sociedad total; esto es de importancia crítica. A menudo las condiciones climáticas obligan que una tarea agrícola de gran peso para la producción total tenga que realizarse en un tiempo muy corto debido al peligro de heladas, etc. Una mala programación de la labor agrícola resulta en crisis económicas.

En el Incanato la coordinación eficiente del trabajo en las diferentes zonas y pisos ecológicos, junto con una programación casi óptima del tiempo laboral, fue lograda y así se llegó a producir los enormes excedentes observados por los españoles. Pero esa coordinación y programación entre el tiempo, el trabajo y la estructura ambiental, no podía realizarse con la eficiencia requerida sin efectuar grandes modificaciones en el ambiente total. El ambiente andino natural es demasiado variable sobre el espacio, con sus zonas y pisos ecológicos naturales y en el tiempo, con la inestabilidad climática dentro de un período breve, de un año a otro, para una planificación agrícola racional. Los Incas tenían que **simplificar** el ambiente ecológico natural. Tenían que reducir la multiplicidad de ecologías naturales a un número mucho menor de ecologías artificiales y más estables sobre el tiempo.

La simplicidad de las ecologías naturales se efectuó con el

empleo de los cultivos agrícolas domesticados para establecer divisiones operacionales en el medio ambiente de acuerdo a los requisitos humanos de la producción económica. Como establecieron Gade (1967) y Brush (1974: 289) se distinguía entre los límites ecológicos absolutos que definen la extensión total de la zona donde una especie o variedad domesticada puede subsistir, de los límites efectivos de producción que definen la zona; un rendimiento adecuado para el cultivo justifica económicamente el tiempo laboral involucrado al sembrarlo allí. Cuando los límites efectivos de un conjunto de especies y/o tipos de cultivos más o menos coinciden en el espacio, se habla de una zona efectiva de producción. Sobre una extensión territorial muy grande se encuentra el mismo conjunto de cultivos labrados en terrenos dispersos, o sea la misma zona efectiva de producción coincide en muchas partes, en tal caso se designa a todas como una zona equivalente de producción. De ese modo la gran variedad de zonas ecológicas naturales y límites ecológicos absolutos para las plantas y cultivos individuales podían ser reducidos a un número pequeño de zonas de producción equivalente, definidas por una u otra combinación de cultivos que forman un conjunto económico agrícola. Es obvio que este proceso de estandarización ecológica del ambiente en esas zonas equivalentes de producción sólo puede llevarse a cabo en asociación estrecha con el proceso de domesticación y aclimatación de los cultivos mismos (Ver Earls 1978a).

Murra (1975: 56-7) ha demostrado la existencia de dos sistemas principales de cultivos en el Incanato, uno mayormente asociado con el Estado que consistía principalmente en el maíz y que definía la gran zona de producción, equivalente a la quechwa; y el otro, de tubérculos, dejado al control local que define la zona equivalente de la sallqa.

He examinado el énfasis del control estatal sobre el cultivo del maíz en relación a la coordinación astronómica de las divisiones de la labor agrícola (Earls 1978a) en términos del desarrollo político del Tawantinsuyu, con la construcción de andenes para estabilizar el clima y con grandes sistemas

hidráulicos para el riego controlado. Ahora quiero limitarme a las propiedades del maíz que propician una experimentación sistemática para su extensión territorial, y cómo éstas se vinculan directamente a la programación del tiempo laboral.

La selección natural y artificial en la evolución del maíz

La evolución del maíz ha sido fuertemente influida por factores artificiales (o sea humanos) y genético-ambientales (naturales) que propician la consolidación de nuevos tipos de maíz adaptados siempre a mayores alturas. Isbell (1974) señala una relación entre la extensión del cultivo del maíz con la expansión de los quechua hablantes. Para maximizar su base económica los quechuas (de *qechwa*) siempre guardaban el interés de seleccionar plantas de maíz que podrían sobrevivir en los climas más difíciles de las alturas. El simple hecho geográfico, de que en los Andes hay mayores extensiones de tierras en las alturas que en los fondos de los valles, proporciona un incentivo suficiente para extender el cultivo del maíz hacia las alturas. En el período Wari o Chanka, la fragmentación político-económica y las guerras incesantes, dificultó el cultivo del maíz en las tierras más bajas sin defensas adecuadas. Lavalle y Julien indican que el cultivo y mantenimiento del maíz constituía la prerrogativa de los kurakas y la clase superior en general (1973:93).

Sin embargo en ese período la selección natural habría ejercido una influencia mayor que los intereses sociales, pues la diversificación regional político-cultural era acompañada por una diversificación regional en las variedades del maíz.

“... pequeñas diferencias altitudinales pueden haber sido muy efectivas en el condicionamiento de la selección natural de complejos genes adaptivos a través de pequeñas o grandes áreas geográficas. Dentro de un solo valle interandino y la falda de un cerro, diferentes genotipos podrían originar que se adaptaran

heterogéneamente a: variaciones en la intensidad y calidad de la luz; patrones de temperatura y accesibilidad al agua; condiciones físicas y variaciones en la fertilidad de los suelos y en la velocidad de los vientos. En lugares donde las faldas carecían de una continuidad en su cultivación, una aisolación efectiva dentro de cualquier estación de cultivo ocurriría especialmente sobre una distancia muy corta. En el caso que se guardase las semillas cada año en un régimen agrícola de subsistencia, el desarrollo de sistemas de aisolación fisiológica basada en transiciones a genotipos con períodos de maduración más cortos en alturas mayores habrían resultado a través de la selección natural para la adaptabilidad” (Grobman et al 1961: 52).

La selección empírica y simple de esa época cuando la selección predominaba, dio lugar a la selección artificial por el agrónomo especialista del Estado Inca. Este último conscientemente se dedicaba a la hibridización para producir especies con características preconcebidas. La sistematización en la experimentación agrícola en el Incanato se debió a la complejidad mayor de la división y planificación para los requisitos del trabajo no agrícola y la organización militar. Así en el Incanato ocurrió una transición a la agricultura científica (Grobman et al 1961: 38-9).

En el Tawantinsuyu el agricultor andino expresó su máxima capacidad para dirigir la evolución agrícola hacia rendimientos mayores por unidad del terreno, para la estabilización de tipos raciales y su uso preferencial. La acción estatal no solamente dio lugar a la tipificación de las especies cusqueñas en su actual forma, altamente seleccionada, sino también en la difusión de ciertas variedades de alto rendimiento a todas las tierras conquistadas por los Incas (Grobman et al 1961:39). Estos autores, que realizaron el estudio más extensivo acerca de la evolución y la clasificación de los tipos del maíz en el Perú, sostienen que los Incas, igual que las grandes civilizaciones, procuraron reducir el número de variedades locales innovados con tipos mejorados y estandarizados por los agrónomos

estatales. Sin embargo, ese proceso estaba lejos de completarse cuando llegaron los españoles.

El maíz tiene la propensión a establecerse en un número relativamente reducido de especies cuyos genotipos corresponden a las adaptaciones ambientales de sus ecotipos y favorece el uso del mismo, definiendo las zonas equivalentes para la producción de los conjuntos económicos agrícolas. Grobman y otros identificaron solamente 42 variedades de maíz en el Perú, mientras se han identificado miles de variedades de papas y otros tubérculos. Por eso, es más eficiente dividir y asociar los otros cultivos en ecotipos que corresponden al comportamiento de una u otra variedad del maíz en su zona efectiva de producción que ajustar el maíz a las miles de especies de papas. La naturaleza y composición de estos conjuntos económicos agrícolas, como se les definía con respecto a las propiedades ecogenotípicas, características de las diferentes variedades del maíz, se mostrará más claramente, luego que examinemos los parámetros genéticos y ambientales que condicionan sus comportamientos vitales. Lo importante es que tanto la acción de la selección natural como la selección artificial coinciden al efectuar la expansión del cultivo del maíz a tierras de alturas siempre mayores, y que en el Incario esta tendencia selectiva fue sistematizada científicamente por ser concordante con la política estatal de estandarizar las divisiones del ambiente en una serie de zonas equivalentes de producción agrícola. El desarrollo de variedades consolidadas del maíz, adaptadas sólo a las altitudes superiores, donde anteriormente se cultivaban sólo tubérculos, facilitó establecer zonas de producción equivalente y permitió una extensión del control y del poder político-económico del Estado.

El comportamiento temporal del maíz en función de altura

En la cita extensa del trabajo de Grobman y sus colaboradores, reproducida en la sección anterior, se resalta que, los parámetros ambientales como las variaciones de temperatura

y accesibilidad al agua, el régimen de los vientos y la calidad e intensidad de la radiación solar, más la estructura de los suelos, operan diferencialmente para aislar variedades de maíz con cortos períodos de maduración adaptadas a las condiciones climáticas de las alturas. Estos factores actúan diferencialmente sobre las plantas más o menos en correlación con la altura, y así la altitud constituye el factor condicionante principal detrás de la distribución geográfica de las especies del maíz en el Perú (Grobman et al 1961: 120). La relación entre la duración del período de heladas, intensidad y calidad de la luz (principalmente manifestada en la proporción de la radiación ultravioleta recibida), y la tasa de precipitación, con la altura, es mayormente constante sobre una pendiente continua en cualquier región específica. En los valles interandinos del Mantaro y del río Pampas, por ejemplo, la tasa pluvial se incrementa en función de la altura; la temperatura promedio disminuye mientras la amplitud de las fluctuaciones diurnales y estacionales crece; y obviamente la intensidad de la radiación ultravioleta aumenta en proporción directa a la altitud en todo lugar.

La relación entre la altura y el régimen termométrico en duraciones temporales más largas con altas probabilidades de heladas en las zonas superiores, a la vez que el período vegetativo de las plantas se prolonga, la tasa metabólica aumenta en función de la temperatura ambiental, por supuesto, dentro de ciertos límites. Así, pues, las especies **ecotípicas** de las alturas tienen que ser **genotípicamente** precoces; pero generalmente se encuentra que la prolongación del período vegetativo en las alturas superiores está parcialmente compensado por una prolongación del tiempo del antesis (florecimiento completo) de las plantas (Grobman et al 1961: 52). Estos factores ecológicos debieron tomarse en cuenta por los agrónomos Incas, en particular la relación entre la altura (como una función de la temperatura) y la duración del período desde el sembrío hasta la maduración de la planta. Para lograr una eficiencia óptima en la programación del trabajo agrícola, sobre una variedad de condiciones sociales y ambientales locales, se requiere un margen

de flexibilidad en el comportamiento temporal de los cultivos para acomodársela al tiempo laboral socialmente disponible. Además los parámetros que determinan esa flexibilidad deben ser calculables. La altura puede ser considerada como un vector cuyos componentes son los factores ambientales anteriormente discutidos (temperatura, luz, viento, agua, etc.), y su valor debe ser estrechamente acoplado al tiempo del ciclo metabólico de la planta. El establecer de esta relación de acoplamiento, junto con los argumentos y evidencias presentados anteriormente, conllevará a la conclusión de que los agrónomos incas tomaron en cuenta la programabilidad tiempo-altitudinal como un factor importante entre las características de las nuevas variedades del maíz que procuraban producir.

Ahora voy a examinar los datos presentados en el trabajo de Grobman con el propósito de establecer (o desechar) una relación determinable entre esos valores, y modelar sus características más notables. Por desgracia el trabajo de estos destacados investigadores ofrece pocos datos acerca de la actuación temporal de las variedades del maíz en relación a la altura. En el cuadro I he unido un número de datos de altura y los períodos de maduración correspondientes para 18 especies de maíz oriundos de la Sierra. Como se ve, hay muchos tipos de gran importancia como **Chullpi** (de origen temprano con una vasta distribución geográfica que mayormente se tuesta para hacer **kancha**), **Paro** y **Cusco Gigante** (la culminación de la agronomía inca en lo que toca al rendimiento por hectárea cultivada), que ofrecen una sola cifra temporal por la altitud de su cultivo. Entonces no se puede establecer nada acerca de esas especies para los propósitos de este trabajo.

Ya que se trata de especies caracterizadas como serranas, se supone que las cifras correspondientes a alturas costeñas se refieren a condiciones excepcionales, o sea que indican límites absolutos, mientras las cifras para la Sierra denotan los límites efectivos. En todos los casos donde se ofrecen dos o más cifras de alturas y tiempos se observa claramente que el tiempo de maduración (hasta la mitad del florecimiento) varía como una

CUADRO I
TIEMPO DESDE EL SEMBRIO HASTA LA MITAD
DEL FLORECIMIENTO EN DIFERENTES ALTURAS
PARA UNAS VARIEDADES DEL MAIZ
DE LA SIERRA PERUANA

Especie	Distribución altitudinales (metros)	Tiempo desde la siembra hasta la mitad de florencia (días)
Confite morocho	2,500	112
	3,000	116
Confite puntiagudo	250 (Costa)	78
	2,500	83.7
	3,000	114.7
	3,500	136.7
Kculli	2,300	
	3,300	137
Confite puneño	3,600	91
	3,900	107
Huayleño	2,300	87
	2,800	135
	3,200	143
Chullpi	2,350	
	3,200	144
Granada	3,200 (Cusco)	140
	3,200 (Mantaro)	143
	3,200	144
Paro	3,200	144
Morocho	2,300	104
	2,800	149
	3,200 (más represent.)	150
Huancavelicano	2,800	121
	3,200	140
Rabo de Zorro	250	88
	2,600	115
	3,200	142
Ancashino	2,900 "promedio"	143
Uchuquilla	3,200 nativoal Cusco	129
Cusco cristalino amarillo	3,200 "	133
	3,450 en Maras más temprano	
	2 800	129
Cusco	3,200	148
Piscacorunto	3,200 + "	128
Marañón	2,800	122
	3,200	166
Cusco Gigante	2,800 con centro en	141
	3,200 Yucay	-

función directa de la altura. En la figura 1 he graficado las curvas para ocho de las especies con los datos registrados en el Cuadro I; estas curvas resaltan la relación incremental positiva entre los dos parámetros para cada tipo. Además se nota una clara separación entre las curvas en turno al grado de su pendiente, sus límites altitudinales, y/o su tiempo hasta la maduración. Cada variedad se identifica como una unidad discreta respecto a su actuación con diferentes valores de los parámetros ecológicos.

Excluyendo las dos cifras que corresponden a ecologías costeñas, vemos que hay solamente tres variedades que registran tres valores temporales (t) para tres diferentes alturas (h): Confite Puntiagudo, Huayleño y Morocho (cuyas curvas son dibujadas con rayas continuas en la figura 1). Si denotamos un intercambio en el tiempo de maduración por A_t y un aumento en altura por A_h , entonces $\frac{A_t}{A_h}$ expresa el valor de la tasa del incremento en el tiempo para maduración con respecto a altura para cada especie. En cada caso $\frac{A_t}{A_h}$ decrece en el segmento que corresponde a los valores mayores de "h". Además el decrecimiento en $\frac{A_t}{A_h}$ sobre los segmentos superiores de cada tipo parece guardar una relación con su precosidad. C. Puntiagudo es el más precoz de los tres y el decremento, en su tasa de cambio, en el segmento correspondiente a alturas superiores, es el menos acentuado. Morocho demora más para su maduración a la vez que en las alturas superiores el valor de $\frac{A_t}{A_h}$ es tan bajo que parece que va a llegar a "0" asintóticamente. Para Huayleño el cambio en el valor de esta tasa es intermedio, tal como es su precosidad.

Si tengo la razón al sostener que la programabilidad temporal de una raza es una característica buscada en el desarrollo de nuevos ecotipos, y que cuenta como un factor importante en la definición de su adaptabilidad, es claro que Morocho no está adaptado a las alturas mayores a 2,800. Hay que llevarlo a una altura de 400m más (a 3,200 m) para prolongar su maduración por un solo día, y sobre este rango de alturas el período de la probabilidad de heladas aumenta por

TIEMPO AL FLORECIMIENTO t (days) ———

170
160
150
140
130
120
110
100
90
80
70
60
50

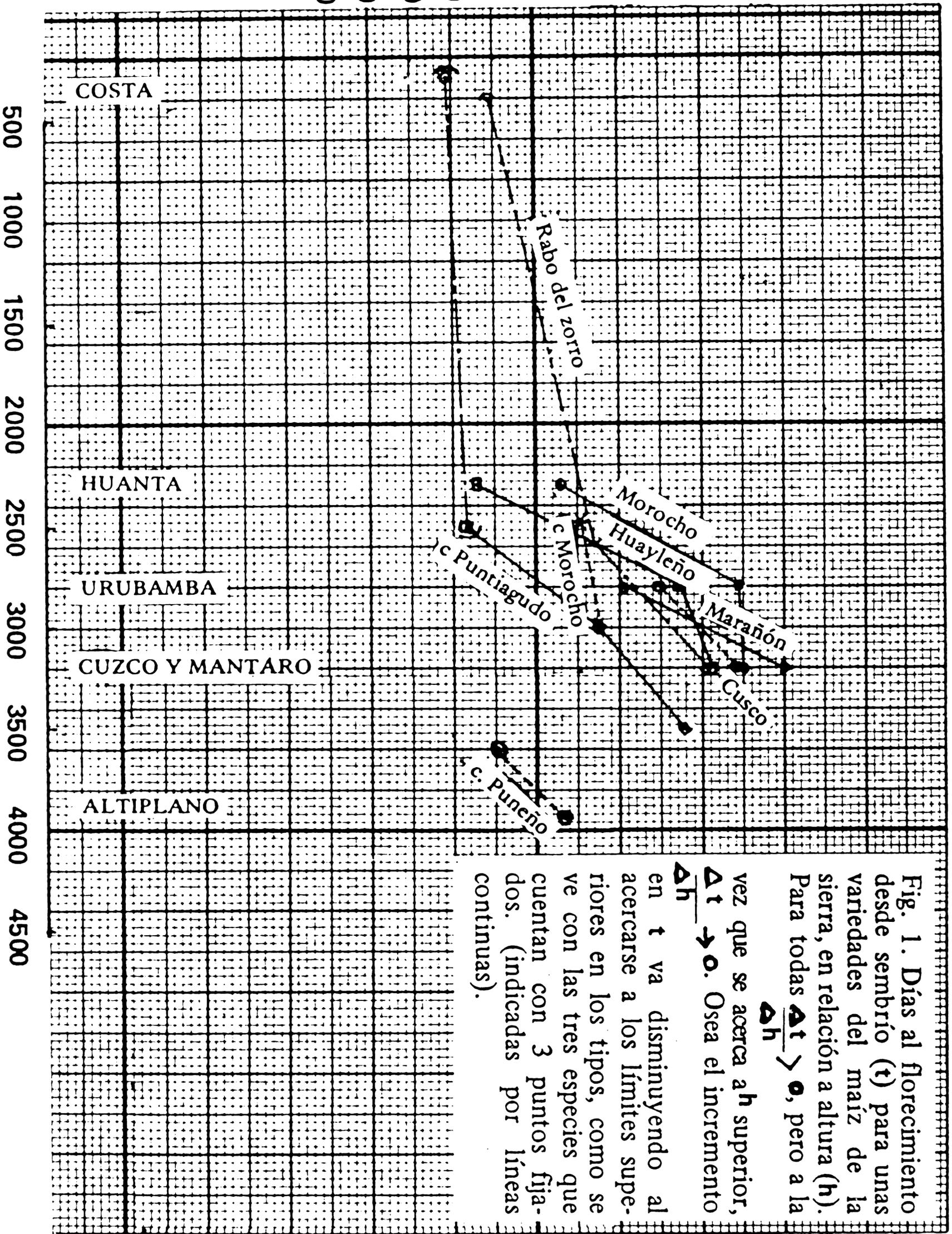


Fig. 1. Días al florecimiento desde sembrío (t) para unas variedades del maíz de la sierra, en relación a altura (h). Para todas $\Delta t \rightarrow \circ$, pero a la vez que se acerca a h superior, $\Delta t \rightarrow \circ$. Osea el incremento Δt en t va disminuyendo al acercarse a los límites superiores en los tipos, como se ve con las tres especies que cuentan con 3 puntos fijados. (indicadas por líneas continuas).

(h) Altura, (metros s.n.m.) ———

varias semanas. Efectivamente Grobman especifica que las alturas inferiores (desde 2,300 a 2,800 m) son más representativas del habitat de esa especie. Sobre esos 500 m. verticales el valor de "t" aumenta casi un día por cada incremento de 10m de altura.

Huayleño es más precoz que Morocho mientras las cifras ofrecidas para las alturas son iguales en los dos casos, pero entre 2,800 y 3,200 m. el valor de "t" aumenta un día por cada incremento de 50 m de altura. O sea que aún si prescindimos de considerar la cuestión de las heladas, un agricultor que simultáneamente siembra una chacra a 2,800 m. de altura con Morocho y Huayleño tendrá que volver a la misma chacra para cosechar su Morocho 2 semanas después que allí ha cosechado su Huayleño. Al revés, si planificaba sembrar y cosechar las dos variedades en dos operaciones simultáneas, las curvas de la gráfica nos indican que tendría que sembrarlos en dos chacras separadas por unos 200 m. de altura. Si postulamos un ángulo de 20° para la inclinación de la pendiente entre las dos chacras, la distancia del camino entre ellas (en línea recta) es igual a $200/\text{seno } 20^{\circ}=585$ metros, más de un medio kilómetro. Al sembrar las dos simultáneamente es para cosechar simultáneamente en alturas mayores de 2,800 m. (para el Huayleño) la distancia del camino aumenta drásticamente hasta tener que trabajar el Huayleño cultivado a 3,200 m. de altura superior a unos 1.5 kms. del Morocho (con la misma inclinación de la tierra). Una planificación eficiente del trabajo consignaría el cultivo de las dos variedades a distintas zonas efectivas de producción. Los mismos argumentos aplican al cultivo de Confite Puntiagudo en relación a las otras dos especies. Para una simultaneidad temporal de las tareas, las chacras tendrían que separarse por varios kilómetros de distancia recta, o sembradas en la misma chacra, una demora de más de un mes intervendría entre las tareas equivalentes.

El sentido común indica que cuando existen fuertes constricciones sobre el tiempo disponible para el trabajo en áreas espacialmente separadas, el volumen total del producto depende

de una división del trabajo que maximiza el número de operaciones realizables en una extensión territorial mínima; lo más eficiente será la realización de la energía gastada por el trabajador en términos de volumen del producto deseado. Debido a las constricciones ambientales sobre el tiempo laboral disponible para los cultivos en diferentes zonas efectivas de producción, el sentido común indica que se debe dar prioridad a aquellas operaciones que son más constreñidas temporalmente por las influencias ambientales no controlables.

En los Andes la complejidad ecológica y las fluctuaciones climáticas continuas no permiten que esas nociones de eficiencia conduzcan a una organización agrícola del estilo occidental capitalista, donde la estandarización de los sembríos ha resultado en el monocultivo universal y la realización de casi todos las labores en un espacio mínimo. La estrategia agrícola más apropiada para las condiciones aquí como es bien conocido, consiste en la maximización del control y acceso a los productos de múltiples pisos y zonas ecológicas (Murra 1975), también a la práctica policultiva. Es decir que, cualquier planificación agrícola, tiene que tomar en cuenta esas realidades económicas. Así la programación del tiempo laboral en la agricultura durante el Incario adquiriría las características particulares que han sido esbozadas en este trabajo (también ver Earls 1978a; 1978b). La propiedad del maíz de separarse en variedades discretas de distintos ecotipos genéticamente consolidados fue aprovechada por el Estado para definir las zonas efectivas de producción equivalentes. La falta de correspondencias significantes entre los genotipos y ecotipos de los tubérculos resultó en la evolución de miles de tipos tal que un gran número de genotipos se comportaban como un solo ecotipo, y viceversa, permitía su división en un número de conjuntos. Los tipos y especies que componían cada conjunto tenían propiedades ecotípicas tan semejantes que se los pueden tratar como variedades genéticas de un solo eco-arcotipo.

El arquetipo ecológico de cada conjunto económico agrícola era definido en términos de las propiedades y

comportamiento de un tipo ecológico de de maíz. Los límites efectivos de cada conjunto se determinaban por los límites de la variedad del maíz que definía el conjunto. Los límites efectivos de una u otra especie del maíz fueron establecidos según los requisitos sociales de maximizar la eficiencia productiva a través de la alocación del tiempo laboral en coordinación con la distribución espacial de los terrenos cultivados sobre el ambiente entero. Debido a la necesidad de organizar el usufructo de las tierras de las alturas superiores en ciclos rotativos multianuales (*laymi*), y a variaciones anuales en la duración del período de heladas, los límites superiores efectivos de las diferentes especies de maíz se establecían al nivel más alto que correspondía a un período de maduración determinado (que por definición tendría que ser menor que la duración del período libre de heladas). Debajo de este nivel el tiempo de maduración iba decreciendo significativamente con cada reducción de altura. Debajo de un cierto nivel, mayores reducciones altitudinales dejan de ocasionar reducciones apreciables en el tiempo de maduración (véase las curvas para C. Puntigudo y Rabo de Zorro en la fig. 1). Este nivel define el límite efectivo inferior del cultivo. En otras palabras, entre los dos límites efectivos de producción existe una relación de **causalidad** entre cambios en altura y cambios en el tiempo de maduración para cada variedad del maíz; esta causalidad está replicada en los demás cultivos del conjunto por la operación misma de las leyes naturales en la ecología (Wilsie 1966: 85-93).

Esta relación de causalidad entre el tiempo y la altura, dentro de la zona efectiva de producción para el conjunto agrícola, permite la sincronización de las labores agrarias en todas las zonas aunque la distribución altitudinal de los sembríos varía de año en año por la intervención de distintos factores externos. La dispersión de ciertas variedades cusqueñas sobre el territorio del Imperio era parte del proceso de estandarizar la producción agrícola por definir y expandir las zonas equivalentes de producción para facilitar la planificación estatal (Earls 1978a y b). El conjunto de estos mecanismos articulado en una planificación coherente resuelve el Dilema Incaico.

El maíz en la problemática agro-alimentaria actual

He presentado una serie de datos, argumentos y evidencias acerca de las propiedades del maíz y otros cultivos en relación a los parámetros ambientales de la sierra peruana, que echan luz sobre la planificación agrícola en el Incanato. Sostengo que la magnitud del excedente alimentario Inca se posibilitaba por la sofisticación y racionalidad de este sistema de planificación. En las publicaciones anteriormente citadas traté de otros aspectos de la coordinación y planificación agropecuaria en el Tawantinsuyu que no he podido repetir aquí. Sin embargo, la pregunta existe ¿si es que ya sabemos los principios generales que rebasaron la planificación Inca y una serie de las técnicas y mecanismos que emplearon, qué nos impide ponerlos en aplicación de nuevo para solucionar la crisis agro-alimentaria actual?

En primer lugar, aún estamos lejos de comprender las técnicas de planificación Inca para poder reintroducirla; y en segundo lugar, el régimen actual de la producción agrícola para el mercado interno e internacional es totalmente incompatible con la organización de la producción para un mayor excedente social interno. En la actualidad en un gran número de comunidades andinas existen tierras “abandonadas” que la gente no quiere cultivar pues considera que el trabajo adicional involucrado en su reclamación no vale lo que podrían ganar por la venta de sus productos al mercado. “Estaría vendiendo mi tiempo para *kancha* no más”.

Entonces hay dos factores que deben tomarse en cuenta en cualquier programa para aumentar el excedente agrícola producido por los campesinos actuales. En la actualidad cada comunidad ha reajustado su calendario agrícola para la satisfacción de sus necesidades de autosuficiencia más un pequeño excedente para el trueque o comercio. Debido a la fragmentación político-económica la programación del tiempo laboral es más rígida aunque sigue estando condicionada por las mismas consideraciones tiempo-ambientales que operaron en el incanato. Así se les tendrían que demostrar que el cultivo de

nuevos productos y/o tierras puede ser realizado sin un gasto de tiempo laboral excesivo debido a una desarticulación concomitante en su ciclo laboral normal. En el segundo lugar, se tendría que convencerlos que el excedente producido podría transformarse en un aumento en su seguridad vital a largo plazo...

BIBLIOGRAFIA

Antúnez de Mayolo, Santiago

- 1978a: "La Alimentación en el Tawantinsuyu" en *Etnohistoria y Antropología Andina*, 1a. Jornada del Museo Nacional de la Historia. Lima.
- 1978b: "La Nutrición Prehispánica", en *Actas del 10. Congreso Internacional de Cultivos Andinos*. Comp. Tapia y Villaroel, IICA y UNSCH. La Paz.
- 1978c: "Previsión Agroclimatológica Pre-hispánica" en *idem*.

Brush, Stephen

- 1974: "El lugar del hombre en el ecosistema andino" *Rev. del Mus. Nac.* T. XL.

Dobyns, Henry y Paul Thompson

- 1966: "Estimating Aboriginal American Population", *Current Anthropology*, Vo. VII, No. 4.

Earls, John

- 1978a: "Evolución de la administración ecológica Inca", *Rev. del Mus. Nac.* T. XLII
- 1978b: "La Coordinación de la producción agrícola en el Tawantinsuyu", *Actas del 10. Congreso Internacional de Cultivos Andinos* IICA y UNSCH. La Paz.

Earls, J. e I. Silverblatt

- 1978: "La realidad física y social en la cosmología andina" en *Actas del XLII Congreso Internacional de Americanistas* T. 4 - París.

Gade, William

1967: **Plant use and folk agriculture in the Vilcanota Valley of Peru: A cultural-historical geography of plant resources**, Tesis doctoral, Univ. de Wisconsin, Madison.

González García, Francisco

1978: **"Los acueductos incaicos de Nasca"** en *Comp. Ravines, Tecnología Andina*, IEP ITINTEC, Lima.

Grillo Fernández, Eduardo

1978: **"Tecnología agropecuaria andina"** en *Actas, 1o. Congreso Internacional de Cultivos Andinos*, IICA y UNSCH.

Grobman A., W. Salhuana, R. Sevilla, con P. Mangelsdorf

1961: **"Races of Maize en Peru: Their origins, evolution and classification"**, Pub. 915. National Academy of Sciences National Research Council. Washington D.C.

Isbell, William

1974: **"Ecología de la expansión de los Quechua hablantes"**, *Rev. del Mus. Nac.* T. XL.

Lavalle, Daniele y Michele Julien

1973: **Les Etablissements Asto a L'Epoque Prehispanique**, *Travaux de L'Institut Francais d'Etudes Andines* T. XV. Lima

Lumbreras, Luis

1975: **Las Fundaciones de Huamanga**, Ed. Club Huamanga, Lima.

Murra, John

1956: **The Economic Organization of the Inca State**, Tesis doctoral, Univ. de Chicago.

1975: **Formaciones económicas y políticas del mundo andino**, IEP, Lima.

Persons, Jeffrey y N. Psuty

1975: **"Sunken Fields and Prehistoric Subsistence on the Peruvian Coast"** *American Antiquity* Vol. 40, No. 3.

Soldi, Ana María

1979: Chacras excavadas en el desierto, Sem. de Historia Natural Andina, UNMSM, Lima.

Regal, Alberto

1970: Los trabajos hidráulicos del Inca en el Antiguo Perú, IEM. Lima.

Urton, Gary

1978a: "Orientation in the Quechua and Inca Zodiac" *Ethnology* vol. 17, No. 2.

1978b: The Astronomical System of a Community in the Peruvian Andes, Tesis doctoral, Univ. de Illinois, Champaign - Urbana.

Wilsie, Carrooll P.

1966: Cultivos: Aclimatación y Distribución, Ed. Acribia Zaragoza.

Zuidima, Tom

1978a: "Mito, Rito, Geografía y Calendario en el Antiguo Perú". en Acta del XLII Congreso Internacional de Americanistas. T. 4. París.

1978b: "Lieux sacrés et Irrigation: Tradition historique, mythos et ritual au Cusco" *Annales Nros.* 5-6 (Set. Dic.) Paris.