UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

UNIDAD DE POSGRADO

Modelo económico multivariado - regresional para evaluar rendimiento productivo ambiental en valle del río Cañete (economía de los recursos naturales: un análisis teórico - empírico

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Economía con mención en Métodos Cuantitativos de la Economía

AUTOR

Abraham Eugenio Llanos Marcos

Lima – Perú

1999

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

ESCUELA DE POST – GRADO

FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS

UNIDAD DE POST – GRADO



"MODELO ECONOMICO MULTIVARIADO – REGRESIONAL PARA EVALUAR RENDIMIENTO PRODUCTIVO AMBIENTAL EN EL VALLE DEL RIO CAÑETE (ECONOMIA DE LOS RECURSOS NATURALES: UN ANALISIS TEORICO - EMPIRICO"

TESIS

PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE

MAGISTER EN ECONOMIA

MENCION: METODOS CUANTITATIVOS DE LA ECONOMIA

PRESENTADA POR:

ABRAHAM EUGENIO LLANOS MARCOS

LIMA – PERU

1999

A la memoria de mi Padre
Eugenio Llanos Cárdenas
un abnegado y luchador
trabajador cañetano

A quienes ofrendaron sus
vidas en la lucha por un
Perú Nuevo dentro de un
Mundo Nuevo

INDICE GENERAL

PAGS

RESUMEN

INTRODUCCION

1. ESQUEMA DE DESARROLLO DE LA INVESTIGACION 1

2. FUNDAMENTACION ECONOMICO SOCIAL DEL ESTUDIO 3

2.1.- PROBLEMA Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 5

3. FUNDAMENTACION CIENTIFICA DEL PROBLEMA 6

3.1.- LA ECONOMIA DE LOS RECURSOS NATURALES 6

3.2.- OBSERVACIONES PRELIMINARES 10

3.3.- TEORIA DEL VALOR TRABAJO 13

3.3.1.-FUNDAMENTOS METODOLOGICOS Y EPISTEMOLOGICOS 13

3.3.2.-VALOR DE USO Y VALOR DE CAMBIO 15

3.3.3.-VALOR Y PRECIO 17

3.4.- EL PRECIO DE LOS RECURSOS NATURALES Y EL "FACTOR" TIERRA 18

3.5.- AGRICULTURA Y TEORIA MARGINALISTA DEL VALOR 22

3.6.- LA AGRICULTURA EN EL CAPITALISMO 24

3.7.- ACERCA DE LA "RENTA DE LA TIERRA" 27

3.8.- INTERACCION BIOMETRICA-ECOAGRONOMICA 29

3.8.1.- FENOTIPO AMBIENTE Y PRODUCCION AGRARIA 29

3.8.2- ADITIVIDAD LINEAL EN MODELOS BIOMETRICOS DE EXPRESION FENOTIPICA 31

4. NATURALEZA DE LA PRESENTE INVESTIGACION 34

5. EFICIENCIA PRODUCTIVA Kg / Ha DE RECURSOS NATURALES AMBIENTALES EN CULTIIVOS 35

6. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECIFICOS 37

7. HIPOTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACION 38

CAPITULO I

MODELO ECONOMICO MULTIVARIADO REGRESIONAL

1. ELEMENTOS PARA LA DEFINICION DEL MODELO

1.1.- TEORIA ECONOMICA Y MODELOS MATEMATICOS 41

1.2.- METODO CIENTIFICO Y CIENCIA ECONOMICA 43

1.2.1.- ENDOGENEIDAD Y EXOGENEIDAD DE FACTORES CAUSALES 44

1.2.2.- VARIABLES SEMIAUTONOMAS Y DETERMINISMO PARAMETRICO 46

1.3.- ASPECTOS ECONOMICOS QUE SUSTENTAN EL MODELO 49

1.3.1.- PROVENIENTES DEL ENTORNO INTERNACIONAL 49

1.3.2.- ASPECTOS ECONOMICOS DEL MODELO PARA SU APLICACIÓN LOCAL 53

2. REVISION BIBLIOGRAFICA 54

3. APLICABILIDAD ECONOMICA 56

4. ECUACIONES FUNDAMENTALES DEL MODELO 57

4.1 ECUACIONES DEL ANALISIS MULTIVARIANTE 57

4.2 ECUACIONES DEL ANALISIS REGRESIONAL 59

5. ANTECEDENTES DEL MODELO 61

6. EL ANALISIS MULTIVARIADO 62

6.1.- MODELO PROBABILISTICO MULTINORMAL 65

6.2.- METODO DE COMPONENTES PRINCIPALES 67

7. ACERCA DE LOS INDICES 75

8. METODOLOGIA PARA EVALUAR LA ADAPTACION DE CULTIVOS 77

9. METODOLOGIA DE CALCULO DE LAS RESPUESTAS BETA 81

CAPITULO II

APLICACIÓN DEL MODELO EN EL VALLE DEL RIO CAÑETE

1.- ENTORNO ECONOMICO SOCIAL DEL ESTUDIO 89

2.- ECOAGROSISTEMA EN EL VALLE DEL RIO CAÑETE

2.1.- UBICACIÓN 95

2.2.- CLIMA 95

2.3.- SUELOS 96

2.4.- ASPECTOS AGRICOLAS 97

2.4.1.- TENENCIA DE LA TIERRA POBLACION EN ESTUDIO 97

2.4.2.- USO ACTUAL DE LA TIERRA 98

2.4.3.- DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD AGRICOLA 98

2.4.4.- REQUERIMIENTO DE RIEGO 99

2.4.5.- CALENDARIO Y ROTACION DE CULTIVOS 100

2.4.6.- NIVELES TECNOLOGICOS 100

2.4.7.- RENDIMIENTOS AGRICOLAS 101

2.5.- SERVICIOS DE APOYO A LA PRODUCCION 101

2.5.1.- TECNICA DE EXTENSION AGRICOLA Y ASISTENCIA 101

2.6.- CREDITO AGRICOLA 101

2.7.- LIMITACIONES Y POTENCIALIDADES

PARA EL DESARROLLO AGRICOLA 102

2.7.1.- LIMITACIONES 102

2.7.2.- POTENCIALIDADES 102

2.8.- ANALISIS ECONOMICO FINANCIERO 103

2.8.1.- MERCADOS Y PRECIOS 103

3.- APLICACIONES MULTIVARIADAS

3.1.- VARIABLES AMBIENTALES CULTIVOS Y ZONAS 106

3.2.- DESARROLLO DE COMPONENTES PRINCIPALES 107

3.3.- DETERMINACION DEL INDICE AGROECONOMICO 114

4.- APLICACIONES REGRESIONALES

4.1.- ESPECIFICACION DEL MODELO 116

4.2.- ESTIMACION Y VERIFICACION REGRESIONALES 123

4.3.- APLICACIÓN DEL MODELO BETA 125

5.- RESULTADOS EXPERIMENTALES 127

CONCLUSIONES 130

RECOMENDACIONES 133

BIBLIOGRAFIA 136

ANEXOS 146

PLANO DE UBICACIÓN DEL VALLE DE CAÑETE 160

INDICE DE CUADROS

		PAGS
1.-	PRODUCTO BRUTO INTERNO (PBI)	89
2.-	BALANZA DE PAGOS	90
3.-	BALANZA COMERCIAL AGROPECUARIA	92
4.-	VARIABLES ECOAGRONOMICAS	108
5.-	SUPERFICIE DE PRODUCCION DE CULTIVOS EN LAS LOCALIDADES DEL VALLE DEL RIO CAÑETE	118
6.-	RENDIMIENTOS DE CULTIVOS EN EL VALLE DEL RIO CAÑETE	119
7.-	RENDIMIENTOS PROMEDIOS DE CADA CULTIVO EN CADA LOCALIDAD	120
8.-	CUADROS DE CONTRASTACION DEL MODELO BETA	121

RESUMEN

Los trabajos académicos clásicos sobre economía exponen, desde SMITH, MALTHUS y RICARDO, investigaciones sobre la dotación de recursos naturales. En el presente siglo, HOTELLING (1931) **(48)**, propone técnicas para asignar eficientemente los recursos naturales, sentando las bases sobre las cuales se desarrolla actualmente la economía de los recursos naturales en general y la economía del medio ambiente en particular.

Tanto los recursos naturales como los ambientales son actualmente fuentes significativas de recursos externos para paises poco industrializados, convirtiéndose de esta manera en el instrumento, con que cuentan para lograr un desarrollo autosostenido.

En países poco industrializados puede conseguirse un incremento substancial de la producción y de la renta agraria, sin elevadas inversiones y en plazos relativamente cortos, con métodos y técnicas que armonicen con el ecoagrosistema. La agricultura es esencialmente una actividad ambiental en tanto proceso de artificialización del ecosistema natural para canalizar energía en forma de bienes de consumo. El medio ambiente define las circunstancias naturales, sociales, culturales y económicas que afectan todo proyecto e inversión agraria. A su vez toda actividad agrícola interactúa con el ecoagrosistema y afecta al recurso natural ambiental.

Las pruebas que emplean series de tiempo para verificar la "Regla de Hotelling" y el "Principio de Valorización de Hotelling" sobre la trayectoria de los precios y de los valores de los recursos naturales, no han sido concluyentes. Los profesores MERTON MILLER de la Universidad de Chicago y CHARLES UPTON de la Universidad de Rutgers, afirman que las pruebas y datos están sujetas a serias dificultades. **(71)**

La presente investigación expone una estrategia distinta. Tomando como referencia la "Regla de Hotelling" (que establece que el precio de un recurso natural debe crecer a una tasa igual a la tasa de interés, a lo largo de un proceso productivo eficiente y en equilibrio competitivo) y el "Principio de Valorización de Hotelling" se expone, en base a la teoria del valor-trabajo, el origen de la tasa de interés, del valor y del precio de los recursos naturales en la economía contemporánea. Luego se incorpora al análisis, las contribuciones biométricas sobre la relación genotipo cultivar-medio ambiente-rendimiento productivo agrícola y el aporte de "Componentes Principales" de HOTELLING al análisis económico, estableciendo así un Modelo Económico-Matemático que cuantifica el rendimiento productivo ambiental (Kg/Ha) eficiente de los recursos naturales en cultivos productivos. A partir de datos obtenidos en las siete zonas agrarias del valle del rio Cañete, que se caracteriza por ser el mayor productor

agropecuario cercano a Lima (el mayor mercado del país), por tener una predominancia del capital en sus estructuras productivas y por su mayor desarrollo empresarial, se verifica la operatividad, robustez y consistencia del Modelo.

Al tener cultivos que se siembran en diversos pisos ecológicos, adaptados eficientemente a los recursos naturales ambientales, la adaptabilidad expresada en mejores rendimientos productivos (Kg/Ha), generará estructuras de producción agrarias eficientes y cultivos especializados que puedan competir ventajosamente, aprovechando las bondades de múltiples valles y microclimas, asi como las variedades de cultivos autóctonos (renta agraria diferencial), contribuyendo a una modernización competitiva del agro.

El objetivo general de la investigación es desarrollar un Modelo Económico utilizando las técnicas del Análisis Multivariado y del Análisis Regresional para evaluar la adaptabilidad y el rendimiento productivo ambiental en cultivos. Objetivos especificos de la investigación son evaluar la asignación eficiente de recursos naturales ambientales en cultivos para un particular ecoagrosistema utilizando componentes principales; analizar el efecto de los recursos ambientales naturales sobre el rendimiento productivo (Kg/Ha) en cultivos permanente y rotativos, tradicionales y no tradicionales, por parte de un índice o ratio ecoagronómico que tabula diferentes variables ambientales mediante el análisis multivariante y, calcular la regresión del rendimiento promedio de todos los cultivos en estudio para cada uno de sus ambientes sobre el Indice ambiental, denominado Modelo de Respuesta Beta Promedio.

La Hipótesis central es: ***Un Modelo Económico Multivariado-Regresional que determina en primer lugar el Indice Ambiental de un ecoagrosistema, identifica los rendimientos productivos de cultivos a los cuales se le ha asignado eficientemente los recursos naturales ambientales (cultivos más adaptables al microclima investigado) mediante la evaluación de los coeficiente de respuesta beta de dichos cultivos respecto a un coeficiente de respuesta beta promedio. Cuando la diferencia esté más cercana a cero, mayor será su adaptabilidad productiva al microclima agrícola en estudio, mayor será la productividad cultivar (Kg/Ha) y por ende una mejor asignación de los recursos naturales ambientales.***

Los resultados de la investigación confirman que con el empleo de avanzadas técnicas económicas cuantitativas y con un más amplio estudio de las relaciones entre cultivos, variables ambientales y rendimientos de producción agraria, el Modelo puede describir la asignación eficiente de recursos naturales a los cultivos y ser una herramienta que contribuya al planeamiento estratégico en la industria agraria del país.

INTRODUCCION

1. ESQUEMA DE DESARROLLO DE LA INVESTIGACION

En los modelos económicos suelen privilegiarse el manejo de técnicas y considerarse la realidad económica inmediata como inmutable; así, el modelo otorga a la vigente realidad económica la calidad de ser el mejor tipo de organización y funcionamiento de una economía. En la mayoría de casos, no se toma en cuenta el contexto histórico social en que se realiza la actividad económica. Los procesos de construcción de modelos económicos dejan de lado, por innecesarios, toda formulación teórica. Aun el más mínimo intento por ordenar los fenómenos dispersos bajo una relación causa-efecto se impide con el argumento de que lo que se está haciendo al modelar, es manipular un instrumento técnico que busca cuantificar un fenómeno.

La Ciencia Económica propone básicamente enunciados teóricos susceptible de ser cuantificados, pero el poco desarrollo de los instrumentos matemáticos pueden ser una limitación para su cálculo. Existen algunos fenómenos que si bien están comprendidos en los procesos económicos son de difícil cuantificación tales como el medio ambiente, tensiones sindicales, etc.

La **Introducción** contiene la fundamentación económico social del estudio, detallando brevemente el problema y su planteamiento. En esta parte se expone ampliamente la fundamentación científica del problema así como la naturaleza de la investigación, precisando la evaluación de una eficiente asignación de los recursos naturales ambientales en el proceso productivo agrario. Luego, se puntualiza los objetivos generales y específicos del estudio; la hipótesis y variables respectivas que se desarrollan en la presente investigación.

El **Capítulo I** trata sobre el Modelo Económico. La primera parte está dedicada a detallar los elementos que definen el modelo, la teoría económica que la sustenta y una contribución a la relación epistemológica entre el método matemático y el método de la ciencia en general. La segunda parte, detalla una revisión bibliográfica para luego pasar *in extenso* al análisis matemático estadístico del modelo explicitando las ecuaciones fundamentales correspondientes tanto al análisis multivariado como al análisis regresional, así como sus respectivas explicaciones metodológicas para cada uno de los casos. Se realiza una disgreción sobre la naturaleza de los Indices, sus características y tipos que se desarrollan hoy en día. Finalmente, expone la metodología para evaluar la asignación de

recursos naturales ambientales en cultivos para diferentes microclimas, así como la metodología para determinar el cálculo de las respuestas betas del respectivo modelo regresional.

El **Capítulo II** trata sobre la aplicación del modelo a la realidad, con la finalidad de evaluar la robustez y consistencia del mismo. La primera parte, describe y explica brevemente la situación económico social del país donde se encuentra inmerso el marco microregional analizado. Posteriormente, detalla *in extenso* el ambiente microregional en estudio y procede a las aplicaciones, tanto multivariadas como regresionales del modelo estadístico matemático. Finalmente, expone los resultados experimentales destacando el aporte fundamental: el índice ambiental determinado por el método de componentes principales de HAROLD HOTELLING supera la crítica al modelo tradicional de EBERHART RUSSEL comprobando la robustez del modelo y permitiendo consolidar la confiabilidad de usar información de factores ambientales como medidas cuantitativas independientes, pero, precisando que una evaluación concluyente requiere una mayor y más intensiva evaluación y verificación experimentales.

Conclusiones expone que el modelo, al aplicarse a una realidad concreta, Valle del río Cañete, donde las relaciones de producción capitalista son predominantes, y donde se evalúa los rendimientos productivos (Kg/Ha) a partir de una eficiente asignación de los recursos naturales ambientales de nueve (09) cultivos transitorios y cuatro (04) permanentes, mediante el comportamiento de un conjunto de seis (06) variables ambientales sobre siete (07) zonas agrícolas respecto a una característica económica (rendimiento de la producción en kilos por hectáreas) permite afirmar que los cultivos de frijol seco industrial y de algodón (para el caso de los transitorios) y el cultivo de espárragos (para el caso de los permanentes) son aquellos que poseen amplia adaptabilidad a los recursos naturales ambientales que pueden explotar ventajosamente la Renta Agraria A partir del análisis multivariado, se determina un Indice Ambiental que depende exclusivamente de las variable ambientales o ecoagronómicas, independientes de las características de cada uno de los cultivos, confirmando la predominancia capitalista de la zona de Palo Herbay, que posee la mejor estructural empresarial y que se halla ubicada cerca al océano Pacífico, en oposición a aquellas zonas que se encuentran en pisos ecológicos altos o cuasi andinos como por ejemplo Nuevo Imperial. Se comprueba la idoneidad y robustez del modelo permitiendo realizar ajustes correctivos a las campañas de siembras sin requerir costosas pruebas pilotos en el desarrollo y depuración de procesos productivos agrícolas que buscan optimizar sus ventajas comparativas.

Recomendaciones plantea medidas alternativas a la tradicional metodología que se emplea en las campañas agrícolas del Valle del río Cañete, con el fin de optimizar los

volúmenes de producción para la agroindustria y de exportación, en cultivos que poseen amplia adaptabilidad a las condiciones microclimáticas y ecoagronómicas, priorizando los cultivos de frijol seco industrial y del algodón de fibra larga, puntualizando que deben desestimarse los cultivos extensivos de maíz chala y de camote. Todo ello en concordancia con una política de investigación y de transferencia tecnológica, enfatizando la prioridad en la ejecución del proyecto de rehabilitación de tierras, canales y equipamiento, evaluado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) a un costo de US$ 19' 646, 288 lo cual generaría un valor de producción excedente de S/. 130' 994, 745 a precios de 1995.

En **Resumen**: una economía del Perú, que busca superar su retraso agroindustrial y convertirse en competitiva nacional e internacionalmente, la selección de cultivos para lograr su estabilidad (manejo eficiente de los recursos naturales), no será posible hasta que se apliquen Modelos Ecoagronómicos con parámetros adecuados que recomienden variedades de cultivos estables y con objetivas asignaciones eficientes de los recursos naturales ambientales en los diversos microclimas de nuestra Costa y de nuestros valles interandinos. Se propone tal modelo y se ilustra su utilidad de manera que, con mejoradas técnicas de medición y mayor comprensión de la interacción productividad agrícola y variables ambientales locales, dicha metodología resulte ser una herramienta cuantitativa multivariada regresional, alternativa al clásico modelo regresional beta elaborado por los profesores norteamericanos en la década de los sesenta.

2. FUNDAMENTACION ECONOMICO SOCIAL DEL ESTUDIO

El Perú es un país escasamente industrializado, cuyo volumen de exportación anual representa el 0.09% del comercio mundial y cuya productividad por trabajador es una ínfima fracción de la productividad de los países altamente industrializados en general y de los Estados Unidos, la Comunidad Económica Europea y el Japón, ejes concéntricos de los tres grandes bloques en que se divide el interdependiente y contradictorio mercado mundial.

El país hunde sus raíces económico-social en la ancestral cultura andina que fue una sociedad agrícola de dominio vertical, que ocupó plenamente el espacio geográfico donde había establecido su hábitat y que manejó integralmente sus cuencas hidrográficas. Como cultura agraria entregó aportes históricos en materia de alimentos, de germoplasmas, en manejo de tierra y de agua, y de medicina natural a la humanidad en general y al predominante modo de producción capitalista contemporáneo en particular. A la inicial depredación y saqueo metálico del conquistador hispano, le continuó el saqueo de los recursos fitogenéticos, de manera que la forzosa contribución que el Perú hizo a la

acumulación originaria del capital, fue continuada, bajo la modalidad del libre cambio y de la "globalización", por el saqueo "civilizado" de la ancestral herencia fitogenética que las transnacionales transforman en mercancía alimentaria mundial para propiedad y beneficio de sus intereses: papa, maíz, algodón, tomate, uña de gato, kiwicha, auquénidos, etc.

La violenta inserción del país al mercado mundial destruyó la mayoría de cultivos autóctonos. La imposición de cultivos de otras latitudes desnaturalizó el armonioso equilibrio establecido con el ecoagrosistema, reduciendo la frontera agrícola, eliminando el autosostenimiento alimentario y desplazando variedades oriundas y altamente productivas acondicionadas a los variados pisos ecosistémicos. La obtención de germoplasmas de papa, maíz, kiwicha, algodón, quinua, etc. que hoy constituye el más renombrado aporte del Perú a la humanidad, fue una paciente labor de investigación que tomó cientos de años a las viejas civilizaciones preincas e inca.

Como respuesta creativa al atraso secular de los campos agrarios y a la intensa globalización del mercado mundial en general y del comercio agroalimentario en particular, los valles interandinos y costeños pueden ofertar productos agroindustriales administrando eficientemente sus recursos naturales definidas en cultivos ampliamente adaptables o estables a un microclima que tienen crecientes rendimientos productivos, así como aprovechando nuestra ancestral tradición fitogenética. Es decir, maximizando bondades microclimáticas pueden definirse cultivos que se adapten a condiciones ambientales con rendimientos crecientes en su productividad y con variedades exclusivas, de manera que se oferten todo el año, productos de gran demanda en el mercado nacional y mundial, generando crecientes rentas agrarias.

En la mayoría de los países las rentas de las áreas urbanas son casi el doble que las rentas de las áreas rurales. Las lecciones de las últimas décadas por intentar acelerar la industrialización urbana a expensas de la agricultura ha llevado a muchos académicos a replantear el papel del sector agrario. La industrialización urbana tiende a ser intensiva en capital y genera creciente migración que despoblan los campos ocasionando elevados niveles de desempleo y de subempleo. Actualmente se investiga si el aumento de la productividad en la agricultura requiere menos capital, generando a la vez un creciente empleo productivo a la mano de obra excedente.

Una estrategia de desarrollo que viene siendo discutida y que cuenta con mucha simpatía en el Perú, se basa en los excepcionales recursos naturales ambientales y los exclusivos recursos naturales genéticos que podemos exhibir en materia agraria debido a multivariados microclimas y a nuestra ancestral herencia andina incaica y preincaica. Tomando como referencia cercana los resultados obtenidos por la industria exportadora frutícola chilena y la floricultura colombiana entre otros, los actuales gobernantes y

empresarios del país proclaman que el futuro exportador del Perú reside en la administración eficiente de sus multivariados recursos naturales que posee y en una ancestral tradición agraria que debemos actualizar y repontenciar audazmente.

Cuantificar el grado de adaptabilidad cultivar, que revela cómo se ha manejado eficientemente los recursos naturales ambientales en cultivos tradicionales y no tradicionales, permitirá mejores precios con mejores variedades (renta agraria diferencial) frente a cultivos externos que no posean las bondades naturales ambientales; ventaja que se subsume en parte constitutiva de una renta diferencial a escala del mercado mundial, constituyendo por tanto, un legítimo objetivo del investigador agroeconómico con el fin de contribuir a establecer una estrategia de desarrollo en los marcos de un nuevo sistema que priorize satisfacer las necesidades mayoritarias del país.

Extrapolando el horizonte temporal, el Perú tuvo hasta la primera mitad del siglo XVI un Estado generador de bienes y servicios, un Estado Benefactor basado en la solidaridad y la reciprocidad; asimismo, tuvo un Estado Tecno-Funcional que residía y se eregía como sociedad agraria en los Andes sudamericanos, sustentando en una cosmovisión donde el elemento Naturaleza constituyó su columna vertebral paradigmática. La Mama Pacha, los Andes, fue el hábitat y la generadora de alimentos para más de veinte millones de seres humanos, constituyentes de un imperio que se desarrollaba contradictoriamente en forma autárquica y autosostenida. ***Mutatis mutantis***, la cosmovisión andina y su principio de convivencia armónica entre el ser humano y la naturaleza, puede ser un factor importante para lograr una fuerte y sostenida acumulación primaria de capital a partir de creciente rentas diferenciales agrarias; factor que debe tener como prerequisito un proyecto, una estrategia, un gobierno y un Estado que lleve la industrialización al campo. En este marco conceptual, se afirmar que la herramienta, la técnica económica matemática, para cuantificar la adaptabilidad de cultivos a los multivariados microclimas, evaluando la administración eficiente de nuestros recursos naturales ambientales, logrará resultados sorprendentes al permitir un planeamiento estratégico tanto a nivel micro y macroeconómico integral del espacio agrario logrando, de un lado, satisfacer los requerimientos alimenticios poblacional; y de otro lado, incursionar en el mercado mundial con mercancías agrarias especializadas y competitivas.

2.1 PROBLEMA Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Problema que se investiga: un índice ambiental (formulado independientemente de los rendimientos productivos -Kg/Ha- logrados por múltiples variedades cultivadas) obtenido a partir de múltiples recursos naturales ambientales (precipitaciones pluviales, temperatura, vientos, calidad de suelos, radiación solar, agua, etc.) que identifique las variedades de cultivos tradicionales y no tradicionales adaptadas eficientemente (mejores y mayores

rendimientos productivos -Kg/Ha) a las particulares condiciones ambientales o microclimáticas de una estructura agraria que posee predominancia capitalista en sus relaciones de producción.

Planteamiento del problema: ¿Puede definirse la estabilidad de parámetros que describan rendimientos productivos (Kg/Ha) de cultivos sobre multivariadas condiciones ambientales, estimándose medidas de estabilidad (o de amplia adaptabilidad) de dichos cultivos sobre un rango (o índice) ambiental, y evaluarse la administración eficiente de los recursos naturales ambientales en múltiples cultivos correspondientes a un particular microclima, valle o ecoagrosistema?.

3. FUNDAMENTACION CIENTIFICA DEL PROBLEMA

3.1 LA ECONOMIA DE LOS RECURSOS NATURALES

A partir de la llamada "crisis energética", de la "fractura en la capa de ozono" y del estudio ampliamente debatido por el "Club de Roma" sobre los límites del crecimiento, se ha desarrollado en la Ciencia Económica una creciente literatura sobre recursos naturales y medio ambiente.

Para la ciencia económica, la preocupación sobre los recursos naturales como límites del crecimiento ha estado presente desde sus clásicos fundadores (SMITH, RICARDO, MARX); los asuntos ambientales fueron tratados inicialmente por J. STUART MILL.

La "Economía de los Recursos Naturales" tiene hoy en día un explosivo renacimiento y según sus más renombrados exponentes, su origen fue el artículo "The Economics of Exhaustible Resources", escrito por HAROLD HOTELLING y publicado en Abril de 1931 en el Vol. 34 del Journal of Political Economy. Esta rama de la ciencia económica se presenta como exclusiva de la corriente que sustenta la teoría marginalista del valor en precisos instantes que, como en ningún otro periodo histórico de la humanidad, la contradicción entre rentabilidad capitalista y la existencia humana se ha hecho evidente a partir de los análisis sobre recursos naturales ambientales.

El estudio de Hotelling sobre los recursos naturales estuvo inspirado, según sus propias palabras, en la siguiente observación: "...la teoría económica de tipo estática y de equilibrio...es claramente inadecuada para una industria en la que el mantenimiento indefinido

de una cantidad estable de producción es una imposibilidad física..." (pag. 139). En la "Regla o Principio de Hotelling" el precio de un recurso natural debe crecer a una tasa igual a la tasa de interés, ambas a lo largo de una línea de extracción eficiente y en un equilibrio competitivo de recurso natural-industria, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$p_t = p_0 \, e^{rt}$$

donde:

p_t : precio del recurso natural en un periodo t.

p_0 : precio del recurso natural en el periodo inicial.

r : tasa de interés.

Hotelling plantea la eficiencia en la asignación de recursos naturales como opciones alternativas entre usos del tipo Flujo (generadores de ingreso) y usos de tipo Stock (depósitos de valor). Es decir, a lo largo de una trayectoria óptima de decisiones de una industria competitiva que explota los recursos naturales, al empresario capitalista le debe ser indiferente extraer una unidad del recurso natural hoy o mañana. Para que ello sea cierto, la "Renta de la Escasez", es decir, el precio de mercado del recurso natural extraído menos los costos de extracción, deben valorarse al mismo ritmo que el retorno de inversiones alternativas. O sea que, la "Renta de Escasez" (el precio del recurso natural antes de ser extraído) debe crecer en el tiempo a la misma velocidad que la tasa de interés: el Valor Presente de la "Renta de la Escasez" debe ser igual en cualquier momento del tiempo. Tal predicción supone que los recursos naturales no renovables, a medida que se extraen, se hacen más escasos...!! su "valor" debe crecer!!!

La predicción central de Hotelling afirma que al propietario de un recurso natural le debe ser indiferente el extraer una unidad del recurso natural hoy, o dejarla sin extraer esperando que se valorice en el futuro. Al estar un periodo temporal involucrado, también lo estará la tasa de interés como precio del presente en términos del futuro.

La "Regla de Hotelling" establece un arbitraje entre el uso del recurso natural como depósito de valor y el uso del recurso como generador de ingresos. Al dueño de la tierra o de cualquier otro recurso natural, le será indiferente extraer una unidad del recurso natural hoy y poner los ingresos (renta) a ganar interés o dejar esa misma unidad en la tierra sin extraer, y realizar su "valor" el siguiente periodo o después. Mientras tanto, por escasez relativas, el recurso natural irá subiendo en "valor", su apreciación o valorización estará garantizada.

Los profesores MILLER y UPTON (1991) **(71)** usaron series de tiempo para comprobar la trayectoria de los precios de los recursos naturales con resultados poco concluyentes.

FEIGE y GEWEKE (1979) (34) así como HEAL y BARROW (1980) (41) y SMITH (1981) (99) han realizado intentos para verificar la "Regla o Principio de Hotelling" mediante pruebas directas entre las tasas de interés y las tasas de crecimiento de los precios de recursos naturales. FEIGE y GEWEKE explican en los siguientes términos los resultados no satisfactorios obtenido: " Es bien sabido que los datos históricos de los precios...no está 'bien' (*s/c*) en el sentido de que existe alguna razón para pensar que pueden haber considerables errores de medición...Y para el componente de costos marginales de extracción de los precios netos, por lo general no existen series de tiempo".

MILLER y UPTON (1991) propusieron otra estrategia basados en el llamado "Principio de Valorización de Hotelling", el cual señala que si la senda de los precios de recursos naturales, menos los costos marginales de explotación, sigue la "Regla de Hotelling", el "valor" de las reservas en cualquier yacimiento de recursos naturales operativo y óptimamente gerenciado, dependerá de los precios y de costos de extracción del periodo corriente, sin importar cuándo se inicie la explotación del recurso natural. Ellos contrastaron esta proposición "regresionando los valores de mercado de las reservas de una muestra...contra sus valores de Hotelling estimados en varios puntos, en el periodo que va desde 1979 a 1981. Los valores del mercado están basados en los precios de mercado del stock para las acciones de la firma ajustados por las obligaciones y propiedades... Los valores de Hotelling están basados en estimados de los precios de pozos de petróleo, de los costos de extracción y estimados de las reservas generados como un derivado de los requerimientos de reportes financieros de la Comisión de Valores y Títulos..." (71, pag. 108).

La estrategia propuesta por MILLER y UPTON no es del todo concluyente, a pesar de que reformulan la ecuación básica de Hotelling, mediante un sistema de ecuaciones diferenciales (1) donde el valor presente descontado de los beneficios es:

$$V_0 = \sum_{t=0}^{N}\left[\frac{p_t\, q_t - C(q_t, Q_t)}{(1+r)^t}\right]$$

tal que

C_t son los costos totales $C_t(q_t, Q_t)$

q_t es la tasa corriente de extracción

$Q_t = \sum_{s=0}^{t} q_s$ es el nivel de extracción acumulado

$\frac{\partial C_t}{\partial q_t}$ debe ser positiva porque los costos de extracción en el periodo t aumentan con el monto a ser extraído; y positiva si las reservas adicionales son crecientemente costosas de extraer.

p_t es el precio de mercado del producto exógenamente dado en el periodo t

r es la tasa de interés

N es fecha conocida donde se asume con seguridad de que la producción ha terminado.

V_0 se maximiza sujeta a la restricción **(2)**: $\sum_{t=0}^{N} q_t \leq R_0$

donde: R_0 son las reservas totales del recurso natural y la desigualdad expresa que las reservas son en principio una cantidad económica, no un dato tecnológico, de manera que no será óptimo extraer todas las reservas del recurso natural.

La condición de primer orden para la maximización de beneficios en cualquier periodo es **(3)**:

$$(p_t - c_t)\left(\frac{1}{1+r}\right)^t - \sum_{s=t}^{N}\left(\frac{\partial C_s}{\partial Q_s}\right)\left(\frac{1}{1+r}\right)^s = \lambda \quad \text{tal que} \quad t = 0,1,..,N$$

donde:

$c_t = \partial C_t / \partial q_t$ es el costo marginal de extracción en el periodo **t.**

λ : es el multiplicador de Lagrange en la restricción ya explicitada.

Con la finalidad de simplificar la formulación, MILLER y UPTON consideran el caso especial de una función de producción con costos de extracción por unidad de producto independientes del producto acumulado, de tal modo que $\partial C_s / \partial Q_s = 0$. Luego la condición de primer orden se reduce a **(3')**:

$$(p_t - c_t)\left(\frac{1}{1+r}\right)^t = \lambda \quad \text{para todo} \quad t = 0,1,\ldots,N$$

En un programa de producción óptimo bajo la estructura de costos asumida, el valor presente neto del precio neto por unidad de producto debe ser el mismo sin importar cuándo se produce. Resolviendo el sistema de ecuaciones diferenciales expuesta se obtiene **(4)**; el conocido Principio de Hotelling:

$$(p_t - c_t) = (p_0 - c_0)(1+r)^t \quad \text{para todo} \quad t = 0,1,\ldots,N$$

Esto es, la producción intertemporal eficiente de un recurso natural implica que el precio real del recurso, neto de los costos marginales de extracción, crece en el tiempo a una tasa igual a la tasa de interés real.

Bajo el supuesto adicional de retornos constantes a escala, tanto en la extracción corriente como en la acumulativa, la expresión de valoración **(1)** toma una forma bastante simple: El costo marginal es entonces igual al costo medio de tal modo que la sustitución de **(4)** en **(1)** da el valor presente de las reservas totales **(5)**:

$$V_t = (p_t - c_t)\sum_{i=0}^{N} q_i = (p_t - c_t)R_t$$

La expresión **(5)** es un caso particular del Principio de Hotelling; es un corolario, donde se asume que si los precios de los productos naturales, netos de los costos de extracción, el valor de las reservas totales dependen solamente del precio spot corriente por unidad, neto de los costos de extracción corrientes. En palabras de sus autores "...El Principio de Valoración de Hotelling no puede ser más simple: dice, en esencia, que el valor de una unidad de reserva en la tierra es el mismo que su valor corriente sobre la tierra menos el costo marginal de extraerla". (pag. 135).

MILLER y UPTON concluyen que "...El poder explicativo del Principio de Valoración de Hotelling, en presencia de una variedad de especificaciones alternativas de las variables y de las ecuaciones que sirven para hacer la prueba, y las mediciones de Hotelling parecen (sic) ser mejores indicadores del valor de mercado del stock de las propiedades..." (pag. 108).

3.2 OBSERVACIONES PRELIMINARES

1. Tanto Hotelling como los actuales académicos que han desarrollado sus postulados, no explican por qué el valor de un capital monetario en un momento dado se mide en el mercado de capitales en base a la tasa de interés que él ***realmente*** produce; mientras que el precio de un lote de tierra se mide en base a la renta territorial que él ***puede*** producir. ¿Por qué es insensato aquel capitalista industrial que en lugar de explotar su empresa, lo deja inoperante, mientras que no es absurdo que los propietarios terratenientes dejen sus tierras inoperantes cuando la renta sube, siendo ventajoso evitar la explotación de un recurso natural?.

2. La investigación establece un ruta diferente a la metodología establecida en el "Principio de Hotelling" para evaluar la asignación eficiente de recursos naturales, y a la metodología propuesta por los representantes de la escuela marginalista del valor. No como arbitraje entre el uso del recurso como depósito de valor (Stock) y el uso del recurso como generador de ingresos (Flujos), sino como un recurso productivo cuyo precio está definido por la renta de la tierra, la tasa de interés, el capital efectivo anticipado para su explotación, entre otros. Partiendo del origen del precio de los recursos naturales en la economía

capitalista, se evalúa la asignación de recursos naturales ambientales al proceso productivo agrario mediante una relación econométrica entre el Indice Ambiental, determinado a partir de los Componentes Principales desarrollados por HOTELLING, y los rendimientos productivos agrícolas (Kg/Ha) de una serie de cultivos obtenidos en particulares microclimas.

3. Existe en la formulación inicial de Hotelling una confusión entre lo que es precio de mercado, precio de producción y valor de un recurso natural devenido en bien o mercancía por la lógica del mercado contemporáneo. La valorización de un recurso natural es confundido con el precio de dicho recurso, no precisando u ocultando la fuente de tal precio o de tal "valor". La denominada "Renta de la Escasez" pretende ocultar la naturaleza del precio de un recurso natural y el origen de la respectiva renta de la tierra en el modo de producción capitalista.

4. El enfoque valor-trabajo discrepa con la metodología de los académicos de la economía de los recursos naturales, porque no refleja los requisitos epistemológicos de un enfoque realista, dialéctico sistémica de la economía. La economía convencional se basa en las propiedades newtoninas de un universo atomista, en el que el movimiento de los precios comprende en sí mismo toda la información y encapsula la tendencia natural al equilibrio.

5. La idea de una sociedad de ***laissez faire*** que tiende a la convergencia y la armonía, tal como lo escribe Mandeville en su "Fábula de las abejas", queda cuestionada por la persistencia de conflictos políticos y luchas sociales. Muchos investigadores han orientado sus trabajos a perfeccionar técnicas derivadas del análisis de desviación de tendencias y al tratamiento de los datos de manera que las series estadísticas puedan descomponerse en tendencias. Hay razones fundamentales para preferir el enfoque valor-trabajo a tal análisis.

6. Los cambios abruptos de tiempo en tiempo en la curva del desarrollo económico bajo impacto de acontecimientos exógenos no debe conducir a endogenizar todos los factores políticos; es decir, ignorar la autonomía de los procesos sociales en relación con la esfera económica. Lo que determina fases ascendentes o descendentes en las variables económicas, que son cambios importantes en la tendencia de la economía, son los acontecimientos políticos y sociales importantes (exógenos). Durante la maduración de las condiciones sociales de cada periodo, los factores políticos se subordinan a la dinámica global, hasta que las contradicciones internas provocan una nueva ruptura en el "equilibrio inestable".

7. Las contradicciones internas del modo de producción capitalista son la causa de la inflexión de la expansión a la depresión, pero las nuevas fases de expansión sólo pueden

ser el resultado de crisis sistémicas, es decir, del efecto de factores exógenos actuando a todos los nivele e la economía.

8. Como toda teoría científica, el enfoque valor-trabajo se interesa ante todo en las relaciones entre conceptos (el valor, la plusvalía) y no entre cosas (los precios, los beneficios); se eleva de lo abstracto (que es fácil) a los concreto (que es complicado, porque es síntesis de una multiplicidad de determinaciones).

9. Hotelling confunde precio con valor, hecho que está lejos de ser trivial y que ha sido objeto de estudios considerables. La propia "transformación" de valor en precio, si fuera formalizable y contener una parte no lineal, pude contener caos, o sea, ser no predictiva aunque sea determinista. Así, lo que alimenta la decisión de empresarios capitalistas no son consideraciones sobre conceptos, sino precios reales o negociados. Esta "verdad" sin embargo, no cuestiona la validez de la teoría del valor-trabajo, porque aunque no hubiera todavía una formulación preventiva, no sufriría un cuestionamiento a su estatuto de ciencia más que la hidrodinámica, resueltamente incapaz de prever la trayectoria de una brizna de paja en un torbellino. La Teoría del valor-trabajo permite una inteligibilidad de los fenómenos económicos, lo cual es una noción diferentes que la predicibilidad.

10. La metodología clásica de descomposición estadístico matemática de series se origina con las técnicas de Ragnar Frisch, que en un texto pionero de 1933, definió un modelo que incluía un sistema impulsivo (los choques aleatorios o no sistemáticos) y un sistema de propagación (que representaba la conducta sistemática de un mecanismo amortiguador). Para poder eliminar las desviaciones excesivas provocadas por variables exógenas como crac bursátil o guerras en las series reales, los investigadores que hacen uso de esta técnica se ven obligados a considerar equivalentes estos acontecimientos con las fuerzas aleatorias y externas citadas. Lo que, naturalmente, es justo lo contrario de declarar que esos procesos son mera consecuencia de la actividad económica.

11. En la epistemología positivista, implícita en la estadística matemática contemporánea, la causalidad es definida en relación con las fuerza exógena más cercana y, por lo tanto, las crisis, las guerras y los conflictos sociales deben ser considerados los mejores candidatos para la variable explicativa central y no ser ignorados. Desde este punto de vista hay una contradicción entre los modelos de la economía habitual que refiere la causalidad a los mecanismos endógenos generales de equilibrio, es decir que no generan acontecimientos en absoluto, y la aproximación positivista del programa, que refiere la causalidad a las variables exógenas.

12. La metodología del presente trabajo sugiere una vía para superar esta observación: la teoría del valor-trabajo, la precisión de las herramientas que la ciencia en general y la

ciencia económica en particular, puntualmente la rama de las técnicas cuantitativas. Se rechaza la búsqueda de una certeza basada en los poco eficaces intentos de probar estadística y matemáticamente lo que la estadística matemática tradicional no puede reconocer. Esto conduce a una metodología articulada en el concepto de "variables parcialmente independientes (autónomas)", que reconocen a priori una realidad concreta, que expone o considera las variables básicas del modo de producción capitalista.

3.3 TEORIA DEL VALOR-TRABAJO

3.3.1 FUNDAMENTOS METODOLOGICOS Y EPISTEMOLOGICOS

La Teoría del valor-trabajo comienza analizando un periodo social económicamente dado y no al individuo (o a Robinson Crusoe). La categoría "hombre" no tiene en general ninguna necesidad. Si es el hombre que se enfrenta individualmente a la naturaleza, no debe entenderse como un animal gregario. Si es un hombre que se puede encontrar en cualquier forma de sociedad, ha de tomarse como punto de partida el carácter determinado de este individuo social, o sea, el carácter determinado de la comunidad donde vive, puesto que en este caso la producción, o sea, el proceso de ganarse la vida, ya tiene algún carácter social.

Desde un principio, las relaciones del ser humano con la naturaleza son prácticas; relaciones fundamentales por la acción y no relaciones teóricas. Los seres humanos de ninguna manera empiezan por estar es una relación teórica con las cosas del mundo exterior. Empiezan como todo animal, por comer, beber, etc.; luego, no están en una relación teórica sino que se comportan activamente para apoderarse de ciertas cosas del mundo exterior mediante la acción y con el fin de satisfacer sus necesidades. Es decir, empiezan por la producción.

La Teoría del valor-trabajo considera el trabajo como elemento básico de la sociedad humana; elemento cuyo desarrollo determina, en última instancia, el desarrollo de la sociedad. La actividad laboral de las personas se halla constantemente en un proceso de cambio y de desarrollo, a veces más veloz, otras más lento. Para periodos históricos diferentes tiene un carácter diferente. El proceso dinámico de cambio y de desarrollo en la actividad laboral humana supone cambios de dos tipos:

a) Cambios en los medios (instrumentos) de producción y en los métodos técnicos por los cuales el ser humano actúa sobre la naturaleza. En otra palabras, cambios en las fuerzas productivas de la sociedad.

b) En correspondencia con estos cambios, se producen cambios en toda la estructura de las relaciones de producción entre las personas, entre los participantes en el proceso social de la producción.

Las formaciones económicas o tipos de economía (como la antigua economía esclavista, la economía prehispánica, la antigua economía asiática, la economía feudal o la economía capitalista) difieren en el carácter de las relaciones de producción establecidas entre las personas. La economía capitalista, representa la unidad compleja y contradictoria del proceso tecno-científico material y de sus formas sociales; vale decir, la totalidad de las relaciones de producción entre las personas. Las actividades concretas de los seres humanos en el proceso de producción tecno-científico material presupone relaciones de producción concretas entre ellos, y viceversa.

El objetivo final de la ciencia es comprender la economía capitalista como un todo, como un sistema específico de fuerzas productivas y de relaciones de producción establecidos como un proceso histórico entre seres humanos. Para abordar este objetivo final, la ciencia debe ante todo distinguir mediante la abstracción, dos aspectos diferentes de la economía capitalista:

a) El aspecto tecno-científico o proceso material de la producción o fuerzas productivas materiales; y

b) El aspecto socioeconómico o forma social o relaciones sociales de producción.

Cada uno de estos dos aspectos de todo complejo proceso económico capitalista, es objeto de una ciencia o de una disciplina distinta pero interrelacionada. A saber:

1. La **ciencia de la ingeniería social**, de la ingeniería **o de técnicas cuantitativas**, que se halla aún en estado larvario y que debe convertir en objeto de su análisis las fuerzas productivas materiales de la sociedad en su interacción con las relaciones de producción.
2. La **ciencia de la economía política teórica**, que trata de las relaciones de producción específicas de la economía capitalista en su interacción con las fuerzas productivas materiales de la sociedad.

En una economía mercantil-capitalista las relaciones de producción necesariamente adquieren una forma material y sólo pueden realizarse bajo esta forma. Las relaciones laborales de producción necesariamente adquieren la forma del valor de las cosas, y sólo pueden aparecer bajo esta forma o envoltura material. El trabajo sólo puede expresarse en valor. Por ello **el punto de partida de la investigación es el trabajo y no el valor**; no son las transacciones del cambio en el mercado tomadas en sí mismo, sino la estructura de producción de una concreta sociedad mercantil-capitalista; la totalidad de la producción establecida por seres humanos. Las transacciones del cambio mercantil son entonces la consecuencia necesaria de la estructura interna de dicha sociedad; uno de los aspectos del complejo proceso social de la producción.

La Teoría del valor-trabajo no se basa en un análisis de las transacciones de cambio como tales en su forma material, sino en el análisis de esas relaciones sociales de producción expresadas en las transacciones. Todos los conceptos básicos de la economía política expresan por tanto relaciones sociales de producción demostrando que:

1. El Valor es ante todo una relación social entre personas.
2. El Valor asume una forma material.
3. El Valor se relaciona con el proceso de producción.

A primera vista, el Valor, como otros conceptos de la economía política, parece ser una propiedad de las cosas. Observando los fenómenos del cambio, se verifica que en el mercado cada cosa se cambia por una determinada cantidad de cualquier otra cosa, o, en las condiciones del cambio desarrollado se cambia por una determinada cantidad de dinero (oro), con el cual se puede comprar cualquier otra cosa en el mercado. Esta suma de dinero o precio de las cosas, cambia diariamente, según las fluctuaciones del mercado. Estas fluctuaciones y desviaciones diarias de los precios, si se considera en un periodo mayor de tiempo, oscilan alrededor de un nivel promedio, alrededor de un precio medio. En la sociedad capitalista, este precio medio no es proporcional al valor en trabajo del producto, es decir, a la cantidad de trabajo necesario para su producción, sino que es proporcional al llamado "precio de producción, que es igual al costo de producción de ese producto más el beneficio medio sobre el capital invertido.

La Teoría del valor-trabajo no se restringe a las relaciones de cambio entre las cosas. Esta teoría descubre las leyes del equilibrio de la distribución del trabajo tras la regularidad en la igualación de las cosas en el proceso de cambio. No se trata de un análisis de las relaciones entre el trabajo y las cosas, cosas que son productos del trabajo porque la relación del trabajo con las cosas se refiere a una forma concreta determinada de trabajo y a una cosa determinada concreta (la mercancía); esta es una relación técnica que en sí misma no es objeto de la teoría del valor. El objeto de esta teoría es la interrelación de diversas formas de trabajo en el proceso de su distribución social establecido mediante la relación de cambio entre las cosas; esto es, entre los productos del trabajo. El aspecto económico de esta teoría no analiza relaciones entre cosas, ni relaciones de personas con cosas, sino relaciones entre personas que están vinculadas entre sí a través de las cosas.

3.3.2 VALOR DE USO VALOR Y VALOR DE CAMBIO

En una estructura mercantil-capitalista, al analizar la "cosa", es decir la mercancía, la manifestación económica básica de toda producción capitalista, debe dejarse de lado todos los aspectos que no guardan la menor relación con el objeto que se analiza.

La **forma** característica en que aparece aquí todo producto del trabajo humano es el **Valor de Uso**. Pero, una cosa puede ser útil, y además producto del trabajo humano y no ser mercancía. Quien con el producto de su trabajo satisface su propia necesidad, indudablemente crea un valor de uso pero no una mercancía. Para producir una mercancía, no sólo debe producir un valor de uso, sino valores de uso para otros, valores de uso sociales. Con esto, el valor de uso (en tanto valor de uso de la "mercancía") posee por sí mismo un carácter histórico específico. En una comunidad primitiva en la que por ejemplo, se produce colectivamente los medios de vida y se repartan entre los miembros de la comunidad, el producto común satisface directamente las necesidades de cada individuo, de cada productor; el carácter social del producto, del valor de uso, radica aquí en su carácter colectivo comunal. Allí donde el Estado es productor capitalista, como ocurre en las explotaciones de minas, bosques, etc., sus productos son "mercancías" y poseen por tanto, el carácter específico de otra mercancía cualesquiera.

El análisis de la mercancía demuestra que en esta doble modalidad de la mercancía (**Valor de Uso** y **Valor**) se manifiesta el doble carácter del trabajo, del cual la mercancía es producto: del **trabajo concreto**, útil, es decir, de las modalidades concretas de los distintos trabajos que crean valores de uso; y, del **trabajo abstracto**, del trabajo como gasto de fuerza de trabajo, cualesquiera que sea el modo "útil" como se gaste, y en lo que posteriormente la teoría del valor-trabajo basa su estudio del proceso de producción.

El análisis de la mercancía demuestra que en el desarrollo de la forma de valor de la mercancía, y en última instancia de su forma dineraria y por tanto del dinero, el valor de una mercancía se manifiesta en el valor de otra, es decir, en la forma natural de la otra mercancía. El análisis de la mercancía demuestra que el propio plusvalor se deriva del valor de uso de la fuerza de trabajo, "específico" y exclusivo de ella, etc., y por tanto el valor de uso desempeña un papel importante, muy distinto del que desempeña en toda formación económica anterior.

Esto sólo es posible plantearlo allí donde se inicia el análisis de un régimen económico concretamente dado y no a partir de especulaciones abstractas acerca de los conceptos "valor de uso" y "valor". La teoría del valor-trabajo se concentra y concreta al análisis de los elementos de la mercancía.

Los valores de cambio, pues el **Valor de Cambio** sin dos por los menos no existe, representan algo común a las mercancías, algo en absoluto independiente de sus valores de uso, es decir de su forma natural, a saber: el **Valor**.

Ese algo común, que se manifiesta en la relación de intercambio o en el Valor de Cambio de las mercancías es, pues, su Valor. El valor de cambio como modo de expresión

necesaria o forma de manifestarse necesaria del valor, aunque a veces ha de considerarse independientemente de esa forma, seria peregrino pretender reducir esta "forma" a la sustancia social común: el trabajo. Ni el Valor, ni el Valor de Cambio son sujetos, sino solamente la Mercancía. Las mercancías, en la medida en que son valores representan sólo algo social, **Trabajo**, y en la medida en que la magnitud de valor de una mercancía se determina por la cantidad de tiempo de trabajo que encierra, etc., o sea por la masas normal de trabajo que cuesta producir un objetos, etc., los Valores y los Precios de Producción (los cuales expresan en dinero los costos de producción) no coinciden.

3.3.3 VALOR Y PRECIO

La **"forma" precio** no sólo admite la posibilidad de una incongruencia **cuantitativa** entre magnitud del valor y del precio, o sea, entre la magnitud del valor y su propia expresión dineraria, sino que además puede albergar una contradicción **cualitativa**, de tal modo que, aunque el dinero sólo sea la **forma de valor** que revisten las mercancías, el precio deje de ser en general la expresión del **Valor**. Cosas que en si y para si no son mercancías, como por ejemplo la conciencia, el honor, etc., pueden ser puestas en venta por sus poseedores, adoptando así, merced a su precio, la **forma mercantil**. Es posible, pues, que **una cosa tenga formalmente precio sin tener valor**. La expresión en dinero deviene aquí **imaginaria**, como lo son en ciertas magnitudes matemáticas. Por otra parte, al forma imaginaria del precio, como por ejemplo el precio de **la tierra no cultivada**, que no tiene **valor** alguno porque en ella no se ha objetivado ningún trabajo humano, puede contener una efectiva relación de valor o una relación derivada de esta.

En el comercio actual operan toda una serie de formaciones de valores de cambio, como lo sabe todo aquel que funda sociedades anónimas, todo especulador o todo ferviente apologista de la "economía casino" bursátil, etc., que nada tienen que ver con la creación de valores, aunque no pierdan de vista los valores "creados".

Para investigar el Valor debe atenderse concretamente a las condiciones de producción capitalista. Cuando sube el **Precio de Producción** del trigo a consecuencia de una mala cosecha, sube en primer término el valor de esta cosecha, ya que una cantidad de trabajo social se concreta ahora en una cantidad menor de producto. Sube aún más su **Precio de Venta**. Cuando más por encima de su valor se venda el precio de producción del trigo, más por debajo de su valor se venderán otras mercancías, ya sea en especie o en forma de dinero; y esto aun cuando su precio en dinero no descienda. La suma de valor sigue siendo la misma aun cuando aumente la expresión de toda esta suma de valor en dinero. Tal acontece si se supone que la baja de precio en la suma de las otras mercancías no cubre el precio de sobrevaloración (exceso de precio) del trigo. Pero en este caso, el valor de cambio del dinero

descenderá por debajo de su valor, por tanto, en el mismo grado. La suma del valor de todas las mercancías no sólo sigue siendo la misma, sino que incluso se mantiene igual en su expresión en dinero, si se incluye el dinero entre las mercancías.

3.4 EL PRECIO DE LOS RECURSOS NATURALES Y DEL "FACTOR" TIERRA.

Cuando el modo de producción capitalista alcanza su madurez, se impone la propiedad privada de los recursos naturales en general y de la tierra en particular. Cuando los diferentes tipos de recursos naturales bajo la intervención productiva humana producen mercancías, las diferentes posesiones o parcelas de tierra se convierten en mercancía. Si los medios de producción se transforman en capital, se intenta considerar al recurso natural tierra como capital. Ello no es verdad. A pesar de que le nombren "capital", el propietario o terrateniente no se enriquecerá un céntimo.

En el sistema económico social contemporáneo, la propiedad terrateniente se ha convertido en una particular mercancía, que tiene un precio y un valor de mercado determinado. Pero este valor obedece a leyes completamente distintas a las que regulan el valor de cambio usual. La tierra no es un producto del trabajo humano (salvo excepciones como los "poolders" holandeses, irrigaciones entre otros,); su precio no es determinado por el trabajo necesario para su producción, ni por los costos de producción, sino por la ***renta de la tierra***.

El algoritmo o "Regla de Hotelling" parece evidente porque en la sociedad capitalista el valor de un lote de tierra o de una posesión latifundista (una "cosa") es equiparado al valor de un capital (otra "cosa") que obtiene un interés igual al total de la renta del lote o posesión en cuestión. La magnitud de este capital es el valor de mercado de la tierra. Esta renta está determinado, de una parte por la suma de la renta, y de otra parte por la "tasa usual de interés".

El interés del capital es la parte de la ganancia que un empresario capitalista cede a un propietario de capital a cambio de que éste ponga a su disposición una cantidad dada de ese capital. Es la parte de ganancia que el capitalista obtiene en virtud de su derecho de propiedad, sin intervenir activamente en calidad de empresario en la industria o en el comercio. Este es el caso también del capital accionario. La forma originaria o primitiva del capital dado en préstamo y su papel al margen de la producción no interesa aquí.

De modo similar a la tasa media de ganancia, la tasa de interés tiende a nivelarse en un segundo momento. Nuevos capitales fluyen donde se paga un interés superior al promedio y se retiran de donde pagan tasas menores a la media. Por lo general, el tipo de interés, sea su tasa media o la tasa vigente en el mercado, aparece de un modo completamente distinto que una magnitud uniforme, determinada y tangible, como ocurre con la cuota general de ganancia.

La nivelación de la tasa de interés se produce más rápidamente que el de la cuota de ganancia, que se realiza por medio de transformaciones en todo el proceso de la producción nacional, por el aumento de la producción en una rama o su disminución en otra. El capital monetario posee un método más cómodo para nivelar la tasa de interés; hoy en día en segundos con la telemática. En el mercado de valores, donde las inversiones se compran y se venden, las que obtienen un interés superior a la tasa media se valorizan más y las que obtienen una tasas de interés menor se valorizan menos. Si una acción que se compra a 200 dólares obtiene un dividendo del 10% y la tasa media de interés es del 5%, puede venderse a 400 dólares, cualesquiera sea el valor de los medios de producción que ella represente. Así como una inversión de este tipo es como se considera al recurso natural "tierra", fijándose su valor de acuerdo al monto de la renta territorial que ella rinde a su propietario.

Como la tierra no tiene precio de producción, una disminución general del tipo de interés no afecta para nada a los valores de mercado de los capitales monetarios; pero modifica el de la tierra. Un lote de tierra que produce una renta de 6,000 dólares, costará 100,000 dólares si el tipo de interés es del 6%; 150,000 dólares si es del 4%. Por el contrario, sería ridículo suponer que un capital de 100,000 dólares invertidos en préstamos o acciones, que hoy rinde el 6%, pueda valorizarse en 150,000 dólares si la tasa de interés asciende al 4%. Siempre el capital será de 100,000 dólares. La disminución general de la tasa de interés aumenta el valor de mercado de la tierra, pero no del capital monetario.

Obviamente hay casos en que el capital existe como tierra en los países altamente industrializados. Ello no modifica las leyes enunciadas, sino que las complica, porque la parte del plusvalor agrícola que corresponde al terrateniente comprenderá no sólo la renta sino también el interés del capital, y el precio de la tierra comprende, además de la renta capitalizada, el interés capitalizado (el capital propiamente dicho).

Pero la tasa de interés del capital no puede por sí mismo explicar, en ningún caso, el precio de la tierra, porque también tierras en las cuales no se haya invertido ningún capital, tierras completamente vírgenes, tienen un precio cuando el modo de producción capitalista se ha extendido nacionalmente.

La industria agraria como la industria extractiva, la industria que hace uso o explota recursos naturales, es una rama especial de la producción capitalista, donde existen circunstancias especiales, influencias e intereses particulares, virtud mediante las cuales los precios de las mercancías (bienes con valor de uso y valor de cambio) realizan en su precio el plusvalor total contenidas en ellas, en vez de realizar solamente aquello que corresponde a la cuota o tasa general de ganancia; influencias a las que se debe que los precios de producción de esta clase de mercancías no desciendan lo suficiente por debajo de su plusvalor para no reportar más que la cuota general de ganancia o no rendir una ganancia media superior a la de las demás ramas de producción del capital.

El problema no consiste en saber solamente por qué en la agricultura, las minas, los pozos de petróleo, la pesca, la silvicultura, la empresa forestal, etc. hay gentes que se embolsan remanentes del plusvalor sobre la ganancia media (tasa de interés comercial), sino el saber por qué razón no habría de ocurrir esto. Si plusvalor es trabajo no retribuido; la ganancia media o ganancia normal, es simplemente, la cantidad de trabajo no retribuido que obtiene por término medio todo capital de una determinada magnitud de valor.

Hay ramas de producción en las que ciertos medios de producción natural, por ejemplo, las tierras de labor, los yacimientos mineros, los pozos de petróleo, los saltos de agua, etc., indispensables para que el proceso de producción pueda efectuarse y sin los cuales no pueden producirse las mercancías correspondientes, se hallan en manos de personas distintas del propietario o poseedor del trabajo materialidad, del capitalista.

Según la teoría del valor trabajo, la propiedad privada sobre los elementos naturales, tales como la tierra, las aguas, las minas, los bosques, los pozo de petróleo, etc., la propiedad de esos medios de producción de estas condiciones naturales de la producción, no es una fuente de la que fluya valor, ya que el valor no es otra cosa que tiempo de trabajo materialidad, ni es tampoco la fuente de que fluye el plusvalor, es decir, el excedente del trabajo no retribuido sobre el trabajo igualmente no retribuido que se contiene en la ganancia. Esta propiedad es, sin embargo, una fuente de ingresos. Es un titulo, un medio que permite al propietario de los medios de producción, en la rama de producción en que estos objetos patrimoniales de su pertenencia figuran como medios de producción, apropiarse la parte del trabajo no retribuía arrebatada a los trabajadores por los capitalistas que en otro caso ingresarían en la caja común del capital, como un superávit que queda después de cubrir la ganancia corriente. Del mismo modo que el capital aparece como fuente de valor gracias al poder que le permite arrancar a los asalariados trabajo no retribuido, la propiedad del suelo se presenta también como fuente de valor merced a la circunstancia de que permite al propietario, al terrateniente, despojar al capitalista de una parte del trabajo no retribuido (de valor) apropiado por él.

Ahora bien, los recursos naturales, en parte pueden obtenerse gratis, sin que al capitalista le cueste nada. El petróleo sí le cuesta, pero el medio ambiente, en cambio no le cuesta nada, suponiendo que alguno de sus elementos como el agua lo obtenga gratis; por ejemplo, los recursos naturales ambientales. Sus propiedades fisicoquímicas, biológicas y bioquímicas han existido siempre. Su utilidad industrial, por el contrario, es un descubrimiento científico relativamente nuevo, que el capitalista se apropia. Gracias a ella, a un manejo científico de los recursos, ha crecido la productividad del trabajo en los campos de los países altamente industrializados, y por tanto el plusvalor relativo. Gracias a los recursos naturales ambientales gerenciados tecnológicamente, es mayor la cantidad de trabajo no retribuido que el capitalista puede apropiarse en cada jornada agrícola de trabajo. La diferencia entre la fuerza productiva de los recursos naturales ambientales y de la tierra sólo radica en que una suministra al capitalista trabajo no retribuido y la otra no, toda vez que el terrateniente no despoja del trabajo no retribuido al asalariado o jornalero agrario, sino al capitalista.

La división entre recursos naturales renovables y no renovables, desde el punto de vista de la ciencia económica, sólo implica, respecto a la renta de la tierra, y por tanto al supuesto de la tasa de interés como un cuantificador del precio o del valor, lo siguiente: en la industria minera, en la pesca, en la extracción de petróleo, en la tala de bosques, siempre y cuando éstos sean silvestres, etc., en un palabra, en la industria extractiva en bruto, que no implica reproducción de especies, no intervienen, salvo las materias auxiliares, ninguna clase de materias primas, característica que no se aplica a la agricultura. En todas las ramas industriales existe reproducción, pero esta reproducción industrial no coincide con la natural más que en la agricultura; en la industria extractiva no.

En la renta agrícola, la renta es lo que se paga por el permiso de invertir capital, de producir capitalistamente en el recurso natural tierra. No acontece lo mismo, en la renta que se abona por los edificios, por una fuente natural de agua mineral, etc. En estos casos, los recursos naturales por los que se paga forman parte de la producción, como condición de ella; unas veces como fuerza de producción, otras como factores ***sine qua non***, pero nunca como el elemento de esta rama de producción concreta.

En las rentas correspondientes a las minas, pozos de petróleo, bosques y lagos, etc., la tierra es el receptáculo de los valores de uso que se trata de arrancar a sus entrañas. Se paga por la tierra, no porque ésta sea el elemento en que hay que producir, como ocurre con la agricultura, ni porque forme parte de la producción como una de sus condiciones, que es el caso de las fuentes de aguas puras, de los altos de agua, de los condominios, sino porque encierra como receptáculo los valores de uso (materias primas, capital constante circulante) que por medio de la industria se pretende extraer de ella. La renta se paga por el "uso" de recursos naturales, ya recaiga este uso sobre las "fuerzas originales" de la tierra, sobre la fuerza de la gravedad de un salto de agua, sobre un terreno para construir o ya se refiera a

tesoros escondidos en el agua o en las entrañas de la tierra. Pero, ¿De dónde proviene esta "compensación" que se abona al propietario de las tierras, bosques o aguas? Evidentemente, **no es ganancia ni interés de un capital ficticio.** Es una renta especial que se abona por una "compensación" de recursos naturales, que no contienen materialización alguna de trabajo humano.

Pero, el valor de uso no es una "mercancía", porque para ello tendría que ser a la vez "valor de cambio", es decir, materialización de una determinada cantidad de trabajo invertida en ella. Será mercancía cuando la madera, los peces, los minerales, el petróleo, sean sacadas de su encierro natural, transportada, transformada en una materia prima para ser empleada en procesos productivos industriales. Pero, ¿Cómo pueden tener precio objetos que no tienen ningún valor y cómo esto es compatible con la teoría del valor trabajo?. Lo tiene porque el posible valor de uso también es futuro valor de cambio, y cuando esta probabilidad se materializa implicará un costo de producción, una valorización o precio de producción equivalente al capital invertido (capital constante y capital variable) en su extracción y procesamiento, más la tasa de ganancia o beneficio (plusvalor) que el capitalista pretende realizar para rentabilizar su inversión.

3.5 AGRICULTURA Y TEORIA MARGINALISTA DEL VALOR

En la agricultura los riesgos y las rigideces productivas están asociadas a climas, suelos, altitudes, etc., imponiéndose las premisas de la interacción genotipo-ambiente-rendimiento productivo, asociadas a los recursos naturales, a los ambientes propios de las zonas productivas y a un ecoagrosistema históricamente determinado.

Todo análisis económico estático convencional de la agricultura conduce a ciertas condiciones que, partiendo de un mercado en equilibrio con elevados precios, considera un aumento en la población y por tanto en la demanda, que desplaza su curva hacia la derecha. Como los alimentos son bienes necesarios que tienen baja elasticidad renta, la demanda se desplazará poco en el tiempo respondiendo así a cualquier aumento en las rentas medias. Ahora bien, las estadísticas demuestran que la productividad (producción por unidad de factor) crece más de prisa en la agricultura que en los demás sectores. Históricamente, las innovaciones tecnológicas han incrementado extraordinariamente la productividad de los factores agrícolas: en 1886 el 50% de la población de los estados Unidos vivía y trabajaba en haciendas mientras que en 1986 el 3% se dedicaba a la agricultura. De esta manera al introducirse nuevas técnicas, la curva de oferta se desplazará significativamente a la derecha.

En un nuevo equilibrio entre oferta y demanda, para una estructura agraria capitalista en desarrollo, los aumentos de la oferta serán superiores a los aumentos de la demanda, producirán una tendencia decreciente de los precios agrícolas. Como la demanda agraria es inelástica y bajan los precios, las rentas agrarias caen, reduciéndose las áreas de producción

La teoría de la renta de la tierra ha sido el punto de partida de las teoría marginalistas del valor que, desde la segunda mitad del siglo XIX, intenta cuestionar la validez de la teoría del valor-trabajo en la ciencia económica.

La demanda de productos agrícolas determina en **última instancia** los precios comerciales de esos productos. Ese precio se basa en el valor de la unidad producida en aquellos campos que trabajan en la peores condiciones de productividad (precio marginal) y cuyos productos encuentran compradores. Según las fluctuaciones de la demanda este precio incorporará o no la renta absoluta de la tierra e incorporará o no una renta diferencial. Pero transformar esta teoría de la renta de la tierra en una teoría general del "valor" se basa por lo menos en dos errores:

1. Hacer abstracción de las condiciones particulares de la propiedad agraria que dan origen a la renta de la tierra. Dicha renta no surge porque el recurso natural sea un elemento base del proceso de producción agrario. Surge porque entre dicho recurso natural (tierra) y el proceso productivo se interpone un propietario (terrateniente) que reclama arbitrariamente "su pago" sobre la masa de ingresos (dinero) creados en dicho proceso de producción agrario. Para que aparezca la renta de la tierra, no sólo es necesario que la propiedad agraria sea un monopolio que los empresarios capitalistas no hayan conseguido exterminar, lo cual permite a los terratenientes impedir que los capitales invertidos en la agricultura participen de la perecuación general de la tasa de ganancia y extraer así "su ganancia"; sino que, es preciso, además, que la producción de mercancías agrarias se efectúe en condiciones particulares que escapan a la influencia del capital.
2. Hacer abstracción de las diferentes condiciones institucionales de la propiedad de la tierra, de la propiedad del capital, y de la propiedad de la fuerza de trabajo en el modo de producción capitalista. Según la teoría marginalista del valor, para "cambiar" en condiciones de igualdad tres "mercancías" diferentes cuyos precios se determinarán, con toda equidad, por el "producto o ingreso marginal", es decir, por la última unidad vendida, y por tanto la menos rentable, aparecen en el mercado tres clases de "propietarios": terratenientes, capitalistas y trabajadores (dueños de la tierra, del capital y de la fuerza de trabajo respectivamente). Pero, entre estas tres categorías de "propietarios" hay una diferencia cualitativa fundamental propio del actual sistema de producción. A saber:
   - Cuando hay una absoluta penuria de tierras, la renta de la tierra pueda aparecer y mantenerse durante un largo periodo debido a que el capital no puede multiplicar a su voluntad la extensión de las tierras cultivables o cualquier otro recurso natural. Las

importaciones de alimentos juegan un papel regulador, impidiendo que los precios de los productos agrícolas rebasen su propio valor y que los terratenientes se apropien de una parte del plusvalor producido en la industria.

- El capital suele presentarse en el mercado en condiciones de penuria relativa. Además, su propia lógica impide que una abundancia de capitales mine la valorización del capital: esto explica el lugar y función objetiva de las "crisis periódicas".
- Contrariamente, los trabajadores, "propietarios del trabajo" se ven debilitados de antemano por las condiciones de abundancia relativa en que tienen que ofrecer su mercancía (fuerza de trabajo) en el mercado. Esta abundancia (ejército industrial de reserva) no es solamente el resultado de las condiciones históricas que originan el capitalismo; es también el resultado del mecanismo de la producción capitalista, que constantemente está sustituyendo a los seres humanos por máquinas y "libera" periódicamente masas de desempleados del proceso de producción.

Las reglas de juego no funcionan en "libertad" para estos "recursos" (tierra, capital y trabajo), sino que por el contrario reducen al absurdo la idea de un intercambio de "productos marginales", debido a que los empresarios capitalistas no "trabajan" para su subsistencia, sino para la acumulación de capital. Los trabajadores no pueden dejar de alquilar su fuerza de trabajo (el día que no trabaja no come), viéndose obligado a aceptar un salario que no está determinado por la "productividad marginal del trabajo" sino por las necesidades medias de subsistencia del país y de la época en cuestión. SHUMPETER, en su monumental "Historia del Análisis Económico", señala que "...Un rasgo esencial de los esquemas Walrasianos consiste en que éstos (los servicios productivos) son todos ellos capaces de ser consumidos directamente por sus propietarios", confirmando que este esquema base de la teoría marginalista del valor, hace abstracción de la condición de propietario (para el trabajador) únicamente de su fuerza del trabajo, la cual se caracteriza por la imposibilidad de consumir su propia fuerza de trabajo en razón de que no dispone más que de ese medio de producción.

3.6 LA AGRICULTURA EN EL CAPITALISMO

En la sociedad precapitalista civilizada la agricultura representa la principal actividad económica de los seres humanos. La Renta de la Tierra constituía la forma esencial de sobreproducto social.

La naturaleza de la Renta Capitalista de la Tierra es completamente diferente porque aparece en una sociedad en que la tierra y sus principales productos se han convertido en mercancías en tanto son el resultado de inversiones masivas de capitales que deben generar un ganancia media. Al igual que en las diversas ramas industriales capitalistas, implica una separación de los productores directos de los medios de producción, aunque, para la

agricultura capitalista debe considerarse además una separación del terrateniente y del propietario de capital, de los medios de producción y del empresario granjero (farmer). Todo ello particulariza y diferencia a la ganancia o beneficio capitalista en el campo del que se realiza en la ciudad (ramas industriales o comerciales).

Al penetrar el capital en la agricultura encuentra condiciones absolutamente diferentes a los que existen en las ramas industriales o en el comercio. A saber:

1. En la industria todos los factores materiales de la producción (máquinas, materias primas, mano de obra) pueden producirse y reproducirse por el propio capitalismo. Pueden producirse mercancías a precios relativos o absolutos cada vez más bajos, incluyendo la mano de obra como mercancía regulada por el ejército industrial de reserva (desempleados).
2. En la agricultura el elemento material base de la producción, el recurso tierra, se da o se presenta en forma limitada de una vez por todas (salvo las nuevas técnicas hidropónicas y experimentos fitogenéticos recientes que no alteran el curso de la presente disertación), constituyendo por tanto un Monopolio Natural que se ha caracterizado por la penuria.
3. En la industria o el comercio, los capitales pueden entrar y salir libremente. Existe una movilidad de capitales total, salvo excepciones que no modifican el carácter del análisis.
4. En la agricultura no existe una plena movilidad del capital porque la propiedad del suelo ha sido acaparada por una clase o estamento social previo al capitalismo o que emerge del mismo capitalismo: los propietarios terratenientes que prohiben el acceso a la tierra o condicionan la participación del factor tierra al pago previo de una Renta.
5. En los inicios y desde aquel periodo de la producción capitalista agraria, la tierra representa un doble monopolio: Monopolio Natural y el Monopolio de Propiedad.

Mientras la productividad agrícola esté atrasada respecto al desarrollo de la población y respecto a la productividad industrial, quedará establecida un doble desequilibrio de los precios de las mercancías agrícolas:

a) Si toda la producción agraria es absorbida por el mercado, el precio de venta de una mercancía agraria (como por ejemplo el trigo) se determinará por las condiciones de producción de los campos o de las tierras menos rentables (debido a la fertilidad del suelo, de la intensidad productiva, de los recursos naturales ambientales, de la ubicación geográfica respecto al mercado, del impacto o costo ambiental, etc.), de manera que ese precio de venta o **precio de mercado** rebase ampliamente el **precio de producción** o costo de producción de las granjas más rentables que generaran de este modo una sobre ganancia.
b) La tierra, debido a los precitados monopolios, no participa de la perecuación de la tasa de ganancia capitalista. Incluso, para el caso arriba mencionado, tal mercancía agraria (por ejemplo, trigo) producida en las condiciones menos rentables no se venderá a su precio de

producción sino a su valor, que es por cierto superior al precio de producción, debido al retraso técnico de la agricultura en relación a la industria explicado por una débil composición orgánica del capital en la esfera agrícola.

La Renta Capitalista de la Tierra se origina en ese doble desequilibrio y sólo existe en la medida que ésta subsista. Esta renta tiene dos particulares condiciones.

a) Renta Diferencial de la Tierra.

En la industria se realizan sobreganancias cuando la productividad de una empresa es superior a la productividad media. Incluso en el caso de que esta productividad superior permita la venta de mercancías por encima de su precio de producción, conduce al descenso de los precios medios del mercado.

En la agricultura también grandes diferencias en productividades permiten a ciertas empresas y a los propietarios de ciertos terrenos realizar una sobreganancia. Pero, contradictoriamente, este sobreproducto no coincide con un descenso sino con un aumento en el precio de mercado. Si a consecuencia del crecimiento de la población, de un desastre ecológico y del retraso de la productividad agraria, la demanda de productos agrícolas rebasa la oferta, este precio seguirá estando determinado por el valor de las mercancías agrarias producidas en las peores condiciones de rentabilidad. Si el conjunto del trabajo humano empleado en la producción de víveres es trabajo socialmente necesario (mientras todos los productos agrícolas encuentren compradores) incluso las mercancías agrícolas producidas en las condiciones menos rentables encontraran un equivalente para su valor. Este valor será la que determine el precio de venta promedio de dicha mercancía. La diferencia entre este precio y el precio de producción representa una renta diferencial apropiada por el terrateniente.

Esta renta diferencial puede generarse bajo dos formas:

1. Renta Diferencial del Tipo I que es debido a la fertilidad natural, a recursos naturales ambientales, a privilegiadas ubicaciones geográficas que existen en los campos y respecto a los mercados.
2. Renta Diferencial del Tipo II que es debido a las diversas magnitudes de inversiones de capital.

b) Renta Absoluta de la Tierra.

La primera renta o ganancia adicional examinada se basa en los campos con fertilidad o con recursos naturales ambientales favorables, o en una excepcional ubicación geográfica, porque una suplementaria inversión de capitales obtiene precios de producción inferior al de las tierras menos rentables; mientras que éstas últimas determinaban el precio de mercado o de venta de los productos agrícolas. Pero, ¿que ocurre al interior de los terrenos menos

rentables?. Si el propietario (terrateniente) y el inversionista (capitalista) son la misma persona, no habrá ningún problema porque el capitalista se contentará en principio exclusivamente con la ganancia media. Pero, cuando propietario e inversionista no son las mismas personas, el obligado pago de un renta del capitalista al terrateniente es la condición previa para que dichos terrenos se incorporen al proceso de producción agraria capitalista. Mientras el precio del bien agrícola (por ejemplo, trigo) sea allí inferior o igual al precio de producción, aquellos terrenos no se incorporaran al proceso productivo, puesto que el empresario agrario sólo podría pagar la renta retirándola de su ganancia media. ¿Por qué actuar así cuando transfiriendo sus capitales a la industria o al comercio pueden realizar esa ganancia media?. Pero, desde el momento en que el precio de mercado o de venta se eleva lo suficiente como para producir una renta incluso en dichos terrenos menos fértiles o con desventajosos recursos naturales ambientales, se iniciará su explotación.

¿De dónde procede esta renta absoluta que aparece en los terrenos menos fértiles?. Procede del bien agrícola (por ejemplo, el trigo) producido en condiciones tales que no se vende al precio de producción sino a su valor. Este valor es superior al precio de producción porque, de un lado, la composición orgánica del capital es inferior en la agricultura que en la industria, y de otro lado, el monopolio de la propiedad sobre la tierra impide el libre flujo y reflujo de capitales en la agricultura evitando a los capitales agrarios participar en la perecuación social de la tasa de ganancia y abandonar una fracción de la plusvalía creada en "su" esfera en el momento del reparto general de esa plusvalía.

3.7 ACERCA DE LA "RENTA DE LA TIERRA"

Queda claro que la renta de la tierra o de los recursos naturales no es "producida" por la tierra o por los recursos naturales. Un terreno baldío, o una extensa zona de bosque natural no "produce" un átomo de renta. La renta agrícola es producida por la mano de obra empleada en la agricultura; su parte excedentaria, no remunerada, es decir, el plusvalor creado, tan igual como el que se genera en el proceso productivo industrial. Pero, este plusvalor es de un tipo particular porque no participa en la perecuación general de la tasa de ganancia, por causa de la propiedad agraria, y que suministra una ganancia adicional debida a una composición orgánica del capital más baja en la agricultura que en la industria (renta absoluta). Esta ganancia adicional se ve incrementada, por otra parte, con una sobreganancia fundada en el hecho de que todo trabajo que se suministra en la agricultura es trabajo socialmente necesario, incluso si se suministra en condiciones de productividad inferiores a las de la industria.

Para el conjunto de los capitalistas la renta de la tierra representa una doble pérdida:

1. Porque una determinada cantidad de plusvalor no participa en la perecuación de la tasa de ganancia. Como esta cantidad es producida por un capital de composición orgánica más baja que el de la industria, hubiera podido aumentar la tasa media de ganancia.
2. Porque el precio de los productos agrarios aumentan debido a que son vendidos según el valor de los bienes producidos en terrenos menos rentables. Esto impone en los salarios una base mínima más elevada de la que se establecería si se suprimiera la renta y en algún modo significa una transferencia de valor de la industria a la agricultura.

Por ello los representantes más brillantes de la escuela clásica, tales como David Ricardo y John Stuart Mill, plantearon la supresión de la propiedad privada de la tierra, porque la existencia de la renta agrícola no es sólo un obstáculo al desarrollo óptimo del capitalismo en general, sino porque frena el desarrollo de las relaciones de producción capitalistas en el campo: la renta apropiada por los terratenientes que no explotan sus propiedades es sustraída de la agricultura capitalista y no es reinvertida. El ritmo de acumulación del capital es inferior en la agricultura que en la industria. Esto determina una productividad de trabajo muy inferior en la agricultura respecto a la industria.

El capitalismo ha incorporado a la agricultura como rama productiva a través de un proceso complejo caracterizado por un desarrollo desigual y combinado. En los Estados Unidos de Norteamérica donde hacia 1886, el 56% de la población vivía y trabajaba en haciendas, para 1996 sólo el 3% se dedica a esta rama productiva, lo cual representa a su vez el 20% de los trabajadores del sector privado.

La denominada globalización, el nuevo ordenamiento y reparto del mercado mundial, los avances científicos del último cuarto de siglo y las permanente innovaciones tecnológicas exacerban la competitividad y "valorizan" (otorgando precios) factores o bienes que antes eran considerados gratuitos e inagotables.

La introducción del "costo ecológico" o del "impacto ambiental", es una nueva característica del capitalismo de este último cuarto de siglo, que alteran los costos de producción afectando la tasa media de ganancia, restando capacidad competitiva a las empresas, cualesquiera sea su rama productiva. La economía de los recursos naturales en general y de la economía ambiental en particular, cobran inusitada vigencia porque están referidas, como lo sostuvo audazmente Hotelling en 1931, a generadores de flujos o ingresos (rentas) y a depósitos de "valor", analizados en su contexto histórico-económico líneas arriba. En este contexto surge una contradicción entre la viabilidad del capitalismo y los recursos naturales que compromete la supervivencia del planeta y la calidad de vida de los seres humanos; es decir, surge una confrontación entre rentabilidad y sustentabilidad.

Hasta el presente el capitalismo ha impuesto la rentabilidad sobre la sustentabilidad, en tanto la sobreexplotación de los recursos naturales y la destrucción del medio ambiente no afecte los costos reales de producción de la agricultura convencional, quedando transitoriamente cuestionada la viabilidad de una agricultura sustentable en armonía con la naturaleza.

Embrionarias manifestaciones de esta contradicción fundamental entre capitalismo o barbarie, entre rentabilidad y sustentabilidad, lo constituyen los mercados paralelos que existen en los países altamente industrializados: mercancías agrícolas de huertos ecológicos y mercancías agrícolas masivamente producidas utilizando abonos sintéticos, pesticidas, colorantes, etc. Los precios de los primeros duplican o triplican en muchos casos a los segundos. El fundamento Fitobiológico y su conexión económica se expone a continuación.

3.8 INTERACCION BIOMETRICA-ECOAGRONOMICA:

3.8.1 FENOTIPO AMBIENTE Y PRODUCCION AGRARIA

La evaluación de la producción agraria está intrínsecamente relacionada con la interacción Cultivo-Medio Ambiente, que a su vez tiene, en última instancia, su referencia en las interacciones Genotipo-Ambiente. Dicha interacción define o explica, en última instancia, la eficiencia de los recursos naturales ambientales en diversos cultivos para un ecoagrosistema o microclima dado.

Cuando diversas variedades de cultivos son comparadas sobre una serie de ambientes o de microclimas, sus respectivos rendimientos productivos usualmente difieren ocasionando dificultades en la comprobación de la superioridad de cualesquiera de ellos. Estas interacciones están usualmente presentes ya sea en variedades puras, en cruces simples, en híbridos de cruces dobles o en cualquier otro material con el que los agricultores puedan estar trabajando.

Muchas veces el mejoramiento agrícola está orientado a incrementar características de expresión compleja tales como rendimiento, calidad y sus componentes. Estos atributos se inscriben típicamente dentro de los llamados "caracteres cuantitativos", los cuales están estrechamente ligados al concepto de variable cualitativa desde el punto de vista estadístico porque se refieren a aquellos atributos que se describen mejor por su medida en escala apropiada. En consecuencia, se les expresa en unidades de medición como gramos, centímetros, horas, centímetros cuadrados o cúbicos, atmósferas, etc.. Aunque

conceptualmente esta escala de medición es continua, tal proposición en la práctica no pasa de ser la mera expresión de un anhelo. En la vida real, la escala continua está sujeta a la discontinuidad que impone el instrumento utilizado en la medición. La sensibilidad de un instrumento dado puede de por sí conferir el carácter de cuantitativo a la expresión del atributo en cuestión. Por ejemplo, las plantas pueden ser calificadas en función de su altura en "altas" o "bajas", o bien la altura puede medirse con una escala en centimetros. En el primer caso sólo se describe la cualidad de la expresión, en tanto que en el segundo, se expresa la cuantificación del atributo. De esta manera, la sensibilidad del instrumental elegido para la medición depende del alcance y de los objetivos de la investigación.

Las características que tienen mayor importancia desde el punto de vista fitotécnico pueden evaluarse con más eficacia en una escala continua: el rendimiento por plantaciones, las longitudes de sus espigas, sus superficies foliares; el volumen de sus frutos, el contenido de proteínas, de aceites, de azúcares, etc.. Por otra parte, es posible investigar ventajosamente muchas otras características que se describen como variables discretas, pero que expresan cantidades, tales como el número de macollas por plantas, de lúculos por frutos, de granos por vainas, etc., utilizando procedimientos que son más propios de las variables continuas, como por ejemplo, la distribución normal.

Convencionalmente los caracteres cuantitativos se han asociado con los sistemas genéticos poligénicos. Según esta concepción clásica, en la variación de los caracteres cuantitativos influirían la acción la acción simultánea y conjunta de un gran número de genes (se sugiere decenas y hasta cientos de genes), los que actuarían aditivamente sobre la expresión, aunque con aportes individuales de magnitud reducida. Muy a menudo dichas magnitudes atribuidas al efecto individual de los genes por ser tan pequeñas se confundirían con los efectos ambientales concomitantes con la expresión y/o con los efectos del error de la medición.

Sea cual fuese el mecanismo genético de la expresión de los caracteres cuantitativos de mayor interés, es claro también que, salvo circunstancias excepcionales, tales atributos no pueden se investigados con los métodos utilizados por la genética clásica para determinar los caracteres cuantitativos. En consecuencia, tal como lo sostiene MARIOTTI (1986) **(68)**, deberá recurrirse a la aproximación biométrica con el fin de describir mediante parámetros estadísticos, en correspondencia con modelos genéticos apropiados, posibles mecanismos alternativos para expresarlos. Tal aproximación podrá servir de base para proceder al diagnóstico de la situación que el gerente de una empresa agrícola, un técnica agrario, un fitomejorador o el agricultor moderno afronta; asimismo, servir para pronosticar la acción del agricultor en materiales que buscan la eficiencia de los recursos naturales ambientales en cultivos que posean calidad competitiva.

3.8.2 ADITIVIDAD LINEAL EN MODELOS BIOMETRICOS DE EXPRESION FENOTIPICA

El "fenotipo" es la expresión última del "genotipo", en consecuencia, es el objeto de la medición y base misma de la selección. En una interpretación simplificada del fenotipo, BAIHAKI (1965) **(7)** sugiere que éste es la resultante de efectos conjuntos (e idealmente independientes) del genotipo y del ambiente, lo cual, en el supuesto de que no se cometan errores en la medición, puede representarse mediante el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + E_j$$

donde:

Y_{ij} : expresión del fenotipo en estudio.

G_i : efecto del genotipo "i" (o su capacidad expresiva potencial).

E_j : efecto modificador del ambiente "j" en el que se expresa el genotipo.

μ : valor esperado de los "k" genotipos que conforman la población en estudio mediante los "r" ambientes de expresión.

I = 1, 2, ..., k genotipos.

J = 1, 2, ..., r ambientes.

Nota: la suma de los efectos genotípicos G_i como asimismo la suma de los efectos ambientales E_j debe ser igual a cero, porque se expresan en forma de desvíos respecto del parámetro μ.

Sin embargo, este modelo resulta insuficiente para describir los efectos que determinan la expresión fenotípica porque excluye deliberadamente el error, aunque no lo desconoce. No en vano el tratamiento de los errores en la medición constituye un vasto capítulo de la estadística. El error está de hecho implícito en la expresión fenotípica y alberga todas aquellas causas sistemáticas de la variación que no se han podido identificar en el modelo descrito. Entre las causas más frecuentes de error se suele citar la heterogeneidad ambiental, suelos, manejo experimental de materiales, precisión de los instrumentos utilizados en las mediciones, la capacidad discriminatoria del observador y una serie de interacciones no controladas (exógenas).

BUCIO-HILL (1966) **(13)** opina que una aproximación más ajustada a la expresión fenotípica reconoce la necesidad de complementar el modelo arriba descrito con algún componente que permita obtener respuestas específicas a los ambientes de expresión, denominándose dicha expresión "Interacción Genotipo-Medio Ambiente", donde los efectos del recurso natural ambiental y de la interacción genotipo-ambiente pueden referirse a los efectos macroambientales como localidad o zona agrícola, años, o, a los efectos

microambientales, como efectos de posición en el soporte. Al respecto, una de las peculiaridades ambientales típicas en el Perú, resultan ser los "microclimas", extensamente tratados en nuestra literatura agraria contemporánea. De acuerdo a este criterio se obtiene un modelo tal como:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + E_j + GE_{ij}$$

donde:

E_j : efectos del medio ambiente

GE_{ij} : interacción Genotipo-Ambiente

De otro lado, el agricultor moderno se interesa en lograr los mejores cultivos y las mejores variedades identificando los mejores genotipos en la población en concordancia con su objetivo de selección, por ejemplo, el rendimiento. Esta elección debe fundamentarse en expresiones fenotípicas cuya integración a partir de los efectos genotípicos y ambientales se desconoce y que incluyen errores de medición de magnitud y de naturaleza también desconocidos.

La selección de los mejores fenotipos de la población implica no sólo la probable selección de los mejores genotipos sino también la de los mejores ambientes de expresión, como por ejemplo efectos microambientales asistemáticos, y la de las interacciones de genotipos y ambientes particulares favorables. Esto es importante porque en caso de no hacerse, puede utilizarse procedimientos selectivos que resultarán poco eficaces y hasta incompatibles con los objetivos económicos al efectuar la selección.

Evidentemente, los modelos propuestos están sujetos a la posible fragilidad de los procedimientos utilizados en el estudio, porque la selección de variedades se realiza en una fracción de la población, en una circunstancia ambiental definida por la localidad y en un año determinado, la mayoría de las veces sin réplicas del material (tamaño muestral) o bien con un número muy limitado de éstas. En la expresión final del fenotipo puede reconocerse un efecto de localidad y de temporada agrícola, además del error de la medición. En estos casos el efecto temporada agrícola incluirá en el modelo aditivo no sólo los aspectos del clima particular de la temporada, sino otros componentes como suelo, vientos, radiación solar, manejos del agua, etc. En tales situaciones los fitomejoradores proponen el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + G_i + L_j + \frac{A_k}{L_j} + GL_{ij} + \left(\frac{GA}{L}\right)_{ij} + \varepsilon_{ijkl}$$

donde:

Y_{ijkl} : expresión fenotipica del genotipo i, en la localidad j, en la temporada k, para la i-ésima medición.

A_k / L_j : efecto particular de la temporada k dentro de la localidad j.

GL_{ij} : interacción genotipo i con la localidad j. Constante para esa localidad durante la temporada de observación.

$(GA / L)_{ik}$: interacción del genotipo i con la temporada agrícola k dentro de la localidad j.

Basados en un estricto control experimental y una notable homogeneidad anual de los factores del clima en la localidad de selección, fitomejoradores como CASLER (1982) (18) han determinado un despreciable efecto A_k / L_j, así como un insignificante efecto de interacción $(GA/L)_{ik}$. Asumiendo error despreciable ($\varepsilon_{ijkl} = 0$), la eficacia de la selección del genotipo G_i mediante la expresión fenotipica Y_{ikj}, dependerá en gran medida del grado y naturaleza de los efectos GL_{ij}; es decir, la magnitud de este componente puede conducir a la elección de genotipos de amplio o de restringido espectro de adaptabilidad. El éxito de la selección dependerá en cualquier caso del grado de representatividad en la localidad de selección del rango agroecológico en donde deberá desarrollarse el cultivo de las nuevas variedades fitotécnicas. Siguiendo esta recomendación, la prueba del modelo se realiza en la zona del Valle del río Cañete por exhibir características particulares que se describe en el segundo capítulo.

El tema de adaptabilidad de un cultivo que expresa a través de los rendimientos productivos (Kg/Ha), la eficiencia administrativa de los recursos naturales ambientales, las condiciones más usuales en la selección de plantas o de cultivos, la expresión fenotipica final, especialmente en el caso de los caracteres cuantitativos, pueden llegar a distorsionar de manera significativa la verdadera capacidad del genotipo. La ocurrencia de interacciones Genotipo x Ambiente, en cuanto a la expresión de las caracteristicas de selección, indica la incidencia de mecanismos genético-fisiológicos alternativos en la secuencialidad de los procesos que, en última instancia, determinarán la expresión fenotipica. Así, un idéntico fenotipo puede resultar a partir de genotipos bien diferentes en cuanto a su capacidad expresiva potencial. Del mismo modo, idénticos genotipos pueden conducir a expresiones fenotipicas muy diferentes ante la incidencia de varios componentes ambientales (factores del clima, edáficos, competencia, etc.). Por ello, la importancia de un modelo aditivo lineal que contenga como variable fundamental las condiciones o particularidades de los recursos naturales ambientales.

4. NATURALEZA DE LA INVESTIGACION

SCHAEFER M.B. (1954, 1957) (95) es señalado como el pionero en modelos económicos de recursos naturales renovables, destacando por su originalidad de interrelacionar modelos biológicos (cardúmenes de pescados) con principios económicos. CLARK -MUNRO (1975) (21) enfatizan la proximidad de dicho modelo con la moderna teoria del capital, que se asemeja a un modelo de crecimiento económico donde se incluye un proceso de regeneración natural, llamado "ley del crecimiento biológico". SCOTT G. (1962) (97) señala en su articulo "La Teoria Económica de un Recurso de Propiedad Común", publicado en Journal of Political Economy "Debido a una falta de investigación económica teórica, los biólogos se han visto forzados a extender sus miras a la esfera económica, y en algunos casos han penetrado más profundamente de lo imaginado dada la carencia de herramientas analíticas de teoría económica..."

COMSTOCK-MOLL (1963) (22) demostraron estadisticamente el efecto de larga interacción Genotipo-Medio Ambiente en la progresiva reducción de una selección de variedad cultivar dada. Así, la estratificación de ambientes o de microclimas ha sido tradicionalmente usada para reducir la interacción Genotipo-Ambiente.

Esta estratificación está usualmente basada en diferenciaciones macroambientales tales como gradientes de temperaturas, distribuciones pluvionales, tipos de suelos, radiación solar, etc. Sin embargo, acompañado con este refinamiento técnico, las interacciones Genotipos-Localidades en una subregión y con ecoagrosistemas superpuestos en una misma localidad para diferentes años resultaron ser frecuentemente amplios. ALLARD-BRADSHAW (1964) (5) clasificaron como impredecible la variación ambiental, motivo por el cual las estratificaciones no resultaron ser tal efectivas, concluyendo que mediante la estratificación ambiental pueden esperarse sólo pequeños progresos adicionales en la reducción de las interacciones Genotipo-Ambiente.

Eficiencia en la administración de recursos naturales ambientales (es decir, adaptabilidad o estabilidad ambiental) está referida a la habilidad de cultivos para sobrevivir y reproducirse en diversos y variados microclimas. Asignación eficiente de recursos naturales ambientales, una amplia adaptabilidad o estabilidad con cultivos mejorados, significa más que la amplia adaptación natural, porque hay de por medio una expectativa definitiva de rendimiento cultivar (Kg/Ha) en relación al valor del medio ambiente o del agroecosistema; es decir, significa el incremento competitivo y de calidad en la producción agraria (rendimiento productivo) en general.

De otro lado, el rendimiento productivo de diversos cultivos en diversos microclimas es un importante criterio para evaluar la asignación eficiente de recursos naturales ambientales en tales cultivos. La medición de los rendimientos, comúnmente usados en las consultorias, es un promedio de los rendimientos por cultivos obtenidos en un limitado número de ambientes o de zonas agrarias para un determinado horizonte temporal medido en años.

La tecnologia de una moderna agricultura demanda más que cultivos con satisfactorios rendimientos. Son deseables cultivos que no solamente posean la habilidad de tomar ventajas de un microclima o de un favorable ambiente local, zonal o regional, sino también rendimientos (Kg/Ha) razonablemente buenos en ambientes adversos. La experiencia de Israel resulta aleccionadora en los tiempos modernos, tanto como lo fueron para el Perú sus resultados fitogenéticos obtenidos en épocas prehispánicas.

Medidas de rendimientos productivos agricolas (Kg/Ha) en relación al ecoagrosistema resultan ser medidas de asignación eficiente (amplia adaptabilidad) de recursos naturales ambientales y pueden ser usadas como criterios adicionales para evaluar cultivos y recomendar inversiones con bajos riesgos y elevados beneficios para el agricultor moderno, centralizando a la vez la variabilidad de rendimientos en zonas y transfiriendo agrotecnologia a otros agroecosistemas sin reiterar extensivas y costosas experimentaciones.

5. EFICIENCIA PRODUCTIVA DE RECURSOS NATURALES AMBIENTALES EN CULTIVOS

Se ha destacado la interacción entre los recursos naturales ambientales y la estructura botánica o biológica básica de los cultivos expresados en sus rendimientos productivos Kg/Ha. Tal interrelación afectan la curva de oferta de los cultivos. La moderna producción agricola es influenciada grandemente por el medio ambiente. En los paises altamente industrializados reducciones en las concentraciones de ozono y en la "lluvia ácida" incrementan la producción de campos cultivados como el de la soya, el maiz y el trigo. Igualmente, reducciones en las emisiones de gases causantes del "efecto invernadero" previenen los incrementos en la temperatura y el aumento en las precipitaciones en ciertas áreas, incrementando la productividad cultivar.

La economia de los recursos naturales ha hecho hasta ahora uso de tres conceptos para medir los efectos en la producción agricola de las variaciones o cambios ambientales:

1. KANE SALLY-RELLY JOHN y TOBEY (1991) **(54)** han hecho uso del enfoque "Función del Impacto Ambiental" para traducir cambios en las condiciones de los recursos naturales

ambientales, en cambios del producto agrícola asumiendo que los agricultores no emprenden una acción para mitigar los efectos del cambio. El cambio productivo agrícola altera la curva de oferta para el cultivo en estudio, de manera que los cambios correspondientes a los excedentes del productor y del consumidor son calculados. Pero, al evaluar los efectos de los beneficios del bienestar de un cambio de oferta, se debe tomar en cuenta los efectos de los programas de subsidios de precios agrícolas porque distorsionan los precios de mercado. Ver al respecto LICHTENBERG ERIK y ZILBEKMAN DAVID (1986) **(66)**.

2. MJELDE JAMES et al. (1984) **(79)**; GARCIA PHILIP et al. (1986) **(36)** han hecho uso del enfoque de "Conducta disuasoria" que permite a los agricultores ajustarse al cambio en los recursos naturales ambientales alterando la mezcla de insumos y/o ajustando el número de acres plantados. En algunas aplicaciones estimaron una función de ganancia cuando un contaminante entra como parámetro. El valor del cambio en el recurso natural ambiental puede ser calculado directamente de la función de ganancia. Si el desplazamiento resultante en el abastecimiento es lo suficientemente grande como para alterar el precio de mercado, los efectos del bienestar de estos cambios de precios deben ser calculados.
3. ADAMS-HAMILTON- Mc CARL (1986) **(2)** han hecho uso de un modelo de programación matemática cuyos coeficientes no han sido estimados econométricamente, para hallar los efectos de cambios en los recursos naturales ambientales sobre los productos agrícolas. El efecto de los cambios del producto sobre el precio se calcula por separado.

En la agricultura capitalista los riesgos y las rigideces productivas están asociadas a recursos naturales ambientales (suelos, altitud, radiación solar, agua, etc.), los cuales condicionan los rendimientos productivos y estos a la vez la renta agraria. A diferencia de los enfoques arriba descritos, la interrelación cultivo-ambiente-rendimiento productivo es abordada multivariadamente; se requiere un desarrollo más profundo de los elementos que condicionan los factores de producción en el campo.

Cuando diversos cultivos crecen sobre un rango ecoagrosistémico, medidas de estabilidad o de amplia adaptabilidad de los bienes agrícolas a los recursos naturales ambientales pueden ser estimadas. Las técnicas más conocidas hasta el presente habian sido elaboradas, independientemente, por los profesores norteamericanos EBERHART-RUSSELL **(28)** y FINLAY-WILKINSON **(35)**, quienes a partir de modelos biométricos aditivos lineales, emplearon como indice ambiental un índice de productividad basado en el rendimiento promedio Kg/Ha de los cultivos obtenidos en cada localidad. Pero, tal índice no describia la relativa contribución e interrelación de cada uno de los factores ambientales existentes en cada localidad.

Rendimientos de cultivos, usualmente bajo la forma Kg/Ha de promedios locales han sido y todavía son ampliamente usados como indices ambientales biológicos. Pero tal índice biológico falla cuando dicho promedio local tiene que ser consistente con la metodología regresional asumida, porque no cumple con uno de los supuestos minimocuadráticos: ausencia de autocorrelación serial.

En el tradicional modelo regresional beta de EBERHART-RUSSELL, el rendimiento de un cultivo individual (variable aleatoria) es regresionado sobre el índice que basado en el promedio de los rendimientos cultivares (variable independiente) y por tanto dicha variable aleatoria resulta formando parte también del índice elaborado en base a los promedios de rendimientos Kg/Ha locales. El error de medida en la variable independiente es correlacionada con la variable dependiente.

Hasta mediados de la década de los sesenta la imposibilidad de medir cuantitativamente las complejas relaciones naturales microambientales habían forzado, más que cualquier otro factor individual, el estudio y la experimentación de la adaptación de diversos cultivos en programas de siembras en varias universidades norteamericanas.

Un índice formulado independientemente de los rendimientos logrados por las variedades cultivadas, y obtenido a partir de los propios factores ambientales tales como precipitaciones pluviales, temperatura, cientos, calidad de los suelos, radiación solar, etc. se convierte en un objetivo para muchos investigadores. Hasta inicios de la década de los sesenta el nivel de conocimiento de las relaciones de estos factores ambientales con los rendimientos de los cultivos no permitía una aproximación objetiva a tal índice y mientras no pudiera medirse tales variables ambientales en la dirección de formular una relación matemática **rendimiento cultivar - ambiente ecoagronómico**, el tradicional índice ambiental basado en el promedio de rendimientos cultivares parecía ser más que suficiente.

6. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECIFICOS

Paralelo al progreso que se obtenía en el conocimiento de las múltiples variables ambientales que influían o explicaban la variabilidad en los rendimientos cultivares, se daba inicio al desarrollo de métodos estadísticos multivariados aplicados a problemas económicos y a temas agrarios o en ecoagrosistemas. Estaba planteado el camino para superar las limitaciones del modelo tradicional, porque con las mediciones físicas de variables ambientales obtenidas para cada localidad ya se podía formular un índice ambiental haciendo uso de una metodología Multivariada-Regresional que determine un índice independiente de las respuestas de los cultivos y formulado exclusivamente a partir de las mediciones físicas del medio ambiente zonal que incide en el rendimiento cultivar.

Objetivo general : desarrollar un Modelo Económico Matemático utilizando las técnicas del análisis multivariado y del análisis regresional para evaluar el rendimiento Kg/Ha productivo-ambiental en cultivos permanentes o rotativos, tradicionales y no tradicionales, a partir de su adaptabilidad en el marco de concretas condiciones productivas. El Modelo Multivariado Regresional es validado utilizando los datos físico ambientales, de suelos, agua y de rendimientos productivos para varios cultivos obtenidos en la zona del Valle del río Cañete entre los años 1992 y 1995, verificando de esta manera la operatividad, robustez y consistencia del modelo.

Objetivos específicos son en primer lugar, la evaluación de la estabilidad productiva-ambiental de diversos cultivos en un particular ecoagrosistema mediante el empleo del análisis multivariado; en segundo lugar, analizar el efecto sobre el rendimiento Kg/Ha de cultivos tradicionales y no tradicionales por parte de un índice o ratio ambiental que tabula diferentes variables ambientales obtenidas mediante la técnica de componentes principales; en tercer lugar, calcular la regresión del rendimiento promedio de todos los cultivos en cada uno de sus ambientes sobre el ratio o índice ambiental denominado modelo de respuesta beta promedio

7. HIPOTESIS Y VARIABLES

Hipótesis general: un Modelo Económico Multivariado-Regresional que determina en primer lugar el Índice Ambiental de un ecoagrosistema, identifica los rendimientos productivos (Kg/Ha) cultivares a los que se le ha asignado eficientemente los recursos naturales ambientales (cultivos más adaptables al microclima investigado) mediante la evaluación de los coeficientes de respuesta beta de los cultivos, respecto al coeficiente de respuesta beta promedio. Cuando la diferencia esté más cerca a cero, mayor será su adaptabilidad productiva al microclima agrario en estudio, mayor será la productividad cultivar (Kg/Ha) y por ende una mayor asignación de recursos naturales ambientales.

La ***variable independiente*** estará definida por el Modelo Económico Multivariado Regresional, en tanto que la ***variable dependiente*** lo constituye los cultivos de zonas agrarias que poseen predominancia de relaciones capitalistas de producción determinadas en un rango de concretos recursos naturales ambientales determinado.

Los resultados de datos analizados en base al Índice obtenido mediante la técnica multivariada de Componentes Principales supera el tradicional modelo de respuesta beta y resulta más fácil de aplicar en las mismas situaciones generales. Los rangos de adaptabilidad y de eficiencia de recursos naturales en cultivos, obtenido mediante el modelo Multivariado

Regresional y aplicados a datos recolectados en el Valle del río Cañete, permite contrastar la hipótesis general con aquellos rangos basados en el modelo clásico mediante la determinación de su respectivo rango de correlación.

CAPITULO I

MODELO ECONOMICO

MULTIVARIADO-REGRESIONAL

1.- ELEMENTOS PARA LA DEFINICION DEL MODELO ECONOMICO

1.1 TEORIA ECONOMICA Y MODELOS MATEMATICOS

La Ciencia Económica pertenece al universo de las Ciencias Sociales. El desarrollo de las Ciencias Sociales se realiza, en la mayoria de casos, a partir de la observación empirica y no de la observación experimental de los individuos que participan de la toma de decisiones en los respectivos campos de investigación. Las Ciencias Sociales se clasifican como ciencias empiricas, en oposición a las Ciencias Naturales que son fundamentalmente experimentales, justificándose de esta manera el uso de diseños experimentales y de la cláusula ***caeteris paribus***.

Del universo de las Ciencias Sociales, la ciencia Económica ha alcanzado el más alto grado de desarrollo y fundamentación cuantitativa, dándose asimismo casos de mixtura entre observaciones empiricas y experimentales.

Un "modelo", es una versión a menor escala de algún fenómeno que constituye el objeto final de estudio del investigador. Un modelo económico matemático permite bajo ciertas condiciones un enfoque dinámico en la explicación de una realidad compleja, localizando sus sectores vulnerables, sus dependencias y dualismos; a la vez que permite participar fecundamente en la fundamentación de las predicciones científicas y en la toma de decisiones. La relación entre el modelo, la compleja realidad que pretende representar y su aplicación, ha sido bastante debatida en el mundo académico. Desde la década de los cincuenta matemáticos como el italiano GINI (1956), fundador de la Sociedad Econométrica han advertido el peligro **(37)** creado para la Ciencia Económica por las pretensiones ostentosas pero decididamente falsas que suelen formular los econometristas en cuanto a la superioridad cientifica de muchos procedimientos; GINI prevenia en defensa de la misma ciencia a la que sirvió con tanto nobleza.

Hoy en dia el éxito indiscutible del formalismo en la Economia Matemática no se debe a cierta fantasia de los matemáticos modernos; proviene de la grandiosidad de la Economia en tanto ciencia ya que ha posibilitado la incursión del más avanzado instrumental matemático en temas como Teoria de Juegos, Información Asimétrica, Expectativas, Caos.

Debido a las dificultades de la investigación empirica en Economia muchos investigadores han encontrado más cómoda la continuación del formalismo en las

matemáticas o, la sustitución de los ejercicios matemáticos en lugar de Economía. Tales preocupaciones absorbentes de las matemáticas generadas por problemas particulares son responsables en alto grado del hecho de que los economistas tiendan a olvidar que, aparte de la ingeniería económica, los modelos económicos no son mapas de la realidad, sino sólo esquemas o símiles, útiles si se manejan con la delicadeza exigida por el carácter mismo de los fenómenos económicos. Ciertamente no hay perjuicio sino ganancia en el uso del símil cuando se supone que el empresario conoce la probabilidad de cada coordenada futura del mercado. Pero, la identificación de tal símil con el comportamiento real en un mundo de pura incertidumbre, y además el uso de fórmulas de expectativas matemáticas como guía del comportamiento "racional" resulta hoy ser bastante dudoso. El formalismo ha integrado parte de la economía matemática desde su nacimiento, pero su exceso se ha vuelto alarmante en épocas recientes. Se debe asumir este nuevo reto que nos ofrecen las herramientas matemáticas en el estudio de los fenómenos económicos, con una metodología que enriquezca la Ciencia Económica y la ponga al servicio del progreso humano.

Las matemáticas pueden contribuir a la aclaración de los conceptos económicos fundamentales y a la elucidación del método de razonamiento económico. La teoría económica puede todavía desarrollarse en forma axiomática. La teoría económica matemática puede constituir una gran ventaja, y por ello en tiempos recientes la economía tiende a usar mayores y mejores instrumentos estadísticos matemáticos. Sin embargo, la economía es una ciencia empírica; el desarrollo de sus estructuras teóricas y matemáticas, como quiera que se defina, no bastan por sí solas. Debe verificarse las hipótesis económicas y también la evaluación numérica de ciertas magnitudes económicas para los fines de la política económica. La teoría económica debe utilizarse para construir modelos matemáticos que traten de verificarse, y para evaluar numéricamente ciertos parámetros que podrían tener alguna utilidad en aplicaciones a la política económica. Esto supone el empleo de métodos estadísticos para el manejo de los datos económicos empíricos, los cuales no deben emplearse ciegamente a partir de los aportes dados por la física, la biología o la agronomía. Al no poder llevarse a cabo experimentos, resulta muy difícil la separación de las complejas relaciones económicas existentes en el mundo empírico.

Se define ***econometría*** como la aplicación de la estadística matemática a modelos construidos con ayuda de la teoría de la economía matemática. Se define ***economía matemática*** como la formulación y el análisis matemático de teorías económicas. La teoría económica precede a la econometría y ha tenido un efecto profundo sobre la construcción de modelos econométricos. La economía matemática ha progresado enormemente en estos últimos años, pero este desarrollo puede resultar muy interesante desde el punto de vista meramente matemático y estéticamente satisfactorio; aunque paralelamente la economía como tal no ha podido resolver problemas substanciales y contradictorios que suscitan no pocas críticas desde diversos y antagónicos intereses y puntos de vista.

1.2 METODO CIENTIFICO Y CIENCIA ECONOMICA

¿Por qué la Ciencia Económica resulta ser tan contradictoria y polémica?. ¿Por qué los grandes avances logrados al presente por la Economía no conducen a lograr los objetivos fundamentales propuestos por esta ciencia, tales como la distribución y la asignación eficiente de los recursos que logren el bienestar general de la sociedad contemporánea?.

Tras el derrumbe del "Comunismo" ruso y de los Estados Totalitarios de Europa del Este ha resucitado el viejo Liberalismo Manchesteriano, denominado Neoliberalismo. Con él se han creado nuevos espacios para que la corriente Positivista fundada por Auguste COMTE (24), se reafirme como hegemónica en el análisis social, así como en áreas de las ciencias naturales y técnicas. El positivismo se reduce al estudio de los aspectos externos e inmediatos de la realidad, buscando formular hipótesis de carácter más bien empírico mediante el empleo de la estadística con el fin de verificar la presencia y magnitud de las relaciones entre determinadas variables. Exhibe una perspectiva ahistórica y reduccionista que se ha impuesto en la mayoría de las escuelas económicas.

Las Ciencias Sociales en general y la Ciencia Económica en particular no pueden separar los juicios de hechos de los juicios de valor, es decir, separar la Ciencia de la Ideología. Un economista, por muy versado que sea en estadística matemática, no puede alcanzar la neutralidad serena, imparcial y objetiva que logra el Físico, el Químico o el Biólogo en un laboratorio de ensayos. La sociedad tal como la conocemos y como la practicamos hoy en día, no puede ser epistemológicamente asimilada a la naturaleza. Si bien toda sociedad está, en última instancia, regida por leyes económicas y sociales, que interaccionan independientemente de la voluntad humana, puede ser modificada mediante la acción conjunta de los estamentos sociales mayoritarios integrantes de esta sociedad que interponen, bajo determinadas condiciones y circunstancias, sus propios intereses y objetivos históricos.

El Positivismo no comprende la especificidad metodológica de las ciencias sociales en relación a las ciencias naturales, A saber:

1. El carácter histórico de los fenómenos sociales y económicos, susceptibles de ser transformados por la acción consciente de la especie humana.
2. La identidad parcial entre sujeto y objeto del conocimiento; entre esencia y apariencia
3. En los problemas sociales se ponen en juego las miras antagónicas de las diferentes clases, estamentos o clanes sociales.

4. Las implicaciones politico ideológicas de la teoría social: el conocimiento de la verdad puede tener consecuencias directas sobre la lucha que se desarrolla entre las diferentes clases, estamentos o clanes sociales.

1.2.1 ENDOGONEIDAD Y EXOGENEIDAD DE FACTORES CAUSALES

Respetados investigadores parten de las premisas del equilibrio general y del modelo perfecto causal que descrimina exhaustivamente entre variables exógenas y endógenas, atribuyendo la determinación a estas últimas. Estas exigencias, célebres por las observaciones de KUZNETS (1940) y LANGE (1941) al libro de SCHUMPETER "Business Cycles", fueron más tarde subrayadas por otros investigadores, y asumida por una mayoría de ellos; sin embargo, estas premisas son internamente contradictorias.

Los requisitos implícitos en la formulación de leyes o tendencias económicas, como expresión de la dialéctica del capitalismo, debe incorporar la autonomía de los procesos políticos y sociales. La objetividad implica una explicación histórica integral.

La gran mayoría de los investigadores han orientado su trabajo a perfeccionar técnicas derivadas del análisis de series históricas, al tratamiento matemático de los datos, de manera que las series estadísticas puedan descomponerse en tendencias, estacionalidad, aleatoriedad y ciclos. Otros han abandonado el terreno del análisis estadístico matemático sugiriendo que se podría sustituir las pruebas inductivas por modelos de simulación. Sin embargo, hay razones fundamentales para incoporar al análisis económico el enfoque histórico, entre las que destacan:

1. La primera, lo impone el propio objeto. No puede presuponerse que las mismas relaciones estructurales rijan permanentemente distintos periodos de desarrollo, porque los cambios (las transformaciones morfogenéticas del universo social) son una característica permanente de las economías y comprenden acontecimientos y factores tan diversos como innovaciones tecnológicas, modificaciones de las relaciones laborales, instituciones políticas y dimensiones del mercado, la evolución de características culturales o las estrategias de los grupos sociales. La economía implica así un universo social multivariado.

   En tales circunstancias, el enfoque estadístico matemático basado en la premisa del equilibrio conduce a errores. La descomposición de series de datos temporales en la que se basa la econometría clásica, presupone que no debe existir dependencia alguna entre grupos o variables de fenómenos y el principio de estabilidad causal estructural; ninguna de estas hipótesis es aceptable en el análisis de series históricas reales.

El escepticismo en la estadística matemática tradicional para detectar y analizar fenómenos económicos, no es por tanto resultado de la realidad como algo predeterminado por los métodos utilizados para analizar los datos.

Hay razones para esperar que, dado el crecimiento general y los cambios en promedios y variaciones, series económicas normales reflejen situaciones ***no estacionarias.*** Hay razones para esperar ***autocorrelación*** dado el carácter histórico de las series y, ***heterocedasticidad*** de acuerdo con los cambios estructurales que representan los distintos regímenes. La manera tradicional para superar estos impases son métodos punitivos contra los concretos datos: conversiones (incluida la conversión de la tasa de crecimiento) para eliminar el elemento no estacionario y la autocorrelación, y algunos procedimientos de evaluación para eliminar las diversas variaciones o aleatoriedad. Estos métodos no son apropiados y conducen a resultados espúreos y contradictorios frente a la evidencia del análisis histórico de los acontecimientos reales.

Vale recordar que a finales de los años treinta Maynard Keynes criticó duramente a Tinbergen por usar métodos econométricos para series de diez años (1922-1933), ya que dichos métodos presuponen cierta forma de estabilidad estructural para el periodo analizado.

2. La segunda razón para incorporar el método del análisis histórico, es que las relaciones económicas por sí solas no pueden explicar completa y exhaustivamente los cambios a largo plazo. Como POLANYI señaló en "La gran Transformación" (1944), la imagen de la economía como una realidad mecánica e independiente que se impone sobre la sociedad es una proyección ideológica del liberalismo y una justificación interesada de su mercado imperfecto: el poderoso paradigna del equilibrio general no es sino una creación de la imaginación, carente de cualquier poder heurístico. Las relaciones económicas son parte de complejos procesos sociales.

Ahora bien, una explicación completamente endógena equivale a la exagerada pretensión de que algunas funciones económicas determinan los principales acontecimientos sociales como guerras, huelgas, revoluciones, corridas de valores, así como la conducta de todas las fuerzas políticas y el mismo marco institucional. Contrariamente, su influencia y consecuencia, con todo lo que se afirma, ni pueden ni deben ser eliminadas de las series temporales porque se supone que son parte de los mecanismos endógenos. Pero esto es lo que se ven obligados a realizar los investigadores que usan los métodos de descomposición de tendencias, estacionalidad, aleatoriedad y ciclos, eliminando fundamentalmente las variaciones que suscitan grandes acontecimientos o explosiones sociales. Evidentemente, toda conclusión arribada por este método es contradictoria e irrelevante, porque nada puede afirmarse sobre la realidad cuando la prueba se basa en un artefacto estadístico matemático

que es el resultado de la eliminación de una parte de la historia de unas series que se pretenden históricas.

La descomposición estadística de las series económicas se inspiran en los aporte de RAGNAR FRISCH. En un texto publicado en 1933 definió un modelo de ciclos que incluía un sistema impulsivo (los choques aleatorios o no sistemáticos) y un sistema de propagación (que representaba la conducta sistemática de un mecanismo amortiguador). Para poder eliminar las desviaciones excesivas provocadas por estallidos sociales o políticos en las series reales, los investigadores que han seguido este método se ven obligados a considerar equivalentes estos acontecimientos con las fuerzas aleatorias y externas citadas. Lo que es justo lo contrario de declarar que esos procesos son mera consecuencia de la actividad económica.

En la epistemología positivista implícita en la econometría tradicional, la causalidad es definida en relación con la fuerza exógena más cercana y, por lo tanto, las explosiones o bruscos giros político sociales, deben ser considerados los mejores candidatos para la variable explicativa central y no ser ignorados. Desde este punto de vista hay una contradicción entre los modelos de la economía tradicional, que refiere la causalidad a los mecanismo endógenos generales de equilibrio, es decir, que no generan acontecimientos en absoluto, y la aproximación positivista del programa que refiere la causalidad a las variables exógenas. Esta paradoja es muchas veces intenta ser superada con aproximaciones históricas a la creación de situaciones nuevas, tales como la aparición de innovaciones pioneras o revoluciones tecno-científicas que ponen en cuestión el equilibrio, y conceptos tradicionales sobre cómo se alcanza el equilibrio. Por lo tanto, el cambio es endógeno al funcionamiento del sistema capitalista.

El precio de asumir la paradoja consiste en asumir la contradicción de defender una total endogeneidad como forma legítima de causalidad, mandando las variables que se comportan mal al exilio del Purgatorio de la exogeneidad total.

1.2.2 VARIABLES SEMIAUTONOMAS Y DETERMINISMO PARAMETRICO

El análisis histórico puede y debe desarrollarse conjuntamente con el uso de métodos formales y estadístico matemático rigurosos. El concepto de "variables parcialmente independientes (autónomas)" que representen todas las posibles variables básicas del modo de producción capitalista articulado al análisis económico ayuda a superar esta contradicción. Si el economista estudia la tendencia inherente a la ruptura del equilibrio, las interdependencias fundamentales entre los factores causales y su autonomía parcial sólo

pueden ser descritas en el marco concreto . Hay que reconciliar la historia con la teoría. La teoria sin historia es muda y la historia sin la teoría es ciega.

El concepto de "variables parcialmente independientes" resulta ser hoy de importancia trascendental, porque desarrolla la condición esencial para que la ciencia económica pueda incorporar los procesos y acontecimientos históricos en la totalidad. En vez de las conjeturas simplistas, de modelos formales de tres o cuatro dimensiones, los acontecimientos históricos, las series temporales, son valorados en su totalidad orgánica.

De lo que se trata en la ciencia económica, es de procesos dialécticos y no de equilibrios metafísicos, cambios en vez de continuidad, dialéctica sistémica y no causalidad circular, determinación en vez de determinismo. Las variables parcialmente autónomas reflejan la incierta y compleja determinación de la evolución social en el marco de la historia. Por lo tanto, el conjunto de variables incluye algunos factores políticos al mismo tiempo que los económicos, que son a su vez parte del conflicto social y de la historia real.

Actualmente la ciencia económica ha recibido un aporte fundamental con este enfoque, denominado también método del "determinismo paramétrico", en oposición al "determinismo mecánico" característico de la economía del equilibrio general y de los métodos estadístico matemáticos tradicionales. Este nuevo concepto refleja la influencia de algunas importantes investigaciones de la Biología y la Termodinámica contemporáneas. A comienzos de los ochenta LEVINS y LEWONTIN defendieron que la estabilidad de un sistema evolutivo depende del equilibrio entre los procesos de retroalimentación y los parámetros que regulan la tasa de evolución y definen sus límites. Paralelamente PRIGOGINE y STENGERS defendieron que la evolución de los parámetros de un sistema pueden conducir al caos y a la complejidad y, por lo tanto, a nuevas formas de orden. Ambas nociones están inspiradas en el trabajo previo de POINCARE sobre los sistemas no lineales. Estos conceptos resultan ser importantes para las Ciencias Sociales, ya que la introducción de la complejidad, el tiempo, la incertidumbre, el orden y el desorden, destruye el mundo lineal y equilibrado de la economía tradicional, en la que la tendencia al equilibrio es concebida como la propiedad óptima del sistema, a pesar de que representa su muerte entrópica.

El "determinismo paramétrico" subraya la naturaleza de la causalidad y los límites de la evolución social, así como defiende la necesidad de nuevos métodos de investigación. La humanidad se plantea los problemas que es capaz de resolver y dentro de esos límites tiene lugar el conflicto por el control, la coordinación y el poder. Las teorías tradicionales y los métodos estadístico matemáticos convencionales no pueden vislumbrar periodos de cambios estructurales porque sólo describen la continuidad, la convergencia o el equilibrio; ignoran el proceso histórico, los cambios sistémicos que no son sino los procesos mismos de evolución

del capitalismo; en concreto sus sucesivos sistemas de máquinas, revoluciones tecnológicas y contradicciones sociales.

La metodología expuesta en el presente trabajo sugiere una vía para superar esta observación: la teoría del valor-trabajo, la precisión de las herramientas que la ciencia en general y la ciencia económica en particular, puntualmente la rama de las técnicas cuantitativas. Rechazamos la búsqueda de una certeza basada en los poco eficaces intentos de probar estadística y matemáticamente lo que la estadística matemática tradicional no puede reconocer. Esto conduce a una metodología articulada en el concepto de "variables parcialmente independientes (autónomas)", que reconocen a priori una realidad concreta, que expone o considera las variables básicas del modo de producción capitalista.

Kalecki abordó una reflexión similar en uno de sus últimos trabajos publicados en 1968 sugiriendo el concepto de "variables semiautónomas" para representar fuerzas que son exógenas desde el punto de vista de los actuales modelos matemáticos pero que, a pesar de ello, siguen estando dentro del marco que debe ser explicado por la teoría. En la formulación de Kalecki, estas variables explican el crecimiento y los eventuales cambios de la economía, es decir, representan la historia de una concreta realidad. Al abandonar el ambicioso programa de endogenizar por completo las causas, el argumento de Kalecki implica que ningún modelo simple, con un número pequeño de variables puede representar fielmente la realidad y que el estudio de la complejidad de las relaciones sociales de producción requiere flexibilidad, modelos parciales y limitados pero también una teoría general del proceso económico en la que los propios modelos y sus resultados sean interpretables. Kalecki falleció sin desarrollar sus postulados, aunque muchas de sus variables fundamentales en algunos de los modelos económicos más importantes trabajados en sus últimos años son de este tipo. La tasa de ganancia de Marx es un caso típico, así como el concepto de innovación de Shumpeter o las tres leyes sicológicas de Keynes (preferencia por la liquidez, propensión al consumo, determinación de la eficiencia marginal del capital). En la macroeconomía ortodoxa también está presente el problema, por ejemplo bajo la forma de la doble especificación de la inversión como autónoma (exógena) e inducida (endógena), en contradicción con la exigencia positivista de determinación unívoca.

En esta categoría descansan los fundamentos epistemológicos, metodológicos y filosóficos de las ciencias humanas en general y de la economía en particular que permite explicar, además del funcionamiento de la sociedad y de sus instituciones, su surgimiento, desarrollo y transformación como una visión totalizadora, como paso previo para la compresión de las partes que integran el todo social. De acuerdo con esto, las leyes y categorías de la dialéctica **(42)** son susceptibles de aplicarse al estudio de la asignación de recursos naturales ambientales en la agricultura, es decir, del proceso adaptabilidad ambiental de cultivos-rendimientos productivos competitivos, ya que ello constituye una realidad objetiva,

es decir, existe y se desarrolla independientemente de la conciencia o deseos de los individuos y grupos sociales, aunque éstos pueden influir de diversa manera y en determinada circunstancia para que dicho proceso se presente con mayor prontitud o se retrase, sirva a un interés nacional o transnacional, a un sector de la sociedad o a su estamento mayoritario.

Las leyes y categorías del método científico pueden emplearse para analizar el proceso de adaptabilidad ambiental de cultivos productivos y de rendimientos (Kg/Ha) competitivos, en un contexto de secular crisis agraria, con el fin de alcanzar una mayor comprensión en torno a la cuestión agraria del Perú y de esta manera poder orientar adecuadamente las políticas y prácticas necesarias para prevenir mayores deterioros en el campo, promover audazmente una industrialización agraria que emerja de las propias raíces agrarias, superando dialécticamente las condiciones impuestas por una formación históricamente determinada. Permitirá orientar la investigación sobre esta cuestión agraria en una realidad específica: el valle agrario con mayor desarrollo de relaciones capitalistas de producción (el valle del río Cañete) a escasos 160 kilómetros de Lima, el mayor mercado del país.

1.3 ASPECTOS ECONOMICOS QUE SUSTENTAN EL MODELO

1.3.1 PROVENIENTES DEL ENTORNO INTERNACIONAL

La producción agraria es un ámbito económico extremadamente sensible porque depende todavía directamente de la calidad de los recursos naturales sobre los que se desarrolla, y de la adaptabilidad ambiental, en condiciones ventajosas, de múltiples cultivos al ecoagrosistema. Tal es su grado de sensibilidad que si el entorno económico global está obligado a desarrollar políticas presupuestarias altamente restrictivas, los países altamente industrializados han considerado a la rama productiva agraria un ámbito económico de excepción.

El sector agrario de los países altamente industrializados han gozado de la canalización permanente de recursos para minimizar la intervención de los procesos biológicos, ambientales, edáficos, etc. En los procesos económicos (heterogeneidad natural de los suelos, especialización genética con germoplasmas, inundaciones, sequías, plagas, etc.), con el fin de lograr objetivos estratégicos que se sintetizan en la autosuficiencia alimentaria y el control de los mercados internacionales de básicos (granos, carnes, lácteos).

En este contexto, la revolución tecnológica, la globalización económica y el ajuste económico estructural impuesto a escala mundial ha tocado la producción del campo agrícola

planetario en dos grandes áreas, reproduciendo y profundizando los patrones de asimetria característica de las relaciones entre paises altamente industrializados y paises mediana o escasamente industrializados. La primera área, es la de los paises altamente industrializados, donde la producción agraria ha sufrido modificaciones de menor intensidad que en las ramas industrial, comercial y de servicios; el objetivo de la reestructuración en la producción agraria ha sido el abaratamiento de los altos costos que había alcanzado la generación de enormes excedentes de alimentos; reestructuración en la dinámica del comercio mundial basado en las necesidades de reproducción económica, ampliación de mercados y hegemonía mundial. La segunda área, es la de los países mediana o escasamente industrializados como el Perú, que partiendo de la Ronda de Uruguay (cancelación del GATT y creación de la OMC) están obligados a una especialización de producciones agrarias con alto contenido de complementariedad frente a las necesidades de abaratamiento y de control de mercados por parte de los países altamente industrializados. Se liquida toda posibilidad de alcanzar o de conservar niveles de autosuficiencia alimentaria, profundizando la dependencia de esta rama productiva, subordinándose la dependencia de productos alimenticios básicos a los precios del oligopolizado mercado mundial.

Entre los objetivos de la reestructuración económica en el agro está la adaptación de los modelos tradicionales de producción agraria de la posguerra a otro ritmo, que logre reducir el volumen altamente excedentario, en ciertos reglones, de los alimentos que producen, imponiendo a la vez una nueva lógica, por el momento opuesto contradictoriamente al mercado: organizar la producción cuidando la preservación de los recursos básicos en el largo plazo y logrando mercancías agrarias de calidad ecológica que armonicen con los recursos naturales ambientales.

Esto conduce a una nueva contradicción. Las innovaciones tecnológicas y la competitividad mundial están "valorizando" (otorgando precios) factores que no eran reconocidos como tales, sino más bien como bienes gratuitos e inagotables. La introducción del costo ecológico o del impacto ambiental necesariamente altera los costos de producción, y por tanto los precios de producción, afectando la tasa de ganancia; opera restándole capacidad competitiva a las empresas cualesquiera sea su rama al elevar los precios de mercado de los bienes agrícolas.

El siguiente cuadro expone un listado de los principales factores legislados en los Estados Unidos de Norteamérica y los costos estimados por cumplir con cada estatuto en 1990. Con la excepción del Acta del Agua Limpia, el principal objetivo de la legislación ambiental es proteger la salud de la población a través de estándares de ambientes.

COSTOS TOTALES ANUALIZADOS DE ACATAMIENTO AMBIENTAL EN 1990

(MILLONES DE US DOLARES DE 1986)

MEDIO	COSTOS	LEYES AMBIENTALES
AIRE	27,029	ACTA DEL AIRE LIMPIO (CAA)
RADIACION	441	ACTA DE CONTAMINACION DE RADIO
CALIDAD DEL AGUA	38,823	ACTA DEL AGUA LIMPIA (CWA)
AGUA POTABLE	3,587	ACTA DEL AGUA POTABLE SEGURA
TIERRAS	26,547	ACTA DE CONSERVACION Y RECUPE-
CONSERVACION DE RR.NN.	24,842	RACION DE RECURSOS (RCRA)
COMPENSACION	1,704	ACTA DE COMPENSACION (CERCLA)
QUIMICOS. TOTALES	1,579	ACTA DE CONTROL DE SUSTANCIAS
SUSTANCIAS TOXICAS	600	TOXICAS (TSCA)
PESTICIDAS	979	ACTA FEDERAL DE INSECTICIDAS, FUN-
TOTAL GLOBAL	100,167	GICIDAS Y RATICIDAS (FIFRA)

Las regulaciones ambientales propuestas en los paises altamente industrializados son objetadas bajo el argumento de "perjudicar la competitividad internacional". Estos efectos han sido estudiados con algún detalle haciendo uso de modelos estándar de comercio internacional (KAZUMI A. -1979; BAUMOL y OATES -1988 (**8**); KOO A. -1974 (**56**); McGUIRE -1982 (**69**); MERRIFIELD J. -1988 (**70**); PETHIG R. -1976 (**89**); PETHIG et al., -1980 (**90**); SIEBERT H. -1974 (**98**); TOBEY J. 1989 (**108**); WALTER Y. -1975 (**115**)). En particular, ha habido la preocupación de que paises menos industrializados, que priorizen el desarrollo antes que la protección ambiental, tiendan a explotar una ventaja comparativa en sus industrias intensivas en contaminación.

Esta contradicción conduce a una incesante confrontación entre rentabilidad y sustentabilidad. Aquí emerge a escala planetaria, como importante factor competitivo, la asignación eficiente de los recursos naturales ambientales a cultivos tradicionales y no tradicionales de paises poco industrializados. Aparece una nueva "valorización" de la mercancía agraria tradicional porque se incluye factores que antes no generaban desembolsos o costo adicional alguno. El encarecimiento de la mercancía agraria (precio de producción y precio de mercado) cuestiona la viabilidad económica del proceso, pues los nuevos precios los coloca en desventaja frente a productos idénticos que no han asumido el costo ecológico de su producción al estar presente ventajosamente en sus costos productivos (precios de producción) adaptabilidad y estabilidad ambiental, ecológica.

Los estimados de los daños anuales de los campos de cultivos en los Estados Unidos de Norteamérica, causados por un 25% de incremento en el ozono es de US $ 2 mil millones (dólar de 1988) que resulta, por cierto, pequeño en relación a los costos estimados de daños en la salud. Pero como lo prueban ROSENBERG NORMAN et al. (1990) (**93**) al evaluar los resultados del proyecto RFF MINK [Missouri, Iowa, Nebraska y Kentucky de Recursos para el Futuro] sobre impactos asociados a cambios climáticos, la mayoría de los daños afectan a los consumidores. Los productores, en la mayoría de los casos, se benefician con la disminución de cultivos...!!!debido al incremento de los precios!!!.

KANE, REILLY y TOBEY (1991) obtienen resultados similares cuando estiman los efectos de bienestar de los cambios climáticos globales en la agricultura: las reducciones en la producción de los campos cultivados (trigo, soya, maíz, arroz) en los Estados Unidos, Canadá, China y Rusia, benefician a los productores de todo el mundo debido al incremento de precios. Los consumidores pierden con la variación de climas y sus efectos en la agricultura. De este modo, a pesar de que las pérdidas agregadas para los productores y consumidores de todo el mundo son pequeñas todavía (alrededor del 0.05% del PBI mundial), los países importadores de alimentos (como es el caso del Perú) sufren grandes pérdidas del bienestar equivalente al 5.5% del PBI mundial, mientras que los países exportadores de alimentos se benefician.

Ahora bien, las posibilidad de reducir el precio final o precio de mercado, para enfrentar los niveles de competitividad mundial, puede realizarse a costa de algunos de los siguientes casos para el productor:

1. Reducir sus márgenes de ganancia. Lo que supone una alta rentabilidad para que pueda seguir reproduciéndose de manera ampliada.
2. Altera las proporciones técnicas del proceso de producción agrarias, sustituyendo los factores más caros por otros más baratos, en espera de que el conjunto de sus competidores asuman los costos ecológicos de producción. Es decir, volver más intensiva la utilización de mano de obra para sustituir inversión en equipo y maquinaria.
3. Recurrir al intervencionismo estatal con el fin de que compense la pérdida de rentabilidad. Esto contradice el principio de libre empresa.

Desde inicios de los noventa los países altamente industrializados han combinado en diversas formas y grados las dos últimas alternativas. Sin embargo, al productor le resta repercutir el alza de costos en el precio final de la mercancía. El productor no se ve afectado en un primer momento pero el alza del precio final del producto reduce la demanda solvente de la mercancía, afectando por ese mecanismo la capacidad de reproducción ampliada del productor. Esto congela la posibilidad del crecimiento ampliado del mercado de mercancías ecológicamente producidas, es decir en armonía con los recursos naturales ambientales, a favor de aquellas que tienen incluido dichos factores en su proceso productivo natural; como

pueden ser los casos de cultivos tradicionales y no tradicionales del Perú. A ello debe agregarse las leyes económicas que intervienen en todo proceso productivo agrario capitalista que resumimos a continuación.

1.3.2 ASPECTOS ECONOMICOS DEL MODELO PARA SU APLICACION LOCAL

A partir de 1988 el Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente (IDMA), así como otras ONGs, iniciaron la evaluación del impacto ambiental al aplicarse la tecnología dispuesta por la llamada "Revolución Verde" en la agricultura peruana. Luego de años de estudio se logró determinar que el uso de semillas mejoradas, de abonos artificiales y de plaguicidas no mejoraron significativamente la producción nacional de alimentos. Contradictoriamente esta tecnología viene provocando desequilibrios ecológicos, degradación del ecosistema, pérdida de la diversidad genética de los cultivos y la desaparición de la flora y fauna silvestre, agudizando nuestra dependencia económica y cultural.

Actualmente los suelos de la Costa están diversificados, la de los Andes gravemente erosionados y los de la Selva en permanente destrucción. Contradictoriamente, las faraónicas obras de irrigación rompen totalmente el equilibrio de las cuencas. De otro lado, la propiedad de la tierra, aparte de estar mal distribuida, mal utilizada o demasiado fraccionada, está pésimamente compartida. La actividad económica productiva es de autosostenimiento en la Sierra y Selva; sólo en la Costa se tiene necesidad del uso intensivo de la tierra para satisfacer las crecientes demandas de un mercado interno y, excepcionalmente, de mercados de exportación dominados por oligopolios alimentarios internacionales.

La relación de los factores de producción agrarios en el Perú están condicionados por lo limitado de las tierras cultivables, por los escasos recursos financieros que dinamicen la producción rural, por el exceso del factor mano de obra que es actualmente subutilizada, requiriéndose optimizarla económicamente y por bondades geográficas, ambientales y ecológicas que no han vuelto a ser consideradas en el proceso productivo agrario. El modelo económico multivariante regresional expone una herramienta del planeamiento estratégico que permita el uso eficiente de los abundantes y excepcionales recursos naturales ambientales y de los recursos limitados recursos financieros sin suponer grandes cambios o escenarios irreales.

Tal estrategia está basada en la eficiencia económica y social de medianas y pequeñas empresas agrarias capitalistas que realicen un uso eficiente de los excepcionales recursos naturales, particularmente de los microclimas, de la abundante mano de obra y del escaso capital, comprobando los estudios que sustentan una productividad mayor por unidad

de superficie substancialmente en pequeñas explotaciones agrarias que en las grandes extensiones. Existen trabajos relacionado a las ventajas de las medianas y pequeñas unidades agrarias en relación con la productividad por unidad de superficie tales como CARTER (1984) **(17)**; ECKSTEIN (1978) **(30)** y THIESENHUSEN (1989) **(104)**. Tal estrategia está basada también en buscar la eficiencia de economías de escala para organizaciones de segundo nivel como son las de acopio, de comercialización, de transformación con valor agregado y las de abastecimiento de insumos, con el fin de que todo este proceso no se circunscriba a la esfera de producción.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

En 1921 el profesor norteamericano MOOERS**(76)** clasificó diversos tipos de cultivos a partir de sus relativas respuestas a la productividad del suelo respecto a un rendimiento cultivar estándar promedio. Sin embargo, los méritos de cuantificar las relaciones entre productividad y medio ambiente fueron mostradas en 1938 por los conocidos profesores norteamericanos YATES y COCHRAN **(117)** mediante la técnica regresional. Desde un principio el problema básico en regresionar rendimiento sobre medio ambiente fue la métrica o medida del medio ambiente o ecosistema local. En los trabajos de YATES-COCHRAN, como en los posteriores estudios sobre estabilidad paramétrica desarrollados por FINLAY y WILKINSON (1963) **(35)** y por EBERHART y RUSSELL (1966) **(28)**, el rendimiento cultivar es usado como índice, específicamente la media local calculada promediando todos los rendimientos de cultivos locales. En esta estructura, EBERHART y RUSSELL definen un cultivo estable como aquella pendiente regresional unitaria que posee un pequeño cuadrado medio residual. Asimismo, aplicaciones e interpretaciones de las pendientes regresionales fueron enfatizadas por el profesor EAGLES et al. (1977) **(27)**.

El uso de mezclas genéticas en vez de variedades homogéneas o líneas puras, así como de cultivos múltiples, han sido ampliamente tratados en la literatura agronómica y recomendadas como mecanismos tradicionales para reducir la interacción Genotipo-Ambiente. JENSEN (1952) **(52)** sugirió que una variedad multilineal de avenas comparadas con variedades de líneas puras podrían poseer gran estabilidad de producción, amplia adaptación al medio ambiente y gran protección contra enfermedades. ALLARD y BRADSHAW (1964) **(5)** sostuvieron que heterocigotes y poblaciones heterogéneas ofrecen la mejor oportunidad para producir variedades que mostraban pequeñas interacciones Genotipo-Ambiente; ellos emplearon el término "regulamiento individual" para individuos donde cada integrante de una población son bien regulados de manera que terminan adaptándose al rango ambiental, y denominaron "población regulada" si la variedad consiste de un número de genotipos, cada uno adaptado a algún diferente rango de ambientes; de esta manera un

genotipo heterocigote u homocigote puede poseer regulamiento individual y una población heterogénea puede poseer regulación poblacional. SPRAGUE y FEDERE (1951) **(101)**, en trabajos de campo realizados sobre diversos ambientes, presentaron evidencia de que cruces dobles interaccionan menos con los ambientes que los cruces simples, resultando ser superiores para la estabilidad del rendimiento. EBERHART, RUSSELL y PENNY (1964) **(29)** enunciaron que cuando dos tipos de cruces se comparan en un experimento de interacción Variedad x Año resultaron ser significativamente grandes para los cruces simples que para los cruces de tres vías, debido a que la variancia de un promedio resulta menor que la variancia de un individuo y por tanto la interacción Genotipo-Ambiente de una mezcla puede contarse con ser menor que la interacción de un simple genotipo.

Sea: $T_{12.3}$ el rendimiento pronosticado de un cruce de tres vías (1 x 2) 3.

Y: S_{13} y S_{23} los rendimientos observados de los cruces simples (1 x 3) y (2 x 3).

Entonces

$$\hat{T}_{12.3} = \frac{1}{2}\left(S_{13} + S_{23}\right)$$

$$\text{Variancia de } \frac{1}{2}\left(S_{13} + S_{23}\right) = \frac{1}{4}\left[\text{Var}\left(S_{13}\right) + \text{Var}\left(S_{23}\right)\right]$$

Cuando S_{13} y S_{23} están creciendo en ensayos replicados de diferentes localidades obtenemos

$$\text{Var}\left(S_{13}\right) = \text{Var}\left(S_{23}\right) = \sigma^2 + r\sigma^2_{ge}$$

donde

σ^2 : error experimental.

σ^2_{ge} : variancia Genotipo-Ambiente.

r : número de réplicas (tamaño muestral)

Pero si S_{13} y S_{23} son mezclados en la misma zona topográfica o localidad agraria y crecen como una simple variedad y así son registrados, entonces:

$$\text{Var}\left(\hat{T}_{12.3}\right) = \sigma^2 + r\left(\frac{\sigma^2_{ge}}{2}\right)$$

Esto resulta importante porque la relación entre la variancia y el tamaño de la muestra (réplicas en los experimentos - r) están en proporción directa, de manera que puede trabajarse con un número no muy grande de periodos de siembra - cosecha en los cultivos a estudiar.

La interacción Genotipo-Ambiente ha sido preocupación constante de los agricultores por muchos años. Varios procedimientos han sido empleados para caracterizar el comportamiento individual en condiciones de ambientes múltiples. Pruebas convencionales de rendimientos sobre una serie de ambientes proporcionaron información de la interacción Genotipo-Ambiente pero no dieron medidas de estabilidad o de registro individual. PLAISTED y PETERSON (1959) **(92)** presentaron un método para caracterizar la estabilidad de rendimientos productivos cuando diferentes variedades son examinadas en un número de localidades en el periodo de un año. Un análisis de variancia (ANVA) combinado sobre todas las localidades en estudio fueron computadas para cada par de variedades, es decir, $\frac{n(n-1)}{2}$ pares para n variedades y un estimado de la variancia de cada variedad por cada localidad, σ^2_{VL} fue obtenido para cada par. Se realizaron **(n - 1)** análisis para cada variedad y una media aritmética de las σ^2_{VL} fue obtenido para cada variedad. La variedad con el más pequeño valor promedio pudo ser la que contribuyó menos a la interacción Variedad-Localidad y de esta manera ser considerada "la variedad más estable" en el estudio realizado. Si un gran número de variedades (n) fueran examinadas tendríamos $\frac{n(n-1)}{2}$ análisis por cada variedad.

Finalmente, la magnitud de contribución de cada ambiente al total de cultivos mediante componentes de interacciones ambientales fueron identificadas por HORNER y FREY (1957), **(47)**, mientras que PLAISTED y PETERSON (1958) **(92)**, utilizaron componentes de variancias directamente. Entre estas dos contribuciones ubicamos el procedimiento regresional de PERKINS y (1988) **(88)** quienes utilizan los cultivos por interacciones ambientales.

3. APLICABILIDAD ECONOMICA

Se aborda el análisis de un manejo óptimo de los recursos naturales ambientales en la industria agraria, desde el punto de vista de la producción, de su rendimiento cultivar cuantificados en Kg/Ha y no desde la demanda, del precio o desde la tasa de interés.

La "Ley de la Oferta y la Demanda" expone objetivamente una ilustración de la "Ley del Valor Trabajo". Para una mercancía dada, cuando **la oferta supera a la demanda**, significa

que para la producción de la mercancía en cuestión se ha consumido más trabajo humano de lo que para dicho periodo era necesario: **el precio de mercado total desciende por debajo del precio de producción**. Cuando **la oferta es inferior a la demanda**, significa que para la producción de la mercancía en cuestión se ha consumido menos trabajo humano del que era socialmente necesario: **el precio de mercado tiende a subir por encima del precio de producción**.

Una medida cuantitativa de amplia adaptabilidad cultivar, denominada Modelo multivariado-regresional de Respuesta Beta, es desarrollada haciendo uso tanto del análisis multivariado como del análisis de regresión. A partir de la producción agrícola, el objetivo es caracterizar la adaptabilidad o estabilidad (rendimiento productivo) de cultivos en un rango ambiental como relación específica entre los rendimientos Kg/Ha de cultivos en diferentes ambientes y un índice basado en mediciones físicas agroecológicas de estos ambientes, incluyendo medidas meteorológicas y características de suelos que afecten la producción agrícola de los cultivos en estudio. El Modelo de Respuesta Beta es propuesto para formalizar este concepto; los parámetros (pendientes) son empleados en la identificación de cultivos con amplia adaptabilidad ambiental. El rendimiento productivo de los cultivos (efecto) es la variable de salida (output) la cual depende de los factores ambientales (causa) que constituyen las variables de ingreso (input). En el modelo el Indice Ambiental tiene un rol preponderante porque la información local puede describir y comparar, mediante una función valor individual, los factores ambientales causales de los respectivos niveles productivos.

Se supera así la reconocida existencia de dependencia lineal entre el Indice Ambiental calculado mediante el promedio de los rendimientos de los cultivos locales y las variables dependientes del modelo regresional beta que resultan ser los promedios de los cultivos zonales. Se corrobora que entre la técnica beta empleado por los profesores norteamericanos en la década de los sesenta y el nuevo modelo multivariado regresional no existe mayor diferencia significativa en cuanto a su aplicabilidad y eficiencia haciendo uso del Indice de correlación de Spearman.

4. ECUACIONES FUNDAMENTALES DEL MODELO

4.1 ECUACIONES DEL ANALISIS MULTIVARIADO

Dado **p** variables ambientales tomados en **g** ambientes zonales agrarios en el lapso de **r** periodos, tal que **n** = **g** x **r**, se define la siguiente matriz de datos **X**:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1p} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2p} \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{np} \end{bmatrix}$$

La estandarización de la matriz X conduce a la elaboración de una nueva matriz denominada Z, de manera que una Matriz de Correlación (R) queda definida por:

$$R X = [Z' \times Z]$$

que contiene las correlaciones entre todas las variables ambientales y es simétrica. Tiene valores "1" en la diagonal principal. El cálculo de los componentes principales se obtiene a partir de la siguiente ecuación vectorial, donde los escalares a determinar (λ) son denominados valores propios; y un vector no nulo (X) de dimensión (p x 1) también a determinar es denominado vector propio.

$$R X = \lambda X$$

De los valores característicos hallados se elige el del mayor valor, es decir el de mayor variancia, con el fin de determinar su correspondiente vector característico, tal que la combinación lineal

$$a_1 x_1 + a_2 x_2 + \ldots + a_p x_p$$

será el componente principal de la matriz X. De otro lado ($a_1 + a_2 + a_3 \ldots + a_p$) serán los elementos del vector característico asociado al mayor valor característico de la matriz de correlación R, que es también la variancia del primer componente principal. Estas ponderaciones a_1, a_2, a_3 ... , a_p del vector característico son multiplicadas por los promedios estandarizados ($\bar{\bar{X}}$) de las p variables ambientales en cada uno de los g ambientes con el fin de determinar el Indice Ambiental (I) mediante la siguiente ecuación.

$$I = \bar{\bar{X}} \left[a_1 \quad a_2 \quad a_3 \ldots a_p \right]$$

4.2 ECUACIONES DEL ANALISIS REGRESIONAL

Dados **V** tipos de cultivos sembrados en g ambientes zonales para **r** periodos de cosechas tal que **n** = **g** x **r**, la matriz de datos **[Y]** de los rendimientos cultivares estará definida por:

$$Y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1v} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2v} \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ y_{n1} & y_{n2} & \cdots & y_{nv} \end{bmatrix}$$

Los promedios de cada uno de los **V** cultivos en cada uno de los **g** ambientes estarán definidos por:

$$\bar{Y}_{jk} = \frac{\sum_{j=1}^{r} Y_{ijk}}{r}$$

Para todo: i = 1, 2, 3, ..., r
j = 1, 2, 3, ..., g
k = 1, 2, 3, ..., v

Los promedios de todos los rendimientos de los V cultivos en cada uno de los g ambientes serán definidos por:

$$\bar{\bar{Y}}_j = \frac{\sum_{i=1}^{r}\sum_{k=1}^{v} Y_{ijk}}{r\,v}$$

Con la finalidad de hallar la regresión de los promedios de los k-ésimos cultivos en cada uno de los **g** ambientes sobre el Indice Ambiental **I** se establecen **V** regresiones, cada una denominada modelo de respuesta beta del respectivo cultivo. Sus pendientes resultantes son denominadas coeficientes de regresión beta pertenecientes al k-ésimo cultivo (b_k). A saber:

$$\bar{Y}_{ij} = \alpha_i + \beta I_j + \varepsilon_i$$

donde el estimador de la pendiente estará definido por:

$$b_k = \frac{\sum_{j=1}^{g} \bar{Y}_{jk} I_j}{\sum_{j=1}^{g} I_j^2}$$

Asimismo, la regresión del rendimiento promedio de todos los **V** cultivos para los **g** ambientes sobre el Indice Ambiental **I** estará definido por:

$$\bar{\bar{Y}}_j = \alpha + \beta I + \varepsilon$$

y se denominará respuesta beta promedio, en tanto que su respectiva pendiente es llamada coeficiente de respuesta beta promedio (b^*), definido mediante:

$$b^* = \frac{\sum_{j=1}^{g} \bar{\bar{Y}}_i I_j}{\sum_{j=1}^{g} I_j^2}$$

Asumiendo que $\bar{b}$ es el promedio de los coeficientes de respuesta beta de los V cultivos:

$$\bar{b} = \sum_{k=1}^{v} \frac{b_k}{v} = \frac{b_1 + b_2 + \ldots + b_v}{v}$$

Se afirma que $b^* = \bar{b}$; de manera que si el coeficiente de respuesta beta de la k-ésima variedad es igual estadisticamente al coeficiente de respuesta beta promedio, es decir si $b = b^* = \bar{b}$, el cultivo será ampliamente adaptable respecto a cualquiera otro microclima expresando la administración eficiente de los recursos naturales ambientales.

La contrastación entre el viejo modelo beta y el modelo multivariado beta es realizado midiendo el grado de concordancia entre los rangos de adaptabilidad ambiental basados en la aproximación de la primera componente principal (que permite formular un Indice Ambiental fisico) y los rangos resultantes de desarrollar el primigenio modelo basado en un Indice Ambiental construido en base a los promedios de los rendimientos cultivares. Se hace uso del Coeficiente de Correlación de Spearman definido por:

$$\gamma_{sp} = 1 - \left\{ \frac{6\sum d^2}{v\left(v^2 - 1\right)} \right\}$$

donde:

v = número de cultivos en los **g** ambientes agrarios.

d = diferencia entre los rangos de adaptabilidad obtenidos tras emplear los dos diferentes Indices Ambientales (mediante Componentes Principales y empleando Promedios)

5. ANTECEDENTES DEL MODELO

ADELMAN y MORRIS (1965) **(3)** presentaron un interesante articulo donde, aplicando el Análisis de Factores como técnica multivariada determinaron que el 66 por ciento de la variancia del PNB per capita de 74 paises en vías de desarrollo está asociado con sólo 4 factores de las 20 variables politico-sociales en que se habia basado la investigación.

En 1966 EBERHART y RUSSELL **(28)** desarrollaron a partir de los diseños aditivo lineales biométricos comentados en la Introducción, el siguiente modelo de regresión

$$Y_{ij} = \mu_i + \beta_j I_j + \delta_{ij}$$

donde el rendimiento del cultivo es la variable dependiente y el indice ambiental es la variable independiente, que define los parámetros de estabilidad que van a ser usados para describir la respuesta de un cultivo sobre una serie de ambientes. tal que:

- Y_{ij} : promedio del i-ésimo cultivo en el j-ésimo ambiente.
- μ_i : promedio del i-ésimo cultivo sobre todos los ambientes.
- β_i : coeficiente de regresión que mide la respuesta del i-ésimo cultivo en los diferentes ambientes
- δ_{ij} : desviación de la regresión del i-ésimo cultivar en el j-ésimo ambiente.
- I_j : Indice Ambiental

En este modelo el indice ambiental estaba definido por el promedio de todas las variedades en el J-ésimo ambiente menos el gran promedio; es decir:

$$I_j = \left[\sum_{i=1}^{v} \left(\frac{Y_{ij}}{V} \right) - \sum_{i=1}^{v} \sum_{j=1}^{g} \left(\frac{Y_{ij}}{vn} \right) \right] \quad \text{tal que} \quad \sum_{j=1}^{g} I_j = 0$$

donde se observa que este índice se obtiene a partir del promedio de todos los cultivos en el j-**ésimo** ambiente menos el gran promedio, lo cual hace al modelo de regresión susceptible de observaciones de autocorrelación y de multicolinealidad, desde el punto de vista de los supuestos básicos regresionales.

Con la finalidad de proporcionar un índice ambiental no dependiente de las respuestas de los cultivos y para evaluar la adaptación de cultivos, NOR K.M. y CADY F.B. **(82)** desarrollaron en 1975 una metodología de Análisis Multivariado utilizando variables que habían sido previamente medidas e identificadas como variables ambientales importantes. Esto implica cuantificar la productividad y valía del ambiente con respecto al cultivo mediante la reducción de las complejidades de los factores ambientales a un cantidad escalar, empleando los primeros Componentes Principales como una aproximación.

Las técnicas de los componentes principales para el caso de **p** variables, aplicados en el análisis multivariado es descrita, analizada y aplicada a partir de las contribuciones desarrolladas por ANDERSON T. W. en 1974 **(6)** y MORRISON D.F. en 1967 **(79)**. En tal sentido, para obtener los Componentes Principales se parte de la Matriz Variancia-Covariancia $[\Sigma]$ de las variables en estudio, pero, condicionadas a que las unidades de medida de dichas variables sean similares, porque si las unidades de medida son diferentes (edad en años, peso en kilos, etc.), los Componentes Principales tendrán poco significado.

Con el fin de eliminar el efecto de las unidades de medida se estandarizan las variables y posteriormente se utiliza la Matriz de Correlaciones **[R]** para hallar los Componentes Principales. J. JOHNSTON **(53)** precisa que se puede realizar el Análisis de Componentes Principales tipificando todas las variables, porque estas conducen a la matriz de correlaciones, y el procedimiento con esta matriz es similar al empleado con la Matriz de Covariancia.

6. EL ANALISIS MULTIVARIADO

El análisis de datos con fines de estudio de poblaciones cobra cada vez mayor importancia. La creciente necesidad de agrupar los distintos individuos en torno a un conjunto de parámetros que los describen y asocian de manera natural, ha conducido al mejoramiento

de las técnicas de procesamiento de la información y de la incorporación de la microcomputadora como herramienta indispensable. Una gran parte de los métodos de análisis estadístico matemático que eran de difícil acceso son hoy efectuados rápidamente mediante el empleo de las microcomputadoras.

El Análisis Multidimensional hace uso de resultados matemáticos que requieren previamente ser interpretados, recomendándose por ello el tratamiento computacional de la información. El Análisis Multivariado es una herramienta práctica cuando se desea explicar situaciones complejas condicionadas por un conjunto numeroso de variables que interaccionan de diversos modos en la determinación de las características propias de las observaciones en estudio. Son muchas las posibilidades de aplicación de las diversas técnicas multivariadas en el campo de la economía en general y de la economía agrícola en particular, debido a que el análisis simultáneo de un gran número de individuos y de variables resultan necesario.

Los métodos multivariados suelen dividirse generalmente en dos grandes grupos. El primero denominado Métodos Explicativos que intentan describir ciertas observaciones (variables a explicar) mediante el análisis de variables responsables de dichas observaciones (variables explicativas), destacándose los siguientes métodos: Regresión Lineal, Análisis de Variancia, Segmentación, Análisis de Medidas Conjuntas y Análisis Discriminante. El segundo método denominado Métodos Descriptivos utilizan un solo grupo de variables, siendo particularmente útiles en la conformación de grupos: los métodos más usados son el Análisis Factorial (Componentes Principales y Correspondencias), Análisis de Similaridad y Prefencias, así como la generación de Tipologías. Esta investigación utiliza una formulación distinta para clasificar las técnicas o métodos multivariados.

Según KENDALL (1957), **(55)** en el estudio propio del campo multivariado pueden utilizarse diferentes enfoques, tanto por los distintos tipos de situaciones que se presentan al obtener los datos, como por el objeto específico del análisis; siendo los más importantes:

1. **Simplificación de la estructura** de los datos para encontrar una manera resumida de representar el universo en estudio, mediante la transformación (lineal o no lineal) de un conjunto de variables interdependientes, en otro conjunto independiente o en conjunto de menor dimensión.

2. **Análisis de Clasificación** que permite ubicar las observaciones dentro de grupos o que también permite concluir que los individuos están dispersos aleatoriamente en el multiespacio o, finalmente, que también permite agrupar variables.

3. **Análisis de Interdependencia** entre las variables que permite examinar desde la independencia total hasta la colinealidad cuando una de ella es combinación lineal de algunas de las otras o, en términos aún más generales, es una función $f_{(x)}$ cualquiera de las otras.

4. **Análisis de la Dependencia**, mediante la selección del conjunto de ciertas variables (una o más), estudiando su dependencia de las restante, tales como en el análisis de regresión múltiple o en el análisis de correlación canónica.

5. **Formulación y Prueba de Hipótesis**, porque a partir de un conjunto de datos es posible encontrar modelos que permitan formular hipótesis en función de parámetros estimables. La prueba de este nuevo modelo requiere una nueva recopilación de datos con el fin de garantizar la necesaria independencia y validez de las conclusiones.

En los casos de poblaciones univariadas, la mayoría de las veces puede caracterizarse completamente la distribución de probabilidades a partir de dos parámetros: la media y la variancia. La inferencia estadistica exige, entonces, tomar una muestra aleatoria para luego calcular los mejores estimadores de estos parámetros. El análisis concluye con la interpretación de las estimaciones.

En el Análisis Multivariado se estudia una población **p** variada, es decir, un conjunto de individuos donde se han conservado o medido mediante **p** características o propiedades, disponiéndose de **p** medias, **p** variancias y $\frac{p\ (p-1)}{2}$ covariancias, que no sólo deben ser estimadas, sino que deben ser interpretadas. Como se está acostumbrado a pensar y a representar el espacio en dos o en tres dimensiones, la noción de un multiespacio **p** dimensional resulta un tanto complicado comprenderlo, razón por la cual se requiere hacer uso de las matemáticas y del álgebra superior, particularmente del enfoque matricial.

La medición de varias características de una misma unidad experimental o de una población, ya sea en forma simultánea o con ciertos intervalos de tiempo, genera una serie de datos que deben ser analizados con técnicas multivariadas. Las observaciones pueden tratarse de individuos, de una zona o localidad agraria, una finca, animales, cultivos y las características serán una serie de atributos, mediciones, evaluaciones, estimaciones, tratamientos o propiedades correspondientes a dichas observaciones. No debe haber independencia entre las diferentes propiedades utilizadas para caracterizar una observación de manera que no será posible asignar en forma aleatoria las características, como si se

tratara de un típico ensayo o estudio. Existiría por cierto independencia entre las observaciones realizadas que podrán constituir una muestra aleatoria de una población mayor.

6.1 MODELO PROBABILISTICO MULTINORMAL

Los fenómenos univariados que se estudian en las ciencias biológicas, económicas o agrícolas, pueden ajustarse a un modelo cuyos componente aleatorio se distribuye normal e independientemente; en caso contrario, se hace uso de la estadística matemática para transformar adecuadamente los valores observados a los de una distribución normal. Por ello, muchas de las pruebas para los estadísticos calculados a partir de los valores muestrales se basan en la distribución normal tales como Chi-cuadrado, F de Snedecor, t de Student, entre otros. En los casos univariados la curva de distribución viene caracterizada por los valores de su media poblacional (μ), cuyo estimador insesgado es $\bar{x}$, la media muestral; su variancia poblacional σ^2, cuyo estimador de variancia mínima es s^2 la variancia muestra. Su respectiva función de densidad viene dada por:

$$f_{(\mu,\sigma^2)} = \left(\frac{1}{2\pi\sigma_\mu^2}\right)^{\frac{1}{2}} \quad e^{\frac{\mu_1^2}{2\sigma_\mu^2}}$$

Si evolucionan hacia una distribución normal bivariante donde la variable bidimensional (x, y) originan sus respectivas medias (μ_x ; μ_y) y variancias (σ_x ;σ_y) la correspondiente función de densidad conjunta quedará definida por:

$$f_{(x,y)} = \left(\frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y\sqrt{1-p^2}}\right) \quad e^{-\frac{1}{2(1-p^2)}\left[\left(\frac{x-\mu_x}{\sigma_{xx}}\right)^2 - 2\rho\frac{x\,\mu_x\,y-\mu_y}{\sigma_x\ \ \sigma_y} + \left(\frac{y-\mu_y}{\sigma_y}\right)^2\right]}$$

Para un mayor número de variables la ecuación no sólo se complica sino que su representación misma resulta ser muy difícil si no imposible, de no recurrirse al álgebra matricial.

Haciendo uso del álgebra matricial para los casos multivariados, un vector X de dimensión (p x 1) tiene una distribución normal **p-variada** (o distribución normal **p-dimensional**) con vector media μ y matriz de covariancia Σ si su función de densidad está definida por

$$f_{(x)} = |2\pi|^{-\frac{1}{p}} e^{\left(-\frac{1}{2}(x-\mu)'\,\Sigma'\,(x-\mu)\right)}$$

donde $\Sigma > 0$ y μ finito, pudiendo representarse como $X \approx Np\ (\mu, \Sigma)$.

Los dos grandes grupos o conjuntos del universo multivariado están referidos, de un lado, ha aquellos que permiten extraer información acerca de la **interdependencia** entre las variables que caracterizan cada una de las observaciones, y, de otro lado, aquellos que permiten extraer información acerca de la **dependencia** entre una (o varias) variable(s) con otras (u otras).

Los métodos de Análisis Multivariado para determinar **interdependencia** entre variables o entre individuos más conocidos son el Análisis de Factores, el Análisis de Conglomerados o "Clusters", el Análisis de Correlación Canónica, el Análisis de Componentes Principales, el Análisis de Ordenamiento Multidimensional ("Scaling") y algunos Métodos No Paramétricos.

Los métodos de Análisis Multivariado para determinar **dependencia** entre variables o entre individuos más empleados son el Análisis de Regresión Multivariado, en Análisis de Contingencia Múltiple y el Análisis Discriminante.

En la presente investigación se hace uso del Análisis por Componentes Principales por ser uno de los más difundidos entre las técnicas multivariadas y porque permite estructurar un conjunto de datos que contienen múltiples variables, obtenidos de una población cuya distribución de probabilidad no necesita ser conocida. Los datos multivariados ofrecen la posibilidad de ser expresados en combinaciones lineales de las variables originales, de manera que en un número reducido de combinaciones es posible sintetizar la mayor parte de la información contenida en los datos originales. Es una técnica matemática que no necesita un modelo estadístico para explicar la estructura probabilística de los errores, aunque es posible suponer una distribución multinormal de la población o tener un tamaño de muestra que pueda asumir multinormalidad ya sea por el aumento en el número de variables o por el número de individuos que conforman la muestra.

El análisis por componentes principales se basa en una transformación lineal de las observaciones originales. Esta transformación, que es conocida en el campo del álgebra vectorial como generación de vectores y valores propios, permite definir que, dada una matriz

cuadrada **B** de dimensión (**p** x **p**), será posible encontrar un escalar λ (valores propios) y un vector **X** (vectores propios) de dimensión (**p** x **1**) tal que:

$$B X = \lambda X$$

donde se observa que la suma algebraica de los valores propios hallados es igual a la suma de los valores de la diagonal principal de la matriz original. Esta propiedad de los valores propios es importante porque cuando se calculan a partir de la matriz de covarianzas, la suma de los valores propios será igual a la suma de las variancias de las variables incluidas en la matriz, o sea la variación total.

6.2 METODO DE COMPONENTES PRINCIPALES

Es uno de los métodos de análisis multivariado más conocidos porque permite estructurar un conjunto de datos multivariados obtenidos de una población cuya distribución de probabilidades no necesita ser conocida. Los objetivos más importante del Análisis por Componentes Principales son:

- Generar nuevas variables que puedan expresar la información contenida en el conjunto original de datos.
- Reducir la dimensionalidad (el número de variables en estudio) de un problema para dar lugar a un análisis complejo.
- Descartar, cuando sea posible, algunas de las variables originales que aporten significativamente poco en la solución de un problema.

Las nuevas variables serán denominadas componentes principales y poseen las caracteristicas estadisticas de independencia (si se asume multinormalidad) y de no correlación. Cada componente principal sintetiza la máxima variablidad residual contenida en los datos.

Este método fue desarrollados en 1933 por HAROLD HOTELLING, quien tomó como base un trabajo original sobre el ajuste de un sistema de puntos en un multiespacio a una linea o a un plano publicado en 1901 por KARL PEARSON. La investigación primigenia de PEARSON se basaba en aquellos componentes (combinaciones lineales de variables originales) que poseían la mínima varianza no explicada, de manera que estas combinaciones lineales generaban un plano (función de las variables originales) en el cual el ajuste del sistema de puntos era el mejor debido a que la suma de ***las distancias de cada punto al***

plano de ajuste era mínima. En cambio, la contribución de HOTELLING se basaba en el análisis de *los componentes que sintetizaban la máxima variabilidad del sistema de puntos*; por ello se explica el apelativo de "principal". Como estos componentes resumen la mayor proporción posible de la variablidad total entre el conjunto de puntos de un multiespacio puede, mediante una cuidadosa inspección, encontrarse un medio para determinar relaciones entre los puntos.

En la contribución de HOTELLING, cada punto del multiespacio **p**-dimensional viene a ser el extremo de un vector **x** de manera que cada uno de sus elementos $x_{(j)}$ (para todo j = 1, 2, ..., p) viene a ser una medida de la variable j-ésima en un individuo dado. Si se miden **n** individuos, obtendremos **n** vectores **x** así como **n** puntos en el espacio de **p** dimensiones.

El análisis de componentes principales se aplica cuando disponemos de datos multivariados y no puede asumirse (sobre la base de conocimientos previos del universo en estudio) una estructura particular de las variables. Asimismo, cuando se desea conocer la relación entre los elementos de una población a partir de indicios claros de que en dicha relación influye de manera desconocida un conjunto de variables o de propiedades de los elementos constitutivos del universo poblacional.
Sea una matriz **X** con **n** observaciones de **k** variables tal como

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1k} \\ x_{12} & x_{22} & \cdot\cdot & x_{2k} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nk} \end{bmatrix}$$

donde las observaciones están expresadas en forma de desviaciones respecto a las medias muestrales porque se refieren al estudio de la variación de datos. ¿Cuántas dimensiones o qué grado de independencia existe entre el conjunto de las **k** variables?.

Considendo la transformación de las **X** en un nuevo conjunto de variables que no estén correlacionadas 2 a 2, tal que, la primera tenga la variancia máxima posible, la segunda la variancia máxima posible de entre las que no están correlacionadas con la primera, y así sucesivamente, se tiene:

$$z_{1t} = a_{11}\, x_{1t} + a_{21}\, x_{2t} + \ldots + a_{k1}\, x_{kt} \qquad \text{tal que} \qquad t = 1,2\ldots,n$$

exponiéndola en forma matricial puede se denota como **Ecuación 1**:

$$z_1 = Xa_1$$

donde z_1 un vector de **n** elementos y a_1 otro de **k** elementos. Luego, la suma de cuadrados de z_1 estará definida por la **Ecuación 2**:

$$z_1' z_1 = a_1' X' X a_1$$

Al aplicar la transformación lineal definida por la Ecuación 1, esta nueva variable originada debe ser ortogonal porque se asume que la transformación lineal (que produce los componentes principales) genera un nuevo conjunto de ejes o de coordenadas perpendiculares entre sí, de manera que el coseno del ángulo formado por cualesquiera de los ejes sea igual a 0. A continuación se procede a elegir el vector a_1 que maximice $z'_1 z_1$, colocando una restricción a a_1 porque en caso contrario $z'_1 z_1$ puede ser infinitamente grande, por lo que debe normalizarse haciendo

$$a'_1 a_1 = 1 \qquad \textbf{Ecuación 3.}$$

De esta manera el problema queda reducido a maximizar la Ecuación 2 sujeto a la Ecuación 3, que algorítmicamente se representa:

$$\textbf{Maximizar} \qquad z_1' z_1 = a_1' X' X a_1$$

$$\textbf{Sujeto a:} \qquad a'_1 a_1 = 1$$

Para resolverlo, se considera λ_1 como multiplicador de Lagrange y se define

$$\varphi = a_1' X' X a_1 - \lambda_1 (a_1' a_1 - 1)$$

Aplicando derivadas se tiene

$$\frac{\partial \varphi}{\partial a_1} = 2X'Xa_1 - 2\lambda_1 a_1$$

haciendo $\frac{\partial \varphi}{\partial a_1} = 0$ se obtiene la **Ecuación 4**: $(X'X)a_1 = \lambda_1 a_1$. Por tanto; a_1 es un vector latente de **X'X**, correspondiente a la raíz λ_1. De las Ecuaciones 2 y 4 se observa que:

$$z_1' z_1 = \lambda_1 a_1' a_1 = \lambda_1$$

De lo desarrollado debe tomarse λ_1 como la mayor raíz latente de **X'X**. De no existir colinealidad perfecta, la matriz **X'X** será definida positiva y por lo tanto tendrá raíces latentes. **Se concluye que la primera componente principal de X es z_1.**

De otro lado, si se define $z_2 = Xa_2$, se elige el vector a_2 que

$$\begin{aligned} &\textbf{Maximice} && a_2' X'X a_2 \\ &\textbf{Sujeto a} && a_2' a_2 = 1 \\ &\textbf{y} && a_1' a_2 = 0 \end{aligned}$$

La segunda condición de restricción se debe a que z_2 ha de ser incorrelacionado con z_1. La covariancia entre ambos vectores estará definida por

$$a_1' X'X a_2 = \lambda_1 a_1' a_2 = 0 \quad \text{siempre y cuando} \quad a_1' a_2 = 0$$

Si se define la siguiente relación donde λ_2 y μ son multiplicadores Lagrange y se procede a derivar

$$\varphi = a_2' X'X a_2 - \lambda_2 (a_2' a_2 - 1) - \mu (a_1' a_2)$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial a_2} = 2X'X a_2 - 2\lambda_2 a_2 - \mu a_1 = 0$$

premultiplicando por a_1' se obtiene la siguiente relación:

$$2a_1' X'X a_2 - \mu = 0$$

pero como

$$(X'X) a_1 = \lambda_1 a_1$$

$$a_2' (X'X) a_1 = \lambda_1 a_2' a_1 = 0$$

se establece que $\mu = 0$, obteniendo la **Ecuación 5**

$$(X'X) a_2 = \lambda_2 a_2$$

concluyendo que λ_2, debe ser la segunda raíz latente mayor de **X'X**, pudiendo procederse de esta manera para cada una de las **k** raíces de **X'X** e integrar los vectores hallados en la siguiente **Ecuación 6** que define una Matriz Ortogonal

$$A = [a_1 \quad a_2 \cdots a_k]$$

Se comprueba que las **k** componentes principales estarán determinadas por la matriz **Z** de orden **n** *x* **k** definida como

$$Z = XA \qquad \text{Ecuación 7}$$

Además; se define como **Ecuación 8** la siguiente relación:

$$Z'Z = A'X'XA = \Lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \lambda_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \lambda_k \end{bmatrix}$$

la cual demuestra que los componentes principales deben ser no-correlacionados dos a dos de tal manera que sus variancias están definidas por la siguiente **Ecuación 9**

$$z_i' z_i = \lambda_i \qquad \text{para todo} \qquad i = 1, \cdots, k$$

Si el rango de **X** fuese **r < k** serian nula **(k - r)** raíces latentes, y la variación de las **X** podría expresarse totalmente en función de **r** variables independientes. Asimismo, si **X** fuese de rango completo, alguna de las **λ** puede estar tan cercana a cero como para que un pequeño número de componentes principales expliquen gran parte de la variancia de las **X**. La variación total de las **X** estará definida por

$$\sum_t x_{1t}^2 + \sum_t x_{2t}^2 + \cdots + \sum_t x_{kt}^2 = \text{tr}\,(X'X)$$

pero como

$$\text{tr}\,(\Lambda'X'X\Lambda) = \text{tr}\,(X'X\Lambda\Lambda') = \text{tr}\,(X'X) \quad \text{porque} \quad \Lambda\Lambda' = 1$$

y, de acuerdo a la ecuación 8 se obtiene la siguiente relación

$$\sum_{l=1}^{k}\sum_{t=1}^{n} x_{lt}^2 = \mathrm{tr}\,(X'X) = \sum_{l=1}^{k} \lambda_l = z_1'z_1 + \cdots + z_k'z_k$$

En conclusión, las siguientes proporciones

$$\frac{\lambda_1}{\sum\lambda}, \quad \frac{\lambda_2}{\sum\lambda}, \cdots, \frac{\lambda_k}{\sum\lambda}$$

representan las proporciones respectivas con que cada componente principal aporta a la variación total de las **X**. Como las componentes son ortogonales, la suma de esos aportes resultan ser igual a la unidad. Para determinar la correlación entre la componente principal y las variables **X** , el vector $\mathbf{X'z_1}$ da los productos cruzados entre $\mathbf{z_1}$ y cada variable **X**; pero como

$$X'z_1 = X'Xa_1 = \lambda_1 a_1$$

la correlación entre $\mathbf{X_i}$ y $\mathbf{z_1}$ queda definida por la siguiente **Ecuación 10**

$$r_{i1} = \frac{\lambda_1 a_{i1}}{\sqrt{\lambda_1}\sqrt{\sum_{t=1}^{n} x_{it}^2}} = \frac{a_{i1}\sqrt{\lambda_1}}{\sqrt{\sum_{t=1}^{n} x_{it}^2}} \quad \textbf{para todo } i = 1, \cdots, k$$

en donde $\mathbf{a_{i1}}$ es el elemento **i-ésimo** del vector $\mathbf{a_1}$. En general, la correlación entre $\mathbf{X_i}$ y $\mathbf{z_j}$ queda establecido por

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}\sqrt{\lambda_j}}{\sqrt{\sum_{t=1} x_{it}^2}} \quad \textbf{para todo } i, j = 1, \cdots, k$$

Los coeficientes de correlación pueden ser utilizados para mostrar cómo se puede descomponer la variación de cada variable **X** en la contribución debida a cada componente. Así de **Z = XA** se obtiene **Z' = A'X'** e igualmente **X' = AZ'** porque **A** es ortogonal. De esta manera tomando en consideración la ecuación 8 se obtiene la siguiente relación matricial, que representa la **Ecuación 11**:

$$X'X = AZ'ZA' = A\,\Lambda\,A'$$

Con lo cual queda definida la siguiente **Ecuación 12**

$$\sum_{t=1}^{n} x_{it}^2 = \sum_{j=1}^{k} a_{ij}^2 \lambda_j \quad \text{para todo} \quad i = 1, \cdots, k$$

Si se divide ambos miembros de la ecuación precedente por $\sum_t x_{it}^2$ se obtiene la siguiente

Ecuación 13

$$1 = \frac{a_{i1}^2 \lambda_1}{\sum_t x_{it}^2} + \frac{a_{i2}^2 \lambda_2}{\sum_t x_{it}^2} + \cdots + \frac{a_{ik}^2 \lambda_k}{\sum_t x_{it}^2}$$

En esta ecuación los términos del segundo miembro son los cuadrados de los coeficientes de correlación definidos ya por la ecuación 11; de esta manera las proporciones de la variación de X_i asociados con los diversos componentes principales estarán dados por

$$r_{i1}^2, r_{i2}^2, \cdots, r_{ik}^2$$

Como los componentes principales están incorrelacionados, estas proporciones sumarán la unidad, tal como ha quedado establecida por la ecuación 13.

El desarrollo de Componentes Principales expuesto lineas arriba implica que todas las variables **X** están medidas en las mismas unidades, porque en caso contrario resultará dificil dar algún significado a conceptos tales como la variación total de las **X**, y la partición de la Variación Total en la contribución debido a cada componentes.

Se puede calcular las raíces y los vectores latentes de **X'X** aunque las dimensiones de las variables no sean iguales, siendo posible dar significado a las correlaciones establecidas por la ecuación 11 y a la partición definida por la ecuación 13, a pesar de que careciesen del mismo la partición de la Variación Total de las **X**. A veces los análisis se realizan después de que se han tipificado todas las variables **X**; es decir, después que se ha dividido cada desviación de la media muestral por $\sqrt{n}$ veces la desviación estándar muestral de la variable correspondiente.

Como **X'X** representa ahora la Matriz de los Coeficientes de Correlación de orden cero de las variables **X**, el análisis puede proseguir con esta matriz igual que antes, de

manera que se considera $\mathbf{tr}(X'X) = k$ y del desarrollo que sigue a la ecuación 8 se obtiene que

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \quad \cdots \quad + \lambda_k = k$$

Por tanto, las raíces y vectores latentes diferirán en general de los obtenidos mediante las variables sin tipificar, es decir, los Coeficientes de Correlación definidos en la ecuación 11 vienen afectados por las tipificaciones de las variables X.

Diversos programas computacionales pueden calcular los Componentes Principales de una matriz X dada y ver qué cantidad de variación de las X es explicada por las diversas componentes. Regularmente la intercorrelación de los datos económicos y sociales significa que un pequeño número de componentes explicará una proporción elevada de la Variación Total, por lo que es interesante disponer de una prueba para evaluar el número de componentes a retener en análisis posteriores.

Si se han determinado las raíces $\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_k$ y las r primeras raíces $\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_r$, tal que $(r < k)$, parecen ser lo suficientemente grandes y diferentes como para ser retenidas. El problema consiste en saber si las $(k - r)$ raíces restantes y sus correspondientes vectores y componentes son lo suficientemente parecidos como para poder concluir que los valores verdaderos son iguales. Una prueba muy aproximada se basa en la siguiente **Ecuación 14**

$$\rho = (\lambda_{r+1}\ \lambda_{r+2} \quad \cdots \quad \lambda_k)^{-1}\left(\frac{\lambda_{r+1} + \lambda_{r+2} + \cdots + \lambda_k}{k - r}\right)^{k-r}$$

esta prueba consiste en considerar que $n \log_e \rho$ siguen una distribución χ^2 con $\frac{1}{2}(k - r - 1)(k - r + 2)$ grados de libertad, siempre que la hipótesis nula de igualdad de las raíces latentes restantes sea cierta. Cabe esperar que en las aplicaciones prácticas el número r de componentes significativamente diferentes a retener sea significativamente menor que el de las variables k (que es de donde aquéllas se han calculado).

7. ACERCA DE LOS INDICES

En el campo de las Ciencias Sociales, muchos conceptos antes demasiados complejos están siendo hoy sujetos de análisis cuantitativos de manera que no sólo puede determinarse y compararse cualidades sencillas como edad, ingreso nominal, costos, sino que también pueden medirse determinadas cualidades como el estado moral, la inteligencia, la felicidad conyugal o determinadas características microambientales o agroecológicas.

Desde hace algunos años investigadores sociales como DAGUM C.(1987) **(26)** intentan comprometer las relaciones económicas en una economía total; esto implica en primer lugar, la agregación, es decir, la construcción de números índices. Así, la construcción de un índice singular a partir de datos económicos individuales resulta ser una agregación, como por ejemplo índices de producción industrial o de rendimiento agrícola a partir de datos relativos a la producción de bienes o rendimientos de cultivos individuales. Lamentablemente no se ha progresado mucho en este campo. Sin embargo, prestigiosas revistas científicas como ***Econometrica*** (et al.) han publicado algunos valiosos ensayos tales como los trabajos matemáticamente fascinantes de los econometristas norteamericanos KLEIN L. y MAY K **(59)**.; o de los franceses NATAF **(83)**, RAY y MALINVAUD **(84)**, y no tan recientemente el de la escuela holandesa de Amsterdam, quienes han comprobado lo dificultoso que resulta definir un "índice ideal". El enfoque propuesto por TINTNER (1986) **(107)**, basado en los componentes principales de HAROLD HOTELLING no es muy satisfactorio y no ha encontrado muchas aplicaciones, pero ha dejado una ruta muy prometedora.

La mayor parte de estos complicados conceptos están compuestos de una variedades de rasgos o de características individuales sorprendentes, donde un caso muy utilizado y comentado lo conforman los concursos de bellezas, que actualmente se definen computacionalmente mediante fórmulas índices que combinan las proporciones armonizadas de medidas corporales y características socio-culturales en un número índice.

Evidentemente, los problemas que encierra la construcción de los índices son múltiples; pero como lo señalan LAZARDSFELD-BARTON (1951)**(64)**, suelen agruparse alrededor de cuatro conceptos genéricos: exactitud (validez) del índice, utilidad teórica-práctica, economía y claridad. Por exactitud de un índice se entiende el grado en que logra determinarse el objeto cuya medición intenta llevarse a cabo. Estrictamente hablando, esto sólo puede aplicarse si el objeto es definido, o cuando menos designado en forma independiente antes que se haya construido el índice. Sólo en estas condiciones se puede determinar el grado de la exactitud del índice mediante la comparación de su magnitud con la del objeto cuyo lugar ocupa. Así es como se establece la clásica definición de que dada una

serie de valores de la variable **X**, registrados en el tiempo **1,2, ..., t ..., n**; respectivamente, se denomina número índice elemental de **X**, en el tiempo **t** y con respecto del tiempo **a**, al número

$$I_t = \frac{X_t}{X_a} \qquad \text{para todo } X_a \neq 0$$

donde al tiempo **a** se le denomina periodo base, de manera que las propiedades de los índices elementales resultan ser: la propiedad circulante, la propiedad de adición y la propiedad de multiplicación.

Hoy en día, esto constituye, antes que la regla más bien la excepción. Es frecuente por tanto que los índices económicos correspondan a esta categoría, debido a que en este campo todos los fenómenos tienen, por definición, un común denominador cuantitativo: el precio. Sin embargo, es también común hoy observar las fuertes críticas a esta metodología y sus mayores contradicciones se observan en países cuyos índices de desempleo han variado a favor, paralelo a impresionantes fases depresivas y a deterioros clamorosos en el empleo, por el solo hecho de cambios en los años bases.

En realidad no es requisito imprescindible definir el objeto de un índice para poder valorizar su exactitud; basta designar un objeto, en forma independiente, de manera que pueda compararse con el índice. Si se cuenta con bastantes observaciones mediante las cuales puedan compararse el valor del índice con el valor del objeto mismo, la exactitud del índice se expresaría como cierta medida de correlación entre las series de observaciones porque la exactitud del índice se encuentra relacionado con su objeto tal como una muestra estadística se encuentra con el conjunto de cosas o ideas, que abarca. En la presente investigación el Objeto-Índice resulta ser el Medio Ambiente de una extensa zona rural peruana.

De otro lado, el criterio de utilidad sobrepasa la relación formal que existe entre el índice y el objeto que índice, es decir, ¿Qué aplicación teórica o práctica puede dársele a este índice?. Si no existe ningún objeto-índice definido, tal pregunta va dirigida al propio índice, pero si existe dicho objeto, la pregunta sobre utilidad puede hacerse respecto a él, en vez de al índice. Por regla general, si los datos primarios no son demasiados limitados, el que construye el índice puede optar por hacer más intrincado y menos diáfano el índice, aunque más exacto, o lograr mayor economía y claridad a expensas de la exactitud.

En conclusión, en su forma genérica, el problema de la construcción de los índices es llegar a obtener una medida de una dimensión de un objeto que posee más dimensiones (del universo multivariado al univariado), lo cual se logra, bien haciendo que una de las dimensiones represente el total, o bien, por medio de la estadística matemática, lograr una fórmula o una metodología que combine dos o más dimensiones en una cifra. El proceso de la selección de los conceptos primarios y el desarrollo de la fórmula están orientados, al principio, por la idea general del objeto-índice; por regla general, la etapa siguiente es entonces determinar los dos valores extremos para el objeto-índice y la construcción correspondiente de la fórmula índice. Una vez que se logra que la fórmula refleje, en forma adecuada, también las gradaciones intermedias del objeto, se emprende la etapa final de la normalización del índice, en lo que respecta a la escala de valores y al punto medio. En la presente investigación, el Indice Ambiental estará definido por la metodología establecida por los Componentes Principales respecto a la matriz estandarizada definida en una tabla de doble entrada Variables Ambientales x Localidades Agrarias del valle del río Cañete.

El establecimiento de la correspondencia adecuada entre la fórmula y el objeto podrá realizarse mediante la comparación empírica, si el objeto es susceptible de medirse en forma independiente; es más frecuente que este proceso descanse en relaciones indirectas, basadas sólo en razonamientos de experiencias anteriores. En este caso el objeto-índice solamente adquirirá su definición exacta a través del proceso mismo de la construcción del índice. Por regla general, debe elegirse entre un índice más exacto o uno que pueda construirse en forma más económica. La justificación de un índice radica en su utilidad.

8. METODOLOGIA PARA EVALUAR LA ADAPTACION AMBIENTAL DE CULTIVOS

Los rendimientos productivos (Kg/Ha) pueden expresarse como una función lineal de las variables ambientales, y por tanto la metodología se basa en ajustar, los promedios de rendimientos de cultivos tradicionales y no tradicionales en estudio, a las variables ambientales.

El Medio Ambiente es la suma total de todos los factores cuantificables que contribuyen a la realización de las variedades (que es a la vez, el producto final conforme el ambiente interactúa con el cultivo). La función lineal basada en los modelos aditivos lineales biométricos ya descrito, fue formulada por EBERHART y RUSSELL **(24; 25)** y esta definida por la relación

$$Y_{ij} = \alpha_i + \beta_i l_j + \varepsilon_{ij} \quad \text{para todo} \quad (i = 1,2,\ldots,v \;\; ; \;\; j = 1,2,\ldots,g)$$

- Y_{ij}: respuesta del **i-ésimo** cultivo al **j-ésimo** ambiente.
- α_i: intercepto del **i-ésimo** cultivo.
- β_i: coeficiente de regresión o coeficiente respuesta **beta** del **i-ésimo** cultivo.
- ε_{ij}: error estocástico con distribución normal (media cero y variancia σ^2).

El índice ambiental del modelo se obtiene en base a variables identificadas y cuantificadas. La información para esta **p** (6 en nuestro estudio) variables ambientales se toma en cada uno de los **g** (7 en nuestro caso) ambientes utilizando **r** (4 para el presente trabajo) repeticiones. En el **Cuadro 1** se observa que los datos conforman una matriz **X** con **(gxr)** filas y **p** columnas. Una vez completados los datos se desarrolla la siguiente metodología:

1) Calculamr los promedios y las desviaciones estándar para cada una de las variables ambientales de acuerdo a la siguiente relación

$$\bar{x}_k = \frac{\sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{g} x_{ijk}}{gr} \quad \text{para todo} \quad k = 1,2,\ldots,p$$

$$s_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{g}\left(x_{ijk} - \bar{x}_k\right)^2}{(gr)-1}}$$

2) Estandarizar cada uno de los valores de la matriz **X**, mediante el uso de la siguiente expresión

$$z_{ijk} = \frac{x_{ijk} - \bar{x}}{\left(\sqrt{(gr)-1}\right)S_k}$$

- x_{ijk}: elemento de la matriz **X** correspondiente a la **i-ésima** repetición del **j-ésimo** ambiente y de la **k-ésima** variable ambiental.

- $\bar{x}_k$ y s_k: representan el promedio y la desviación estándar de la **k-ésima** variable ambiental respectivamente.
- z_{ijk}: valor estandarizado.

Como se trabaja con diferentes tipos de variables, la estandarización es efectuada para eliminar las unidades de medida en que han sido evaluadas dichas variables ambientales.

3) Una vez estandarizada la matriz **X**, se configura la matriz **Z** de dimensión **(gr)p**. Al efectuar la operación matricial **Z'Z** se determina la matriz de correlaciones **R**, de tal manera que: **R = Z'Z**, lo cual pasa a demostrarse matricialmente.

Sean los Datos Originales definidos por la siguiente matriz:

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1p} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_{n,1} & X_{n,2} & \cdots & X_{n,p} \end{bmatrix}_{(np)} \qquad \textbf{tal que:} \quad n = gr$$

Los Datos Estandarizados quedan definidos por:

$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} \dfrac{X_{11}-\bar{X}_1}{(\sqrt{n-1})S_1} & \dfrac{X_{12}-\bar{X}_2}{(\sqrt{n-1})S_2} & \cdots & \dfrac{X_{1p}-\bar{X}_p}{(\sqrt{n-1})S_p} \\ \dfrac{X_{21}-\bar{X}_1}{(\sqrt{n-1})S_1} & \dfrac{X_{22}-\bar{X}_2}{(\sqrt{n-1})S_2} & \cdots & \dfrac{X_{2p}-\bar{X}_p}{(\sqrt{n-1})S_p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \dfrac{X_{n1}-\bar{X}_1}{(\sqrt{n-1})S_1} & \dfrac{X_{n2}-\bar{X}_2}{(\sqrt{n-1})S_2} & \cdots & \dfrac{X_{np}-\bar{X}_p}{(\sqrt{n-1})S_p} \end{bmatrix}_{(np)} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & \cdots & Z_{1p} \\ Z_{21} & Z_{22} & \cdots & Z_{2p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Z_{n1} & Z_{n2} & \cdots & Z_{np} \end{bmatrix}_{(np)}$$

$$\mathbf{Z'Z} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{n}\left[\dfrac{X_{11}-\bar{X}_1}{(\sqrt{n-1})S_1}\right]^2 & \sum_{i=1}^{n}\left[\dfrac{X_{11}-\bar{X}_1}{(\sqrt{n-1})S_1}\right]\left[\dfrac{X_{12}-\bar{X}_2}{(\sqrt{n-1})S_2}\right] & \cdots & \sum_{i=1}^{n}\left[\dfrac{X_{11}-\bar{X}_1}{(\sqrt{n-1})S_1}\right]\left[\dfrac{X_{1p}-\bar{X}_p}{(\sqrt{n-1})S_p}\right] \\ \sum_{i=1}^{n}\left[\dfrac{X_{11}-\bar{X}_1}{(\sqrt{n-1})S_1}\right]\left[\dfrac{X_{12}-\bar{X}_2}{(\sqrt{n-1})S_2}\right] & \sum_{i=1}^{n}\left[\dfrac{X_{12}-\bar{X}_2}{(\sqrt{n-1})S_2}\right]^2 & \cdots & \sum_{i=1}^{n}\left[\dfrac{X_{12}-\bar{X}_2}{(\sqrt{n-1})S_2}\right]\left[\dfrac{X_{1p}-\bar{X}_p}{(\sqrt{n-1})S_p}\right] \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \sum_{i=1}^{n}\left[\dfrac{X_{11}-\bar{X}_1}{(\sqrt{n-1})S_1}\right]\left[\dfrac{X_{1p}-\bar{X}_p}{(\sqrt{n-1})S_p}\right] & \sum_{i=1}^{n}\left[\dfrac{X_{12}-\bar{X}_2}{(\sqrt{n-1})S_2}\right]\left[\dfrac{X_{1p}-\bar{X}_p}{(\sqrt{n-1})S_p}\right] & \cdots & \sum_{i=1}^{n}\left[\dfrac{X_{1p}-\bar{X}_p}{(\sqrt{n-1})S_p}\right]^2 \end{bmatrix}$$

donde se verifican al interior de la matriz las siguientes relaciones submatriciales

$$\sum_{i=1}^{n}\left[\frac{X_{ij}-\bar{X}_j}{\left(\sqrt{n-1}\right)S_j}\right]^2=\frac{1}{S_j^2}\sum_{i=1}^{n}\left[\frac{X_{ij}-\bar{X}}{\left(\sqrt{n-1}\right)}\right]^2=1 \quad \text{para todo } j=1,2,\cdots,p \text{ así como la relación relación}$$

$$\sum_{i=1}^{n}\left[\frac{X_{ij}-\bar{X}_j}{\left(\sqrt{n-1}\right)S_j}\right]\left[\frac{X_{ik}-\bar{X}_k}{\left(\sqrt{n-1}\right)S_k}\right]=\sum_{i=1}^{n}\frac{\left(X_{ij}-\bar{X}_j\right)\left(X_{ik}-\bar{X}_k\right)}{(n-1)S_jS_k}=\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(X_{ij}-\bar{X}_j\right)\left(X_{ik}-\bar{X}_k\right)}{(n-1)\sqrt{S_j^2S_k^2}}$$

$$=\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(X_{ij}-\bar{X}_j\right)\left(X_{ik}-\bar{X}_k\right)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left(X_{ij}-\bar{X}_j\right)^2\sum_{i=1}^{n}\left(X_{ik}-\bar{X}_k\right)^2}}=r_{jk} \quad \text{para todo } j=1,2,\cdots,(p-1);\ k=2,3,\cdots,p;\ \text{tal que } j\neq k$$

donde r_{jk} es la correlación entre la **j-ésima** variable ambiental y la **k-ésima** variable ambiental respectivamente.

Operando de acuerdo a la siguiente ecuación matricial

$$[Z'Z]=\begin{bmatrix}1 & r_{12} & r_{13} & \cdots & r_{1p}\\ r_{21} & 1 & r_{23} & \cdots & r_{2p}\\ r_{31} & r_{32} & 1 & \cdots & r_{3p}\\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots\\ r_{p1} & r_{p2} & r_{p3} & \cdots & 1\end{bmatrix}_{(p*p)}=R$$

donde **R** es la Matriz de Correlación de dimensión (**p** x **p**) que contiene las correlaciones entre todas las variables ambientales. Esta matriz es simétrica con el número uno en la diagonal principal.

4) Determinado la matriz de correlación **R**, se calculan los valores caracteristicos, eligiéndose el de mayor valor. Asociado a este valor característico se calcula el correspondiente vector característico, tal que la combinación lineal $a_1X_1+a_2X_2+\cdots+a_pX_p$ será el Componente Principal de **X**, y donde $a_1,a_2,\cdots,a_p$ serán los elementos del vector característico asociado al mayor valor característico de la Matriz **R**. El mayor valor característico será también la Variancia del primer Componente Principal.

Como el objetivo es analizar el efecto sobre el rendimiento de diversos cultivos tradicionales y no tradicionales, por parte de un índice de diferentes variables ambientales, se elige el Primer Componente Principal porque es la combinación lineal que presenta la mayor variabilidad.

El Vector Característico será calculado mediante el Programa STATGRAPHICS versión 6.1 empleando los Menúes ANOVA AND REGRESION ANALYSIS y ADVANCED PROCEDURES que contienen las opciones Analysis of Variance, Regresion Analysis Functions, Categorical Data y Multivariate Methods respectivamente.

Las ponderaciones $a_1, a_2, \cdots, a_p$ son multiplicadas por los promedios estandarizados de la **p** variables ambientales para cada uno de los **g** ambientes con el fin de obtener el valor del índice ambiental que será empleado en los cálculos de las respuestas **beta (ß)**, que viene a ser el coeficiente de respuesta del **i-ésimo** cultivo estudiado.

9. METODOLOGIA DEL CALCULO DE LAS RESPUESTAS BETA (ß)

Se trabaja sobre la información obtenida para el rendimiento de los **V** (13) cultivos tradicionales y no tradicionales investigados en el valle de Cañete, los cuales son tomados en cada uno de los **g** (7) ambientes para las **r** (4) repeticiones en que fueron registrados también las variables ambientales. Con estos datos se conforma una Matriz **(g x r)** filas y **(V)** columnas. Con la información registrada sobre los rendimientos para el período 1991-1995 **(Y)** de 13 cultivos tradicionales y no tradicionales estudiados, se continua con los siguientes pasos para obtener las respuestas **beta (ß)**.

1) Calcular los promedios para cada una de la **V** variedades de cultivo en cada uno de los **g** ambientes

$$\overline{Y}_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^{r} Y_{ijk}}{r} \quad \text{para todo} \quad j = 1,2,\cdots,g; \quad k = 1,2,\cdots,v$$

así como los promedios de todas las variedades en cada uno de los ambientes

$$\bar{\bar{Y}}_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^{r}\sum_{k=1}^{Y} Y_{ijk}}{rv} \quad \text{para todo} \quad j = 1,2,\cdots,g; \quad k = 1,2,\cdots,v$$

2) Determinar la regresión de los promedios de los **k-ésimos** cultivos en cada uno de los **g** ambientes sobre el índice ambiental, obteniendo **V** regresiones y siendo cada una de ella el Modelo de Respuesta **beta** de la Variedad de Cultivo. Las **pendientes** resultantes de las regresiones se denominan Coeficientes de Respuesta **beta** (ß) del Cultivo tradicional y no tradicional estudiado.

3) Se procede luego a calcular la regresión del rendimiento productivo promedio de todas los cultivos en los **g** ambientes sobre el índice ambiental. Esta regresión es denominada **Modelo de Respuesta Beta (ß) Promedio** y la pendiente de la regresión es denominada **Coeficiente de Respuesta Beta (ß) Promedio**. Este paso es equivalente a calcular el promedio de los coeficientes de respuesta beta de los cultivos halladas en el paso anterior, tal como se demuestra a continuación.

De la información correspondiente a las variedades de cultivo y de los índices ambientales:

V_k	I_i
$\bar{Y}_{1k}$ $\bar{Y}_{2k}$ . . . $\bar{Y}_{gk}$	I_1 I_2 . . . I_g
$\bar{\bar{Y}}_g$	

El Coeficiente de Respuesta beta (ß) de la k-ésima variedad b_k está determinado por

$$b_k = \frac{\sum_{j=1}^{g}\left(\bar{Y}_{jk} - \bar{Y}_k\right)\left(I_j - \bar{I}\right)}{\sum_{j=1}^{g}\left(I_j - \bar{I}\right)^2} = \frac{\sum_{j=1}^{g}\bar{Y}_{jk}I_j - \frac{\left(\sum_{j=1}^{g}\bar{Y}_{jk}\right)\left(\sum_{j=1}^{g}I_j\right)}{g}}{\sum_{j=1}^{g}I_j^2 - \frac{\left(\sum_{j=1}^{g}I_j\right)^2}{g}} \qquad \text{como} \quad \sum_{j=1}^{g}I_j = 0 \quad \text{entonces} \quad b_k = \frac{\sum_{j=1}^{g}\bar{Y}_{jk}I_j}{\sum_{j=1}^{g}I_j^2}$$

Para todo $k = 1,2,3 \cdots, v$

De igual manera puede demostrarse que el Coeficiente de Respuesta **Beta** Promedio es:

$$b^* = \frac{\sum_{j=1}^{g}\left(\bar{Y}_j - \bar{Y}^*\right)\left(I_j - \bar{I}\right)}{\sum_{j=1}^{g}\left(I_j - \bar{I}\right)^2} = \frac{\sum_{j=1}^{g}\bar{Y}_jI_j}{\sum_{j=1}^{g}I_j^2}$$

Ahora bien, si $\bar{b}$ es el promedio de los Coeficientes de Respuesta **Beta** de los **V** Cultivos, entonces:

$$\bar{b} = \sum_{k=1}^{v}\frac{b_k}{v} = \frac{b_1 + b_2 + \cdots + b_v}{v} = \frac{\left[\frac{\sum_{j=1}^{g}\bar{Y}_{j1}I_j}{\sum_{j=1}^{g}I_j^2}\right] + \left[\frac{\sum_{j=1}^{g}\bar{Y}_{j2}I_j}{\sum_{j=1}^{g}I_j^2}\right] + \cdots + \left[\frac{\sum_{j=1}^{g}\bar{Y}_{jv}I_j}{\sum_{j=1}^{g}I_j^2}\right]}{V} =$$

$$= \frac{\sum_{j=1}^{g}\bar{Y}_{j1}I_j + \sum_{j=1}^{g}\bar{Y}_{j2}I_j + \cdots + \sum_{j=1}^{g}\bar{Y}_{jv}I_j}{V\sum_{j=1}^{g}I_j^2} = \frac{\sum_{j}^{g}\left(\bar{Y}_{1j}I_j + \bar{Y}_{j2}I_j + \cdots + \bar{Y}_{jv}I_j\right)}{V\sum_{j=1}^{g}I_j^2} =$$

$$\frac{\sum_{j=1}^{g}\left(\bar{Y}_{j1} + \bar{Y}_{j2} + \cdots + \bar{Y}_{jv}\right)I_j}{V\sum_{j=1}^{g}I_j^2} = \frac{\sum_{j=1}^{g}\left(\sum_{k=1}^{v}\bar{Y}_{jk}\right)I_j}{V\sum_{j=1}^{g}I_j^2} = \frac{\sum_{j=1}^{g}\bar{Y}_jI_j}{\sum_{j=1}^{g}I_j^2}$$

Es decir, el promedio de los coeficientes de respuesta beta (ß) de los cultivos en estudio es igual al coeficiente de repuesta beta (ß) promedio ($b^* = \bar{b}$).

4) Se procede a realizar el Análisis de Variancia (ANVA) de las regresiones de cada cultivo versus el índice ambiental con el fin de demostrar la Hipótesis de que las pendientes de los cultivos son iguales. El cuadro resumen es expuesto a continuación:

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio
Regresión	V	$\sum_{k=1}^{v} b_k^2 \sum_{j=1}^{g} I_j^2$	CM_{reg}
Residual	V (g - 2)	Por diferencia	$Cm_{res} = S^2$
Total	V (g - 1)	$\sum_{k=1}^{v}\sum_{j=1}^{g}\left(\bar{Y}_{jk} - \bar{Y}_j\right)^2$	

5) A continuación se comparan los coeficientes de respuesta **beta (ß)** de los **V** cultivos con el coeficiente de respuesta **beta (ß)** promedio. Si el coeficiente de respuesta **beta (ß)** de la **k-ésima** variedad es igual estadisticamente al coeficiente de respuesta **beta (ß)** promedio, el cultivo es ampliamente adaptable a las condiciones de producción en estudio.

Cuanto más cercano a cero sea la diferencia de estos dos coeficientes más aceptables y adaptables será el cultivo tradicional y no tradicional. Esto se comprueba con una prueba **t** para la hipótesis $H_0: \beta_i - \bar{\beta} = 0$, en la que el error estándar estimado para la diferencia entre cualquier respuesta beta (ß) del cultivo (b_i) y la pendiente común $(\bar{b})$, es la raiz cuadrada de la Variancia. A saber:

$$\hat{\mathbf{V}}\mathbf{ar}\,(b_i - \bar{b}) = \frac{(V-1)\quad S^2}{V\sum_{j=1}^{g} I_j^2}$$

La demostración de esta última relación Estadístico-Matemática es desarrollada a continuación:

Como;

$$\mathbf{Var}\quad(\hat{\beta}_i - \hat{\beta}) = \mathbf{Var}\quad(\hat{\beta}_i) + \mathbf{Var}\quad(\hat{\bar{\beta}}) - 2\mathbf{COV}\quad(\hat{\beta}_i\,\hat{\bar{\beta}})$$

Del siguiente desarrollo estadístico-matemático;

$$b_i = \frac{SP_{xiY}}{SC_x} = \frac{\sum_{j=1}^{g} I_j Y_{ij}}{\sum_{j=1}^{g} I_j^2} = \frac{\sum_{j=1}^{g} I_j \left(\alpha + \beta_i I_j + \varepsilon_{ij}\right)}{\sum_{j=1}^{g} I_j^2} = \beta_i + \frac{\sum_{j=1}^{g} I_j \varepsilon_{ij}}{\sum_{j=1}^{g} I_j^2}$$ factorizando obtenemos

$$\left(b_i - \beta_i\right) = \frac{\sum_{j=1}^{g} I_j \varepsilon_{ij}}{\sum_{j=1}^{g} I_j^2}$$

Asimismo, siguiendo el procedimiento desarrollado, de;

$$\bar{b} = \frac{SP_{\bar{Y}x}}{SC_x} = \frac{\sum_{j=1}^{g} I_j \bar{Y}_j}{\sum_{j=1}^{g} I_j^2} = \frac{\sum_{j=1}^{g} I_j \left(\sum_{i=1}^{v} \frac{Y_{ij}}{v}\right)}{\sum_{j=1}^{g} I_j^2} = \frac{i}{V} \sum_{i=1}^{v} \frac{\left(\sum_{j=1}^{g} I_j Y_{ij}\right)}{\sum_{j=1}^{g} I_j^2} = \frac{1}{V} \sum_{i=1}^{v} \left[\beta_i + \frac{\sum_{j=1}^{g} I_j \varepsilon_{ij}}{\sum_{j=1}^{g} I_j^2}\right] =$$

$$= \sum_{i=1}^{v} \frac{\beta_i}{V} + \frac{1}{V} \sum_{i=1}^{v} \left[\frac{\sum_{j=1}^{g} I_j \varepsilon_{ij}}{\sum_{j=1}^{g} I_j^2}\right] = \bar{\beta} + \frac{1}{V} \sum_{i=1}^{v} \left[\frac{\sum_{j=1}^{g} I_j \varepsilon_{ij}}{\sum_{j=1}^{g} I_j^2}\right]$$ factorizando obtenemos;

$$\left(\bar{b} - \bar{\beta}\right) = \frac{1}{V} \sum_{i=1}^{v} \left[\frac{\sum_{j=1}^{g} I_j \varepsilon_{ij}}{\sum_{j=1}^{g} I_j^2}\right]$$

Se obtiene:

$$\operatorname{cov}\left(b_k\, b\right) = E\left\{\left[b_k - E\left(b_k\right)\right]\left[\bar{b} - E\left(\bar{b}\right)\right]\right\} = E\left[\left(b_k - \beta_k\right)\left(\bar{b} - \bar{\beta}\right)\right] = E\left\{\left[\frac{\sum_{j=1}^{g} I_{j}\, \varepsilon_{kj}}{\sum_{j=1}^{g} I_{j}^{2}}\right]\left[\frac{1}{v}\sum_{i=1}^{v}\left(\frac{\sum_{j=1}^{g} I_{j}\, \varepsilon_{ij}}{\sum_{j=1}^{g} I_{j}^{2}}\right)\right]\right\}$$

$$= E\left\{\left[\frac{\sum_{j=1}^{g} I_{j}\, \varepsilon_{kj}}{\sum_{j=1}^{g} I_{j}^{2}}\right]\left[\sum_{i=1}^{v}\left(\frac{\sum_{j=1}^{g} I_{j}\, \varepsilon_{ij}}{v\sum_{j=1}^{g} I_{j}^{2}}\right)\right]\right\} = E\left[\sum_{i=1}^{v}\left(\frac{\sum_{j=1}^{g} I_{j}\, \varepsilon_{kj}}{\sum_{j=1}^{g} I_{j}^{2}}\right)\left(\frac{\sum_{j=1}^{g} I_{j}\, \varepsilon_{ij}}{v\sum_{j=1}^{g} I_{j}^{2}}\right)\right] = \sum_{i=1}^{v} E\left[\left(\frac{\sum_{j=1}^{g} I_{j}\, \varepsilon_{kj}}{\sum_{j=1}^{g} I_{j}^{2}}\right)\left(\frac{\sum_{j=1}^{g} I_{j}\, \varepsilon_{ij}}{v\sum_{j=1}^{g} I_{j}^{2}}\right)\right]$$

$$= \frac{1}{v} E\left[\left(\frac{\sum_{j=1}^{g} I_{j}\, \varepsilon_{kj}}{\sum_{j=1}^{g} I_{j}^{2}}\right)^{2}\right] + \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq k}}^{v} E\left[\frac{\left(\sum_{j=1}^{g} I\varepsilon_{kj}\right)\left(\sum_{j=1}^{g} I_{j}\, \varepsilon_{ij}\right)}{v\sum_{j=1}^{g} I_{j}^{2}}\right] = \frac{1}{v} E\left(\left[\frac{\sum_{j=1}^{g} I_{j}\, \varepsilon_{kj}}{\sum_{j=1}^{g} I_{j}^{2}}\right]^{2}\right) + 0$$

$$= \frac{1}{v} E\left[\left(\frac{\sum_{j=1}^{g} I_{j}\, \varepsilon_{kj}}{\sum_{j=1}^{g} I_{j}^{2}}\right)^{2}\right] = \frac{1}{v}\frac{\sigma^{2}}{\sum_{j=1}^{g} I_{j}^{2}}$$

Además tenemos que;

$$\operatorname{Var}\left(b_k\right) = E\left\{\left[b_k - E\left(b_k\right)\right]^{2}\right\} = E\left[\left(b_k - \beta_k\right)^{2}\right] = E\left[\left(\frac{\sum_{j=1}^{g} I_{j}\, \varepsilon_{kj}}{\sum_{j=1}^{g} I_{j}^{2}}\right)^{2}\right] = 2E\left[\frac{\sum_{j=1}^{g}\sum_{i=1}^{g} I_{j}\, I_{i}\, \varepsilon_{kj}\, \varepsilon_{ki}}{\left(\sum_{j=1}^{g} I_{j}^{2}\right)^{2}}\right]_{i>j}$$

$$= E\left[\frac{\sum_{j=1}^{g} I_{j}^{2}\, \varepsilon_{kj}^{2}}{\left(\sum_{j=1}^{g} I_{j}^{2}\right)^{2}}\right] = \frac{\sigma^{2}}{\sum_{j=1}^{g} I_{j}^{2}}$$

Asimismo se tiene que;

$$\mathbf{Var}(\bar{b}) = \mathbf{E}\left\{\left[\bar{b} - \mathbf{E}(\bar{b})\right]^2\right\} = \mathbf{E}\left[(\bar{b} - \bar{\beta})^2\right] = \mathbf{E}\left\{\left[\frac{1}{V}\sum_{i=1}^{v}\left(\frac{\sum_{j=1}^{g} I_j \varepsilon_{ij}}{\sum_{j=1}^{g} I_j^2}\right)\right]^2\right\} = \frac{1}{V^2}\sum_{i=1}^{v}\mathbf{E}\left(\frac{\sum_{j=1}^{g} I_j \varepsilon_{ij}}{\sum_{j=1}^{g} I_j^2}\right)^2$$

$$= \frac{1}{V^2}\sum_{i=1}^{v}\mathbf{V}(b_i) = \frac{1}{V}\left(\frac{\sigma^2}{\sum_{j=1}^{g} I_j^2}\right)$$

Luego $\mathbf{COV}(b_k, \bar{b}) = \mathbf{V}(\bar{b})$

Por lo tanto: $\mathbf{Var}(b_k - \bar{b}) = \mathbf{Var}(b_k) - \mathbf{Var}(\bar{b})$

Entonces: $\mathbf{Var}(b_k - \bar{b}) = \dfrac{(V-1)\sigma^2}{V\sum_{j=1}^{g} I_j^2}$

En consecuencia: $\mathbf{Var}(b_k - \bar{b}) = \dfrac{(V-1)S^2}{V\sum_{j=1}^{g} I_j^2}$

La metodologia multivariada-regresional de respuesta Beta es el ajuste de los rendimientos promedios Kg/Ha (las variables input-variable explicada) pertenecientes a una población de cultivos, tal que los rendimientos son considerados como una función lineal de las medidas ambientales (variables output-variable explicativa). Una motivación para el desarrollo de la técnica de respuestas beta es preservar la separación de identidades entre el cultivo, el efecto y el medio ambiente. El ambiente resulta ser la suma total de toda la participación de factores ambientales que son causa y que contribuyen al rendimiento Kg/Ha del cultivo. Esta separación de identidades entre cultivos y medio ambiente es consistente con la definición dada por BILLINGS (1952) **(10)**, que considera que el ambiente incluye todas las fuerzas externas o exógenas y sustancias que afectan el crecimiento, estructura y reproducción de los cultivos; el cultivo o componentes como sus rendimientos Kg/Ha productivos no son para él fuerzas externas (exógenas); esto implica que las bondades ambientales podrían ser determinadas a partir sólo de las mediciones de fuerzas externas y no desde las mediciones cultivares.

La originalidad de la respuesta beta reside en que mantiene separados los cultivos y sus ambientes físicos para posteriormente relacionarlos mediante el concepto de adaptabilidad o estabilidad cultivar ambiental; siendo un intento para ligar dos mediciones cuantitativas de diferente naturaleza: Rendimiento Productivo cultivar e Indice Ambiental, los cuales son funcionalmente relacionados en el verdadero sentido de causa-efecto. La respuesta beta viene a ser por tanto una descripción de un particular aspecto de esta relación funcional.

CAPITULO II

APLICACION DEL MODELO EN EL VALLE DEL RIO CAÑETE

1. ENTORNO ECONOMICO SOCIAL DEL ESTUDIO

Para el primer trimestre de 1996, fecha en que se concluyó la presente investigación, el Perú había superado en gran parte sus indicadores macroeconómicos que exhibía en 1990. En aquel año el Producto Bruto Interno (PBI) había decrecido por tercer año consecutivo con una caída acumulativa del 20%, el nivel de precios aumentó 77 veces sólo en aquel año, la presión tributaria era el 4% del PBI, el déficit económico alcanzaba el 8.9% del PBI, las reservas internacionales que durante el primer quinquenio de los ochenta fue siempre superior a los US $ 700 millones cayó a niveles impensables de US $ - 158 millones en julio de 1990, los salarios reales representaban el 56% de los salarios de 1986, el auge de la coca (con más de 260,000 hectáreas cultivadas) generaba divisas que eran más de la mitad de las exportaciones formales del país.

Hacia 1996 (primer trimestre) algunos indicadores pueden aseverar que el plan económico del actual gobierno, basado en premisas neoliberales, había obtenido los metas que los acreedores del país, el Fondo Monetario Internacional y el banco Mundial demandaban urgentemente. Así tenemos:

PRODUCTO BRUTO INTERNO (PBI)
(Variación Porcentual)

	1994/1993	1995/1994	1996/1995 Ene-Mar
Agropecuario	14.0	7.4	(0.2)
Agrícola	16.9	6.0	(0.7)
Pecuario	8.2	10.6	0.6
Pesca	23.1	(14.6)	(23.7)
Minería	4.3	2.6	0.2
Manufactura	15.8	4.5	(2.3)
Construcción	34.5	17.6	(4.2)
Gobierno	0.1	0.3	1.6
Otros	10.8	8.8	(1.0)
Comercio	17.5	12.9	(1.3)
Resto	7.5	6.6	(0.8)
PBI	12.8	6.9	(1.6)

Fuente: MEMORIA BCRP 1996

donde destaca una tasa de crecimiento acumulado del 7.4% para el sector agropecuario que fue la tercera consecutiva para el periodo 1990-95, que se sustenta en un incremento del 10.6% del subsector pecuario. Los cultivos de consumo industrial de mayor crecimiento

fueron: soya (71.4%), olivo (37.7%), orégano (24.4%), marigold (20.5%), algodón rama (27.8%), cacao (19.4%), caña de azúcar (14.0%) y café (3.7%), según datos del Ministerio de Agricultura expuesto en su Boletin Ejecutivo de Enero a Marzo de 1996.

Sin embargo, este cuadro nos adelanta que el nuevo modelo de desarrollo del gobierno se erige sobre la base de una economía primario exportadora, lo cual coincide con la terminología manejada por algunos académico: "Reprimarización". Puede señalarse que para el mismo periodo el PBI del subsector agroindustrial tuvo una tasa de crecimiento del 1.2% basado en incrementos productivos de alimentos balanceados (6.7%), avena elaborada (186.0%) y leche (10.2%), todos ellos con altisimos componentes de insumos importados, lo cual requiere un análisis de la Balanza de Pagos, particularmente de la Balanza Comercial para el mismo periodo en estudio.

RESUMEN DE LA BALANZA DE PAGOS
(Millones de U.S. dólares)

AÑOS	1993	1994	1995
I BALANZA EN CUENTA CORRTE.	(1 646)	(2 101)	(3 748)
II. CUENTA DE CAPITAL	(79)	(17)	46
Total I + II	(1 724)	(2 118)	(3 702)
III. CUENTA FINANCIERA	1531	3 054	2 562
Total I + II + III	(193)	936	(1 140)
ERRORES Y OMISIONES NETOS	840	1 044	1 243
Total I + II + III + IV	647	1 980	103
Ingreso PRIVATIZACIONES	160	2 086	638

Fuente: BCRP, MEF, ADUANAS y empresas.
Elaboración: Autor de la Tesis

Se comprueba que los crecientes volúmenes de importaciones generan una balanza comercial deficitaria, cuyo componente agropecuario está correlacionado con un desarrollo asimétrico basado en un mercado interno que privilegió las manufacturas en desmedro del agro y del sector exportador, que mantuvo su sesgo primario clásico.

La participación de la actividad agraria en el PBI ha disminuido del 60% en la década de los cuarenta al 20% en la década de los cincuenta hasta un 11.3% en la presente década,

generando a la vez ocupación al 34% de la Población Económicamente Activa (PEA). Si se considera su correlación con el sector manufacturas a través de la agroindustria y el transporte agropecuario, la participación del sector agraria aumentaría hasta el 22% y generaría empleo a cerca del 47% de la PEA. Es que el agro y sus labores afines constituyen una actividad económica descentralizada por excelencia, cuyo desarrollo contribuye al aumento sostenido del ingreso rural, una de las zonas más pobres del país y en la redistribución del ingreso.

Uno de los indicadores económicos oficiales que llama la atención es el referente a la evolución de los rendimientos de los principales cultivos de la Costa y la Sierra para el periodo 1970-1995, porque registra modestos incrementos, con la excepción del arroz que se elevó de 4.1 a 4.9 TM/Ha mediante altos subsidios. La ancestral papa sólo ha logrado rendimientos de 6.1 a 7.2 TM/Ha, mientras que en países industrializados se obtienen rendimientos mayores a 35 o 40 TM/Ha.

La Balanza Comercial Agropecuaria que tradicionalmente fue positiva comienza en 1980 a decrecer y se afirma como deficitaria, fundamentalmente porque en dos década (1970-90) las importaciones se quintuplicaron mientras que las exportaciones sólo crecieron en un 56%, según cifras oficiales del Ministerio de Agricultura.

La Balanza Comercial Agropecuaria para el periodo 1994/1995 en términos de valor fue negativa (U.S. $ 939 Millones), monto superior en 11.4% al periodo 1994/1993. Si bien las exportaciones crecieron en 4% para 1995, el rubro de exportaciones tradicionales aportó el 22%, debido a las mayores exportaciones de café (61%) y de algodón (70%), cultivos muy sensibles a las variaciones de los precios internacionales y a los poderosos oligopolios. De otro lado, las exportaciones no tradicionales disminuyeron para el mismo periodo debido a un menor volumen de exportación de espárragos (31%), harina de marigold (17%) y carmín de cochinilla (31%), aunque el valor de las exportaciones no tradicionales se incrementó en 23% debido a que el nivel de precios en el mercado internacional para dichos cultivos se mantuvo en niveles altos. Asimismo, pese a disminuirse el volumen de las exportaciones para el mismo periodo, el valor de las mismas se incrementaron en un 5.5% debido a mayores importaciones

de maíz duro (46.9%), torta de soya (33.1) y fosfato de amonio (20%) cuyos precios en el mercado internacional se mantuvieron en alza todo el año.

BALANZA COMERCIAL AGROPECUARIA 1994 - 1995
(Miles de U.S. $ FOB)

PRINCIPALES PRODUCTOS	VALOR ACUMULADO		
AÑOS Y RELACION PORCENTUAL	1995	1994	VAR (%)
EXPORTACION	**371,895**	**259,463**	**43.3**
TRADICIONALES	**227,981**	**142,288**	**60.3**
Café	201,847	118,604	70.2
Azúcar	16,140	19,092	(15.5)
Algodón	9,994	4,591	117.7
NO TRADICIONALES	**143,915**	**117,175**	**22.8**
Espárragos Preparados	46,023	40,129	14.7
Carmín de Cochinilla	12,759	6,536	95.2
Manteca de Cacao	14,023	10,492	33.7
Harina de Marigold	10,783	13,404	(19.6)
Frijoles	8,655	6,434	34.5
Otros	51,672	40,182	28.6
IMPORTACION	**566,649**	**553,417**	**2.4**
AGRICOLA	**267,653**	**241,919**	**10.6**
Trigo	119,870	111,441	7.6
Maíz Amarillo Duro	79,202	61,738	28.3
Arroz Blanqueado	39,015	36,026	8.3
Otros	29,566	32,714	(9.6)
PECUARIO	**9,584**	**14,263**	**(32.8)**
AGROINDUSTRIAL	**236,625**	**255,728**	**(7.5)**
Azúcar	60,822	72,629	(16.3)
Leche Sólida LEP	42,433	37,922	11.9
Aceite de Soya	37,636	46,447	(19)
Torta de Soya	24,128	23,480	2.8
Otros	71,607	75,250	(4.8)
FERTILIZANTES	**52,787**	**41,507**	**27.2**
Urea	33,026	20,221	63.3
Fosfato de Amonio	5,730	3,862	48.4
Otros	14,030	17,424	(19.5)
SALDO COMERCIAL	**(194,753)**	**(293,954)**	**(33.7)**

Fuente: Boletín Estadístico del Sector Agrario 1996. Ministerio de Agricultura.
Elaboración: Autor de la tesis

El componente deficitario comercial es una constante en el modelo neoliberal que desarrolla el actual gobierno que, acompañado con altas tasas de subempleo y de desempleo, constituyen elementos que pueden desestabilizar los actuales logros que exhiben. El actual modelo económico no logra enfrentar los siguientes males de nuestra estructura productiva y formación social:

1. Una inversión crónicamente insuficiente en relación al crecimiento de la población y a una tecnología empleada por las ramas productivas más dinámicas que no aprovechan el factor más abundante: la mano de obra, generándose de esta forma una lenta expansión del mercado interno y una persistencia de sectores no mercantiles y precapitalistas. No se aumenta substantivamente la productividad de los bienes salariales disminuyendo el valor de la fuerza de trabajo, asalariando a su vez mayores contingentes poblacionales; asimismo no mantiene una tasa de inversión estable y creciente que permita el aumento constante de la productividad de la fuerza de trabajo.
2. Este primer proceso interno genera un contingente creciente poblacional que ingresa a un mundo laboral informal, inestable, no capitalista sino mercantil, denominado eufemíticamente subempleo o empleo disfrazado. Población que está "ocupada" con reducidos ingresos, bajas productividades, ocultando "estadísticamente" el desempleo abierto. Altas tasas de ganancias que tienen como correlato una distribución de ingresos asimétrica, pues la mayor parte de la PEA no recibe salarios y sus ingresos tienden a estar por debajo de los niveles de subsistencias debido a carencia de capital o de recursos productivos.
3. La demanda de los trabajadores es relativamente pequeña y no constituye un incentivo para la inversión, estableciéndose dos tipos de conflictos o luchas sociales, la que se desarrolla entre asalariados y no asalariados, y, las que se da entre trabajadores y capitalistas. La estabilidad social y el crecimiento requieren la intervención del Estado, pues ni la falta de inversión ni los conflictos distributivos tienen solución bajo regímenes con predominio de "economías de mercado", sino que requieren definir una política de inversiones y de distribución.
4. La política de ajuste recesivo no ha logrado superar la carencia de inversiones productivas y generadoras de puestos de trabajo. No ha solucionado el problema del estancamiento de la oferta exportable impidiendo que la economía retorne a tasas de crecimiento sostenido porque se ha reducido el ahorro y el producto potencial. Por ello las contradicciones estadísticas que se suscitan en torno al PBI, a la deuda externa y a la tasa de empleo. Contrariamente a los postulados neoliberales, y pese a la "flexibilidad laboral", la capacidad de generar empleo adecuado disminuye y el subempleo por ingresos y el desempleo

abierto aumentan. Una explicación inmediata a la incapacidad de inversión productiva pese a tener estadísticamente una capacidad de ahorro muy grande, puede darse a partir del volumen de la deuda externa y sus actuales flujos de servicios que desangran una economía pobre que ha perdido su estructura productiva interna con la apertura del mercado y que ha entregado sus empresas públicas más rentables a transnacionales o a la voracidad de rentistas nativos.

Ahora bien, del cuadro descrito emergen restricciones que constituyen las barreras a todo proyecto de desarrollo. La disponibilidad de divisas o restricción externa, la producción y oferta agropecuaria doméstica, la presión poblacional, el financiamiento del desarrollo y su correspondiente marco político institucional. Afrontar una respuesta a la crisis agraria por el lado de optimizar la producción de cultivos, ambientados ventajosamente en sus recursos naturales, puede contribuir a resolver tal crisis de inversión y de empleo. Debe optimizarse una inversión respetando dos criterios: incremento del flujo de divisas y generación de empleo. El sector agropecuario de cultivos permanentes alimenticios e industriales y la agroindustria (alimentos, pescado y derivados, madera y derivados) involucran importantes segmentos de la población integrados por pequeños productores rurales y urbanos, que pueden contribuir a solucionar el problema del empleo siempre que se le integre a los sectores de exportadores o sectores de sustitución de importaciones; y como buena parte de estas actividades son realizadas fuera de Lima, tendría un carácter descentralista.

En tanto la agricultura y la agroindustria son productores de bienes salariales su desarrollo constituirá solución a los obstáculos que tiene el crecimiento de nuestra economía y si a ello se suma la ancestral herencia fitogenética andina, de convivencia en armonía con la naturaleza, recordando que las civilizaciones preincas e incas lograron vencer no sólo a los Andes sino la demanda de alimentos y de trabajo para más de veinte millones de seres humanos, la contribución del presente estudio está justificado en el entorno económico social actual.

2. ECOAGROSISTEMA EN EL VALLE DEL RIO CAÑETE

2.1 UBICACION

El Valle del río Cañete se encuentra ubicado en la parte media de la Costa central del Perú, en el extremo sur del departamento de Lima. Políticamente, el área en estudio forma parte de las provincias de Cañete y Yauyos, cubriendo una extensión total de 6, 192 km^2.

Dicho valle cubre casi totalmente sus requerimientos de agua empleando básicamente el recurso hídrico superficial que se basa en las descargas naturales de la cuenca hidrográfica porque no existen obras de regulación ni derivaciones de otras cuencas que alteren su régimen natural. La cuantificación de este recurso es imprescindible para cualquier evaluación de variable productiva agrícola. El comportamiento del río Cañete es de descargas torrentosas y de gran irregularidad.

2.2 CLIMA

Los tipo climáticos comprenden una secuencia gradual térmica desde el patrón semi-cálido hasta el frígido, evidenciada por un régimen de temperaturas cuyos valores promedio descienden en forma progresiva conforme la cuenca gana en elevación. En el valle de Cañete la temperatura promedio anual es de 19.8 °C y la oscilación promedio anual del orden de los 13.3 °C, comprendida entre 14.4 °C y 27.7 °C, por lo que el régimen de temperaturas del valle tiene una variación anual bastante suave. El rango máximo de oscilación de la temperatura media anual es de 6.7 °C, que corresponde a la diferencia entre el promedio mensual de 23 °C, que corresponde a la diferencia entre el promedio mensual de 23 °C en el verano (febrero) y el de 16.3 °C en invierno (agosto). En el área estudiada no se presentan problemas de orden térmico que puedan afectar a la agricultura **(20)**.

Durante todo el año existe un viento dominante de dirección SO, que no llega a ser intenso. Durante las estaciones de verano, invierno y primavera alcanzan la denominación de "brisa ligera", según la escala de Beaufort (7 a 12 km/h) y en la estación de otoño, la de "viento débil" (2 a 6 km/h), según la misma escala, por lo que en el valle de Cañete se presentan vientos suaves que no constituyen ningún problema meteorológico.

En relación a la humedad relativa, y de acuerdo con los promedios anuales registrados por las estaciones meteorológicas de Cañete (84%) y Yauyos (56%), la atmósfera de la zona Litoral es húmeda mientras que la de la Sierra Baja es seca o poco húmeda. La mayor humedad en la faja costera se debe a la acción de las brisas marinas, húmedas y frías, que entran en contacto con la tierra, después de recorrer la superficie de las aguas frías de la corriente de Humboldt. En Cañete, los valores medios mensuales de evaporación varían entre 62.1 mm (junio) y 134.9 mm (diciembre), la evaporación media total anual alcanza un valor de 1,295 mm. Las fluctuaciones de nubosidad promedio mensual a lo largo del año son relativamente pequeñas, variando de 7 octavos (junio-setiembre) a 5 octavos (febrero-abril), vinculada estrechamente al proceso de inversión térmica que tiene lugar en la Costa y que contribuye a saturar de humedad la atmósfera en invierno.

2.3 SUELOS

En 1970 la ONERN **(87)** efectuó un estudio de suelos del valle Cañete realizado a nivel de reconocimiento sobre un total de 27,995 ha., revelando que existen 21,589 ha (77.2%) de tierras aptas para una agricultura de bajo riego cuya capacidad productiva asegura la obtención de márgenes favorables con la aplicación de una política racional de riego permanente. Además existen 3,528 ha. (12.6%) de tierras de aptitud limitada para el riego cuyas condiciones de productividad sólo permitirán conseguir beneficios económicamente reducidos al dedicarse a una agricultura de riego permanente. Finalmente hay 2,883 ha. (10.2%) de tierras de productividad que varía de dudosa a nula.

Entre 1980 y 1984 el PLAN REHATIC efectuó trabajos de rehabilitación de suelos afectados por diversos grados de drenaje y salinidad sobre un área de 4,060 ha. (Cerro Azul, San Antonio y San Francisco) construyendo obras por un monto de 6.1 millones de dólares para mejoramiento de la infraestructura de riego desde una bocatoma, ampliación de los canales principales y de primer orden, sistemas de drenaje troncal, colector parcelario y sistemas de evacuaciones. Esta infraestructura ha permitido que las áreas afectadas con napa freática menor de 1.0 m de profundidad sean de 167 ha. representando sólo el 4.0%. Sin embargo, la salinidad del agua freática significa un problema en potencia, porque puede producir resalinización de los suelos sobre todo en Cerro Azul, si no se tiene un programa adecuado de mantenimiento del sistema de drenaje. Hacia fines de 1995, todavía se tenia valores de salinidad del agua freática mayor a 4 mmhos/cm en el 67% del área de Cerro Azul.

2.4 ASPECTOS AGRICOLAS

2.4.1 TENENCIA DE LA TIERRA - POBLACION EN ESTUDIO

La forma de tenencia generalizada en el valle Cañete es la propiedad individual, aun cuando existan algunas cooperativas agrarias de usuarios (CAU) para fines de prestación o utilización de ciertos servicios, pero que en lo referente a la situación de sus tierras, las mismas ya han sido parceladas y por lo tanto son conducidas en forma individual por sus ex-miembros.

Según el padrón de usuarios, actualizado a 1994, en el valle Cañete existen 22 532.68 Ha bajo riego, desde la bocatoma Nuevo Imperial hasta el litoral, que se distribuyen en 5 528 fincas, que pertenecen a igual numero de usuarios.**(72)**

a) INFRAESTRUCTURA DE RIEGO

La infraestructura de riego existente en la parte baja del extenso valle de Cañete está conformada por cuatro (4) sistemas de riego independientes, que se abastecen directamente del río y que son conocidos como:

- SECTOR NUEVO IMPERIAL: situado en la parte más alta del área investigada, en la margen derecha del valle y abarca una superficie agrícola de 7,902 Ha. Dispone de una bocatoma de concreto, canal principal de 31 Km. de longitud y una red de laterales principales de 37.3 Km, en su mayor parte sin revestir.
- SECTOR VIEJO IMPERIAL: situado en la margen derecha del valle, inmediatamente debajo del sector Nuevo Imperial y domina una superficie agrícola de 3,596 Ha. Su infraestructura de riego principal está conformada por una captación rústica en el rio (bocatoma La Pinta), canal principal de 27.18 Km de longitud y un lateral principal de 7 Km sin revestir.
- SECTOR PALO HERBAY: situado en la margen izquierda del valle, frente al sector Viejo Imperial, con una superficie agrícola de 2,007 Ha. Su infraestructura de riego principal está conformada por una captación rústica en el río, canal principal de 3.95 Km de longitud y un lateral principal de 11.5 Km sin revestir.
- SECTOR MARIA ANGOLA-SAN MIGUEL: situado en la parte más baja de la margen derecha del valle, con una superficie agrícola total de 9,027 Ha. Su infraestructura de riego principal está conformada por una bocatoma (Fortaleza) de concreto, dos canales principales, el Maria Angola de 21.8 Km de longitud y el San Miguel de 36.1 Km con dos laterales principales: **Canal Huanca** de 14.6 Km y **Canal Pachacamilla** con 5.4 Km.

b) IDENTIFICACION DE LA POBLACION

ORGANIZACION DE USUARIOS: viene funcionando desde 1978 y la conforman las siete (7) comisiones de regantes que conducen un área total bajo riego de 22,532.68 Ha distribuidos en los subsectores que involucran 5,528 usuarios.

TITULACION DE TIERRAS: se resume la información proporcionada por el Proyecto Especial de Titulación de Tierra y Catastros Rural actualizado a noviembre de 1994 que involucra todo el valle de Cañete:

VALLE	Nº DE USUARIOS	FORMA DE TENENCIA						
		Título Inscrito	Título no Inscrito	Título sin Trámite	Sin título ni trámite	Arrenda-tario	Comune-ro	Posesio-nario
CAÑETE	5,718	74.74	11.03	1.95	1.09	4.91	0.96	5.23

2.4.2 USO ACTUAL DE LA TIERRA

En agosto de 1990 el Proyecto Nacional de Drenajes de Tierras (PRONADRET), como parte de un convenio con el Proyecto Especial Sur Medio del Instituto Nacional de Desarrollo (INADE) determinó el uso actual de la tierra del Valle de Cañete sobre una área global de 27,460.38 Ha que existe desde la bocatoma Nuevo Imperial hasta el litoral. **(73)**

De esta superficie 1,406.31 Ha están ocupadas por áreas urbanas y/o instalaciones públicas y privadas; 3,521.39 Ha son terrenos improductivos (cerros, caja de río, terrenos sin uso y salinizados), quedando una superficie agrícola neta de 22,532 Ha que corresponden al área actual inscrita en el padrón de usuarios, de la cual 2,630.51 Ha están cubiertas por cultivos permanentes y 19,902.17 Ha se siembran con cultivos transitorios en forma rotativa.

2.4.3 DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD AGRICOLA

A pesar de que existen centros de explotación pecuarios como la empresa El Escorial y las Cooperativas de Usuarios (CAU) Unión Campesina, Herbay, Fortaleza y Santa Rosa, que se dedican a la crianza de ganado vacuno orientado fundamentalmente a la producción lechera, se puede decir que en Cañete, en términos generales, la actividad pecuaria no representa mayor significación económica.

En el valle de Cañete la actividad agrícola es muy importante y está fuertemente influenciada por las características agroecológicas, las disponibilidades hídricas, la seguridad

en el mercado, la rentabilidad y tradición de cultivos del valle, el tamaño de las fincas, así como la capacidad económica y el nivel tecnológico de los agricultores.

El desarrollo de la agricultura se basa en la utilización de los recursos hídricos provenientes del río Cañete, cuya cuenca es una de las más ricas del departamento de Lima, ocurriendo sus descargas en los meses de enero a marzo. Actualmente parte de los volúmenes de agua, especialmente en los meses de avenidas, se dejan de captar debido a las deficiencias que presentan las estructuras de captación, tanto permanentes como rústicas, afectando a los diversos cultivos en etapas críticas de su ciclo vegetativo, que se traduce en menores rendimientos. Precisamente, desde su creación (1969) la Junta de Usuarios ha expresado a los diversos gobiernos la necesidad de mejorar la infraestructura de riego y drenaje, así como el de la infraestructura vial que permitan recorrer los canales y drenes para cumplir con las operaciones de mantenimiento adecuadas, con el fin de incentivar mayores inversiones empresariales de agroexportación en el valle.

Los cultivos de algodón, camote, maíz amarillo duro, hortalizas, vid y manzano representan el 91.58% del valle de Cañete. El algodón es el primer cultivo en importancia por su extensión; es un cultivo tradicional que cuenta con un mercado asegurado representado por las plantas desmontadoras. El camote es el segundo cultivo en importancia en área contando con un mercado cercano en la ciudad de Lima. El maiz amarillo duro también se siembra por su bajo costo de producción y debido a su requerimiento como insumo por parte de las cuatro plantas de alimentos concentrados. Los frutales vid y manzanos se cultivas con buenos resultados, y entre las hortalizas destacan en primer lugar el zapallo y en segundo lugar el tomate. **(51)**

2.4.4 REQUERIMIENTO DE RIEGO

Los requerimientos de agua de riego fueron estimados con base a registros históricos de clima de la estación de Cañete ubicada a 106 m.s.n.m., a las características de los cultivos relacionados con el aspecto hídrico y a las eficiencias de riego consideradas. Para el cálculo se determinó en primer lugar la evapotranspiración potencial mediante el método modificado PENMAN-MONTEITH. Siguiendo la metodología de la FAO dado a través de su programa CROPWAT v. 5.7 se asignó los valores mensuales de Kc de los cultivos para las condiciones actuales, luego se estimó las demandas netas por cultivo en forma mensual y las demandas en su conjunto, involucrando las características hídricas de cada uno de los cultivos a través de los coeficientes de cultivo Kc y los periodos de siembra. Por último, se obtuvo la demanda bruta de agua empleando los valores de eficiencia de riego del sistema, que fue considerada para dos periodos, acorde con el comportamiento hidrológico del rio, método de riego por gravedad y estado de la infraestructura de riego. Se utiliza como variable, el balance hídrico

con sus respectivas disponibilidades de agua por finca en cada uno de los sectores en estudio.

Las eficiencias adoptadas abarcan dos periodos: avenidas (enero-junio) y estiaje (julio-diciembre), acorde con el comportamiento hidrológico del río, donde en el primer periodo las eficiencias de distribución y aplicación son más bajas por la abundancia del recurso.

2.4.5 CALENDARIO Y ROTACION DE CULTIVOS

Está determinado por la disponibilidad de agua y las demandas del mercado. El algodón tiene su estacionalidad bien definida porque se siembra en los meses de agosto-setiembre y se cosecha en los meses de mayo-junio. El maíz amarillo duro se siembra y cosecha durante todo el año, pero principalmente entre los meses de agosto-setiembre y enero-febrero. Los cultivos de camote, zapallo y frijol se siembran todo el año.

En relación a las rotaciones, debido al largo periodo vegetativo del algodón (10 meses), en los campos ocupados por este cultivo no es posible realizar doble campaña. Caso contrario, en los campos que se siembran en la primera campaña con maíz, papa, camote, tomate; éstos rotan con el melón, sandía, frijol, maíz choclo y zapallo. Debido a la adaptabilidad del cultivo del camote a las condiciones climáticas se siembran todo el año dándose el caso de que algunas fincas cosechan y vuelven a rotar con el mismo cultivo.

2.4.6 NIVELES TECNOLOGICOS

Los niveles de tecnología que se aplican en la agricultura guardan relación con el tamaño de las fincas, pudiéndose determinar dichos niveles a través de los índices de utilización de insumos, maquinaria y mano de obra.

Respecto al uso de semillas de los cultivos más importantes (algodón, maíz amarillo duro y papa), en todos los estratos predomina la compra de semillas garantizadas en casas comerciales y/o centros de investigación; igualmente, referente a la cantidad de semilla por cultivo no se registra diferencia significativa entre las fincas.

En fincas menores a 2 Ha normalmente se usa sólo fertilizantes nitrogenados y en cantidades mínimas; en las fincas medianas y grandes se aplican fertilizantes de acuerdo a los índices técnicos de fertilización recomendados. Evidentemente la aplicación de fertilizantes está correlacionado con la capacidad financiera del conductor y no con el nivel técnico.

El uso de productos químicos para el control fitosanitario es variable de una campaña a otra, dependiendo principalmente de los problemas de presencia de plagas y su grado de incidencia en los cultivos, así como de la disponibilidad y precios de dichos productos en el momento que se les requiera. Respecto a la utilización de maquinaria y mano de obra, las fincas pequeñas utilizan menos número de horas máquina, en cambio en el empleo de mano de obra no existe mayor diferencia en cuanto al uso y tamaño de finca.

2.4.7 RENDIMIENTOS AGRICOLAS

Para el periodo 1991-1995 los promedios ponderados obtenidos para el valle de Cañete se han calculado relacionando los volúmenes anuales de producción entre sus correspondientes superficies en el manejo de cultivo de las características del suelo, del volumen de agua utilizado, así como del nivel de insumo utilizado tanto para la fertilización como para el control de plagas y enfermedades, por lo que varían de campaña a campaña.

2.5 SERVICIOS DE APOYO A LA PRODUCCION

2.5.1 TECNICA DE EXTENSION AGRICOLA Y ASISTENCIA

En el valle de Cañete son ofertados por entidades privadas y organizaciones conformadas por los agricultores, destacando el "Instituto Rural Valle Grande" que es un centro privado de investigación, extensión y fomento agrario que opera desde 1965 realizando labores de extensión agrícola, asistencia técnica, análisis de suelos y producción de semilla de papa, orientando la prestación de sus servicios a los pequeños productores. También existe la "Asociación de Agricultores de Cañete" que es una entidad gremial que sostiene el funcionamiento de la "Estación Experimental Agrícola" para la investigación y experimentación, contando con un departamento de sanidad vegetal a través del cual ejecuta un programa de control de plagas, así como de asistencia técnica fitosanitaria y capacitación a los agricultores; cuenta asimismo con un departamento de mejoramiento que desarrolla actividades de mejoramiento genético y mantenimiento de germoplasma de camote, yuca, frijol, maní y sorgo.

2.6 CREDITO AGRICOLA

Al desaparecer el Banco Agrario, los agricultores cañetanos se han adaptado a las nuevas fuentes de funcionamiento constituidas por el Instituto Rural Valle Grande, La Central de Cooperativas Agrarias Cañete-Mala Ltda., los comerciantes mayoristas, las casas comerciales, la banca privada y últimamente la Caja Rural de Ahorro y Crédito Cañete.

La Central de Cooperativas Agrarias Cañete-Mala provee directamente semillas, fertilizantes y pesticidas, habiendo otorgado créditos por U.S. $ 3.5 millones a los pequeños agricultores en los dos últimos años.

El Instituto Rural Valle Grande trabaja similarmente proporcionando semillas, fertilizantes y pesticidas. Con la creación de la Caja Rural s espera contar con créditos más integrales, para lo cual los agricultores tendrán que sanear la titulación de los predios, a fin de servir como hipotecas del préstamo.

2.7 LIMITACIONES Y POTENCIALIDADES PARA EL DESARROLLO AGRICOLA

2.7.1 LIMITACIONES

El valle de Cañete presenta varios problemas que limitan el desarrollo de la actividad agrícola, tales como:

1. Inseguridad en el abastecimiento de agua al sistema, debido a la falta de una adecuada infraestructura de captación del río. Los cortes temporales en el suministro de agua para el riego afectan la productividad y en ocasiones los rendimientos.
2. El mal drenaje y la salinidad que persisten en la zona de Cerro Azul afectan la productividad de los cultivos en una zona que cuenta con la carretera Panamericana como su principal vía de comunicación.
3. Escasa inversión en cultivos agroexportadores y en el mejoramiento de la infraestructura de riego y conservación de la infraestructura de riego actual.
4. Escaso crédito para el avío de las actividades productivas del agro.
5. Acumulación de las aguas de drenaje debido a que el no pago de la tarifa eléctrica por parte de los usuarios limita la producción de cultivos.
6. Requerimiento de una estación de bombeo por motores eléctricos para el sector de Cerro Azul con el fin de evacuar las aguas de drenaje y ampliar la frontera agrícola.

2.7.2 POTENCIALIDADES

1. Existencia de suelos con fertilidad adecuada, clima idóneo durante todo el año, vías de comunicación hacia centros de consumo, puertos y aeropuertos cercanos, agricultores emprendedores que buscan nuevos mercados.
2. Incremento de la productividad debido a obras de rehabilitación y de mejoramiento de la infraestructura de riego, de caminos y adecuada operación y mantenimiento del sistema de

riego y drenaje permitiría incrementos significativos en la producción y aumentos del área de cosecha actual.

3. De acuerdo a estudios realizados por la Universidad Nacional Agraria La Molina y por el Ministerio de Agricultura, los incrementos en productividad generarían un valor bruto de producción adicional del orden de los S/. 8 829 032 por año.
4. La implementación de proyectos en cartera, entre los que destacan el de rehabilitación y mejoramiento de infraestructura generaría nuevas condiciones agropecuarias en Cañete.
5. La agresiva campaña de capacitación en riegos, fortalecimiento de la Junta de Usuarios e incentivos a la tecnificación del riego contribuirán a consolidar las mejoras descritas.

2.8 ANALISIS ECONOMICO FINANCIERO

2.8.1 MERCADOS Y PRECIOS

MERCADOS

Entre los más importantes cultivos tenemos el de algodón, maiz amarillo duro, camote, papa, hortaliza y frutales, dentro de los cuales destaca la vid y cuyos mercados se analiza a continuación:

a) ALGODON

Es un producto de gran demanda por la industria textil así como por la industria oleaginosa; sus zonas productoras son en el Norte los valles de Piura y Lambayeque, donde se siembran las variedades Pima y Cerro respectivamente. En la Selva, los valles de San Martín se siembra la variedad Aspero y, en la Costa Central desde los valles del Santa hasta Acarí se siembra la variedad Tanguis.

La producción nacional de algodón en rama para el periodo 1980-1990 se ha mantenido casi constante, para luego descender a partir de 1991. En el departamento de Lima la producción ha tenido una tendencia decreciente reduciéndose de 74 230 Ton. a 19 730 Ton.

El algodón en fibra se utiliza en la industria textil, el cual es obtenido en las plantas desmontadoras a partir del algodón en rama, cuyo acude para la variedad Tanguis varía entre 2.44 y 2.82. En el valle de Cañete la variedad más difundida está constituida por linajes de algodón Tanguis W583, W565 y W748 caracterizados por ser de ciclo vegetativo largo, fibra larga, suave, blanca y resistente. La producción de estos linajes así como del resto de variedades, son procesadas en seis plantas desmontadoras que compran toda la producción

algodonera del valle ya sea directamente o a través de comerciantes mayoristas intermediarios, cinco de las cuales suman una capacidad instaladas de 5 345 qq. La exportación de algodón, representado por las variedades de fibra larga y extralarga, tales como Pima, Sub-Pima y Tanguis, ha tenido una ligera tendencia decreciente en el periodo 1980-1991, habiendo variado entre las 32 230 Ton a 25 031 Ton.

Los principales países compradores son : Corea del Sur, Italia, Alemania, Rumania y Japón quienes en 1991 adquirieron 25 031 Ton, de las cuales 18 538 fueron exportados por el puerto del Callao, 4 160 por el puerto de Paita y 92 Ton por tierra.

b) MAIZ AMARILLO DURO

Es un producto de gran demanda en el mercado nacional, siendo utilizado en la elaboración de alimentos balanceados para el consumo de la población avícola. Las zonas productoras más importantes son Piura, Lambayeque, La Libertad, Cajamarca, Ancash, Lima y San Martín. La producción nacional no cubre la demanda, razón por la cual debe importarse.

La producción nacional de maíz amarillo duro para el periodo 1980-1993 ha variado entre 317 397 Ton y 596 626 Ton anuales, registrándose la producción más alta en el año 1989 con 785 277 Ton. A nivel del departamento de Lima, la producción ha variado entre 19 956 Ton y 17 538 Ton anuales. En el valle de Cañete existen dos plantas de alimentos concentrados para aves y una planta para la elaboración de alimentos balanceados para ganado, con una capacidad instalada de 1 289 Ton., que son las que compran la producción del valle.

En el periodo 1980-1993 se importaron un promedio de 385,000 Ton anual, registrándose los mayores y menores volúmenes de importación para los años 1988 y 1984 con 586 722 Ton. y 115 042 Ton. respectivamente. Los precios de importación CIF han fluctuado en dicho periodo entre US $90 y US $160 la Ton., con excepción de los años 1992 y 1993 donde los precios ascendieron a US $240 la tonelada.

c) CAMOTE Y PAPA

Son dos productos de consumo humano interno cuyas zonas de mayor producción son, para el camote, los departamentos de Lima, Ancash y La Libertad; y, para la papa, los departamentos de Junín, Puno, Cuzco, Huánuco, Lima y Ancash.

La producción nacional de camote para el periodo 1980-1991 ha variado entre 142 710 Ton y 140 400 Ton, registrándose la producción más alta en 1990 con un volumen de 209 264

Ton. A nivel del departamento de Lima, la producción ha fluctuado entre 85 124 Ton. y 102 212 Ton, con excepción de los años 1983, 1984, 1989 y 1990, cuando la producción fue mayor a 102 212 Ton.

En el valle de Cañete la producción de camote se halla distribuido en todo el valle, concentrándose la mayor extensión en los sectores de San Luis, Arona, Casa Blanca, Santa Bárbara, Mamala y Herbay, donde se cultiva mayormente las variedades Morado, Paramonguino, Tresmesino y Blanco.

En cuanto a la papa, la producción de este tubérculo se encuentra en mayor extensión en los sectores de Roma, Cantagallo, Quilmana y Cerro Alegre, donde se siembran las variedades Tomasa, Condemayta, Renacimiento y Huasi Huasi. La producción de papa para el periodo 1980-1993 ha variado entre 1 150 Ton., registrándose la producción más alta el año de 1988 ascendiente a 2 108 064 Ton. A nivel del departamento de Lima, la producción ha fluctuado entre 152 288 Ton y 89 718 Ton, con excepción de los años 1983, 1984, 1985 y 1991, en que la producción fue menor a 89 718 Ton anual.

d) VID

Es un producto que de acuerdo a la variedad es para consumo como uva de mesa o para la industria vitinícola. Sus zonas productoras son los departamentos de Ica y Lima; en menos proporción los departamentos de Arequipa y Ancash.

La producción nacional para el periodo 1980-1991 se mantuvo constante a nivel del nacional, mientras que para el departamento de Lima su tendencia ha sido ligeramente decreciente.

En el valle de Cañete el interés de los agricultores por la producción de vid se viene incrementando en estos últimos años. De 669.45 ha. que se encontraban instaladas en agosto de 1990, dicha superficie se ha duplicado para el año 1995, distribuyéndose las áreas de producción prioncipalmente en los sectores de Herbay Alto y Bajo, Montalvan, San Germán, Cuiva y Caltopilla, donde se han instalado las variedades de uva de mesa tales como Quebranta, Italia, Alvilla y en menor escala las variedades Borgoña y otras, debido a que el clima del valle no favorece el desarrollo de uvas para la industria vitinícola que requiere de climas secos y con buena insolación.

La exportación representa una alternativa para ampliar el mercado, especialmente de la uva de mesa, que ha incrementado su prodeucción en los últimos años. En 1984 se exportaban 22 toneladas, mientras que en 1993 se exportó 1,708 toneladas, a pesar de que los precios de exportación disminuyeron para dicho periodo.

3. APLICACIONES MULTIVARIADAS

3.1 VARIABLES AMBIENTALES, CULTIVOS Y ZONAS

A partir del trabajo de campo realizado y de la información recopilada se procede a implementar el Modelo Económico Multivariado-Regresional desarrollado en el Capítulo 1.

Se utiliza la información sobre Rendimientos Productivos para 13 cultivos (V:13) de los cuales nueve(9) eran cultivos transitorios: algodón, camote, maiz amarillo duro, papa, hortalizas, zapallo, maiz chala, pepino y frijol; y cuatro (4) eran cultivos permanentes: vid, cítricos y espárragos.

Los cultivos son comunes a siete ambientes o áreas previamente identificadas y muestreadas (g:7) en el valle del rio Cañete: Nuevo Imperial, Viejo Imperial, San Miguel, Pachacamilla, Huanca, María Angola y Palo Herbay. **(Ver Anexos-Mapa)**

Para cada uno de los ambientes o áreas de estudio se ordena la información disponible en seis variables ambientales o ecoagronómicas (p:6) y para cuatro situaciones (r:4), consistentes en datos metereológicos recolectados entre junio de 1992 y junio de 1995 por las estaciones de Socsi, Nuevo Imperial y Tanta. Las variables recursos naturales ambientales (ecoagronómicas) en estudio **(CUADRO N° 1)** fueron:

X_1 : Eficiencia de Riego durante periodo de avenida (enero a junio), medido en porcentaje (%).

X_2: Eficiencia de Riego durante periodo de estiaje (julio a diciembre), medido en porcentaje(%).

X_3 : Horas de sol (hora/mes).

X_4 : Evaporación (mm/mes).

X_5 : Radiación Solar (cal-cm^2 / dias).

X_6 : Humedad Relativa (%).

El Índice Ambiental por determinar a partir de las variables previamente medidas e identificadas puede contener, en términos generales, la máxima información sobre el medio ambiente agronómico, físico, meteorológico, económico, etc. Equivale a cuantificar la valorización, la productividad y bondades de los recursos naturales ambientales respecto a los cultivos, reduciendo las complejidades de los factores ambientales a cantidades escalares, mediante el primer componente principal.

Los datos multivariados ofrecen la posibilidad de ser expresados en combinaciones lineales, tal que en un número reducido de ellas es posible sintetizar la mayor parte de la información contenida en los datos originales. Desde el punto de vista geométrico y espacial es posible conceptualizar la matriz de datos multivariados de dos maneras:

1. Como un conjunto de **n** individuos en un espacio definido por la **p** variables, donde las observaciones serán puntos que representan un individuo en el espacio definido por las variables (cada eje será una variables). Aquí se comparan individuos considerados en función de sus caracteristiocas se comparan vectores filas **X(i)**. Técnica **Q**.
2. Como un conjunto de **p** variables definidas en un espacio n dimensional, donde cada punto representará una variable definida en el espacio cuyos ejes serán cada uno de los n individuos. Aquí se comparan columnas para obtener información acerca de la relación entre características consideradas en función de los individuos que se estudian: se comparan los vectores **X(j)** en un espacio de dimensión **n**. Técnica **R**, que se utiliza en el presente estudio. Esta es la conceptualización metodológica multivariada respecto a los datos expuestos en el CUADRO N° 1.

3.2 DESARROLLO DE COMPONENTES PRINCIPALES

La técnica de los componentes principales ha sido descrita por MORRISON (1976) para casos de **p** variables, donde se asume que cada fila de la Matriz **X** tiene una distribución multivariada con vector media μ y matriz Variancia-Covariancia **V.** Ordenando matricialmente los datos, se obtiene:

CUADRO Nº 1

VARIABLES DE RECURSOS NATURALES AMBIENTALES

SECTORES	X1 Eficiencia de Riego (%) Avenida	X2 Eficiencia de Riego (%) Estiaje	X3 Horas de Sol horas/mes	X4 Evaporación mm/mes	X5 Radiación Solar cal-cm2/dias	X6 Humedad Relativa (%)
	26.32	29.35	180	141.76	48132	84
	26.18	29.12	179	141.16	48098	85
NUEVO IMPERIAL	26.01	29.01	178	141.11	48114	85
	25.97	28.47	178	141.53	48154	86
	24.72	27.11	162	103.89	47116	85
	24.72	27.03	160	103.77	46991	85
VIEJO IMPERIAL	24.23	27.52	160	103.35	47012	86
	24.11	26.75	161	103.48	47103	86
	27.08	29.92	157	97.91	46886	86
	26.55	29.35	154	97.62	46213	87
MARIA ANGOLA	26.41	29.07	155	97.58	46612	87
	26.52	28.89	157	97.89	46873	87
	27.04	29.86	156	97.88	46511	88
	26.73	29.53	154	97.71	46258	87
SAN MIGUEL	26.18	29.27	155	97.83	46476	87
	26.12	28.61	156	97.85	46507	88
	26.86	29.63	155	97.83	46051	88
	26.53	29.38	154	97.15	45915	88
HUANCA	26.22	29.11	154	97.23	45935	89
	26.18	28.72	155	97.73	46007	89
	27.03	29.81	150	91.33	45351	89
	26.75	29.47	148	91	45196	90
PACHACAMILLA	26.4	29.21	148	91.17	45207	90
	26.31	28.75	149	91.27	45322	90
	26.92	28.88	122	81.11	45128	89
	26.63	28.67	120	80.99	45081	89
PALO HERBAY	26.41	28.14	120	80.98	45100	91
	26.21	27.97	123	81.05	45118	90
MEDIA	26.18	28.807143	153.57143	101.47	46373.82143	87.537
DESV. ESTANDAR	0.81816	0.8575	16.1851	17.9087	995.409986	1.8951

Fuente:
Junta de Usuarios del Valle de Cañete
Estaciones Metereológicas de Socsi, Nuevo Imperial y Tanta
SENAMHI

En concordancia con la metodología se procede a determinar el promedio y desviación estándar para cada una de las variables ambientales ecoagronómicas. Al emplearse datos estandarizados (**Matriz Z o z_{ij}**) y de acuerdo con JHONSTON D. (**53**), la matriz variancia-covariancia será la matriz de correlación **R**, de manera que los valores de la diagonal principal de la matriz de correlación **R** será números 1 porque las nuevas variables estandarizadas poseen variancia unitaria. Esto significa que en el conjunto de datos, a partir del cual se generarán los componentes principales, se otorga la misma importancia a todas las variables observadas. El uso de la matriz de correlación implica una ponderación de las variables originales, otorgándoles a cada una la misma importancia, independientemente de los valores relativos de sus variancias.

En la nueva matriz estandarizada de dimensión **p** x **p**, es posible encontrar un escalar **λ** (lambda) y un vector **X** de dimensión (**p** x **1**), no nulo tal que:

$$B X = \lambda X$$

lo que implica

$$B X - \lambda X = 0 = (B - \lambda I) X = 0$$

Sacando el vector **X** como factor común a la derecha, de manera que la operación matricial sea conformable, el primer componente principal por determinar será de la forma:

$$a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5 + a_6x_6$$

donde los escalares (a_1 , a_2 , ... , a_6) son los elementos del eigenvector asociado con las mayor raiz caracteristica de la matriz variancia-covariancia perteneciente a la muestra empadronada. Estandarizando cada uno de los valores de la matriz **X** mediante la relación definida $Z_{ij\,k}$ se obtiene la siguiente la matriz estandarizada :

$$X = \begin{bmatrix}
26.32 & 29.35 & 180 & 141.76 & 48182 & 84 \\
26.18 & 29.12 & 179 & 141.16 & 48098 & 85 \\
26.01 & 29.01 & 178 & 141.11 & 48114 & 85 \\
25.97 & 28.47 & 178 & 141.53 & 48154 & 86 \\
24.72 & 27.11 & 162 & 103.89 & 47116 & 85 \\
24.42 & 27.03 & 160 & 103.77 & 46991 & 85 \\
24.23 & 27.52 & 160 & 103.35 & 47012 & 86 \\
24.11 & 26.75 & 161 & 103.48 & 47103 & 86 \\
27.08 & 29.92 & 157 & 97.91 & 46886 & 86 \\
26.55 & 29.35 & 154 & 97.62 & 46213 & 87 \\
26.41 & 29.07 & 155 & 97.58 & 46612 & 87 \\
26.52 & 28.89 & 157 & 97.89 & 46873 & 87 \\
27.04 & 29.86 & 156 & 97.88 & 46511 & 88 \\
26.73 & 29.53 & 154 & 97.71 & 46258 & 87 \\
26.18 & 29.27 & 155 & 97.83 & 46476 & 87 \\
26.12 & 28.61 & 156 & 97.85 & 46507 & 88 \\
26.86 & 29.63 & 155 & 97.83 & 45051 & 88 \\
26.53 & 29.38 & 154 & 97.15 & 45915 & 88 \\
26.22 & 29.11 & 154 & 97.23 & 45935 & 89 \\
26.18 & 28.72 & 155 & 97.73 & 46007 & 89 \\
27.03 & 29.81 & 150 & 91.33 & 45351 & 89 \\
26.75 & 29.47 & 148 & 91.00 & 45196 & 90 \\
26.40 & 29.21 & 148 & 91.17 & 45207 & 90 \\
26.31 & 28.75 & 149 & 91.27 & 45322 & 90 \\
26.92 & 28..8 & 122 & 81.11 & 45128 & 89 \\
26.63 & 28.67 & 120 & 80.99 & 45081 & 89 \\
26.41 & 28.14 & 120 & 80.98 & 45100 & 91 \\
26.21 & 27.97 & 123 & 81.05 & 45118 & 90
\end{bmatrix}$$

$$Z_{ijk} = \frac{X_{ijk} - \bar{\bar{X}}_k}{\left(\sqrt{(gr)-1}\right)s_k} =$$

$$\begin{bmatrix}
0.032931 & 0.121835 & 0.314251 & 0.432964 & 0.339922 & -0.35906 \\
0.000001 & 0.070216 & 0.30236 & 0.426516 & 0.333348 & -0.25751 \\
-0.03999 & 0.045528 & 0.29047 & 0.425978 & 0.336442 & -0.25751 \\
-0.0494 & -0.07567 & 0.29047 & 0.430492 & 0.344175 & -0.15596 \\
-0.34343 & -0.3809 & 0.10022 & 0.026006 & 0.143491 & -0.25751 \\
-0.41399 & -0.39885 & 0.076439 & 0.024716 & 0.119324 & 0.25751 \\
-0.45869 & -0.28888 & 0.076439 & 0.020203 & 0.123384 & -0.15596 \\
-0.48691 & -0.46169 & 0.08833 & 0.0216 & 0.140978 & -0.15596 \\
0.211701 & 0.249762 & 0.040768 & -0.03826 & 0.099023 & -0.15596 \\
0.087033 & 0.121835 & 0.005096 & -0.04137 & -0.03109 & -0.0544 \\
0.054101 & 0.058994 & 0.016987 & -0.0418 & 0.046049 & -0.0544 \\
0.079976 & 0.018596 & 0.040768 & -0.03847 & 0.09651 & -0.0544 \\
0.202292 & 0.236296 & 0.028877 & -0.03858 & 0.026522 & 0004715 \\
0.129373 & 0.162233 & 0.005096 & -0.04041 & -0.02239 & -0.0544 \\
0.000001 & 0.103881 & 0.016987 & -0.03912 & 0.019755 & -0.0544 \\
-0.01411 & -0.04425 & 0.028877 & -0.0389 & 0.025748 & 0.04715 \\
0.159952 & 0.184677 & 0.016987 & -0.03912 & -0.06241 & 0.04715 \\
0.082328 & 0.128568 & 0.005096 & -0.04642 & -0.08871 & 0.04715 \\
0.009409 & 0.067971 & 0.005096 & -0.04556 & -0.08484 & 0.148703 \\
0.000001 & -0.01956 & 0.016987 & -0.04019 & -0.07092 & 0.148703 \\
0.19994 & 0.225075 & -0.04247 & -0.10897 & -0.19775 & 0.148703 \\
0.134077 & 0.148767 & -0.06625 & -0.11251 & -0.22772 & 0.250256 \\
0.051749 & 0.090415 & -0.06625 & -0.11069 & -0.22559 & 0.250256 \\
0.030579 & -0.01282 & -0.05436 & -0.10961 & -0.20336 & 0.250256 \\
0.174065 & 0.016352 & -0.3754 & -0.21879 & -0.24086 & 0.148703 \\
0.10585 & -0.03078 & -0.39918 & -0.22008 & -0.24995 & 0.148703 \\
0.054101 & -0.14973 & -0.39918 & -0.22019 & -0.24628 & 0.35181 \\
0.007057 & -0.18788 & -0.36351 & -0.21944 & -0.2428 & 0.250256
\end{bmatrix}$$

donde:

X_{ijk} : Elemento de la matriz **X** correspondiente al i-ésimo periodo cultivar del j-ésimo ambiente y de la k-ésima variable ambiental.

$\bar{\bar{X}}_k$: Promedio de la k-ésima variable ambiental.

S_k : Desviación estándar de la k-ésima variable ambiental.

Z_{ijk} : Valor estandarizada de cada uno de los elementos de la matriz de datos X.

Para todo:

i = 1, 2, 3, ..., r

j = 1, 2, 3, ..., g

k = 1, 2, 3, ..., p

Los datos de medias y desviaciones estándares para cada una de las variables ambientales utilizado en el cálculo precedente fueron las siguientes:

VARIABLES	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR
X_1	26.18	0.81816
X_2	28.8071	0.857494
X_3	153.571	16.1851
X_4	101.47	17.9087
X_5	46375.6	998.72
X_6	87.5357	1.89506

Estandarizada la data original se calcula la matriz de correlación **R** mediante el programa estadístico STATGRAPHICS, File Multivariate Methods, observando el alto grado de asociación entre la eficacia de riego en periodos de avenida (**R.av.**) con eficacia de riego en periodo de estiaje (**R.est.**); entre horas de sol (**Hrs. Sol**) y evapotranspiración (**Evap**); entre radiación solar (**Rad.S.**) y horas de sol (**Hrs. Sol**); entre humedad (**Humd.**) con radiación solar (**Rad.S.**) y entre radiación solar (**Rad.S.**) y evapotranspiración (**Evap**); que es expuesto a continuación:

$$R = \begin{array}{c} \\ \textbf{R.av} \\ \textbf{R.est} \\ \textbf{Hrs.Sol} \\ \textbf{Evap} \\ \textbf{Rad.S} \\ \textbf{Humd.} \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} \textbf{R.av.} & \textbf{R.est} & \textbf{Hrs.Sol} & \textbf{Evap} & \textbf{Rad.S} & \textbf{Humd.} \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0.896897 & -0.29144 & -0.22381 & -0.40207 & 0.464616 \\ 0.896897 & 1 & 0.053255 & 0.01018 & -0.15712 & 0.211119 \\ 0.29144 & 0.053255 & 1 & 0.875798 & 0.884122 & -0.78558 \\ -0.22381 & 0.01018 & 0.875798 & 1 & 0.905939 & -0.76237 \\ -0.40207 & -0.15712 & 0.905939 & 0.905939 & 1 & -0.92043 \\ 0.464616 & 0.211119 & -0.76237 & -0.76237 & -0.92043 & 1 \end{bmatrix} \end{array}$$

La diagonalización de la matriz da lugar a la emisión de la lista de valores propios y la contribución a la variación total, expresada de manera parcial eje a eje mediante el "ploteo" de los primeros dos componentes principales y el "biploteo" de los primeros dos componentes principales (**Anexo 2,3**)

Con la finalidad de obtener los Eigenvalores (valores característicos) de la matriz **R**, se hace uso del programa STATGRAPHICS. Así, el mayor Valor Característico (el primer componente) es 3.79786 con varianza explicada de 63.29765. Asociado con este valor el correspondiente Vector Característico (Eigenvector) resultó ser (0.281 0.143 -0.462 -0.458 -0.500 0.477), es decir, los coeficientes del primer vector propio indican que esta combinación lineal es aproximadamente un promedio entre todas las variables, con ponderación relativa mayor para humedad (**Humd**), y menores para eficacia de riego en periodo de avenida (**R.av.**) y en periodo de estiaje (**R.est.**) respectivamente; mientras que los coeficientes para radiación solar (**Rad.S.**), horas de sol (**Hrs.Sol**) y evapotranspiración (Evap) resultaron negativos, lo que indica que disminuirá el valor del primer componente cuando aumenten estas variables. El segundo mayor valor característico fue de 1.76361 con una variancia explicada de 29.39% determinándose una variación acumulada entre el primer y segundo componente del 92.69%; su correspondiente vector característico fue (-0.613 -0.712 -0.227 -0.235 -0.103 0.022), detallándose sólo para fines de los respectivos "ploteos" o representaciones gráficas, porque la metodología ha definido trabajar con el primer componente principal que concentre la mayor variabilidad posible.

EIGENVALORES	NUMERO DE COMPONENTE	PORCENTAJE DE VARIACION	PORCENTAJE ACUMULADO
3.79786	1	63.29765	63.29765
1.76361	2	29.39354	92.69119
0.219698	3	3.66163	96.35282
0.163005	4	2.71674	99.06956
0.0377906	5	0.62984	99.69940
0.0180358	6	0.30060	100.0000

3.3 DETERMINACION DEL INDICE AGROECONOMICO O RATIO AMBIENTAL

La mayor raíz característica (eigenroot) viene a ser también la variancia del primer componente principal. Como el objetivo es analizar el efecto sobre diferentes Rendimientos cultivares por parte del índice de las variables ambientales, se elige el primer componente principal porque es la combinación lineal que exhibe la mayor variancia.

Aplicando la metodología desarrollada, se multiplica el correspondiente vector característico (del primer componente principal) por los promedios estandarizados para cada uno de los siete ambientes o sectores agrícolas (Nuevo Imperial, Viejo Imperial, María Angola, San Miguel, Huanca, Pachacamilla y Palo Herbay) obteniéndose el siguiente índice ambiental o ratio ecoagronómico que contiene la información acerca de la más idónea zona o unidad agrícola (respecto a su pasado y presente) en la matriz de correlación, destacando las zonas de Nuevo Imperial y de Palo Herbay en sentidos opuestos, explicado porque la primera zona se encuentra hacia el extremo ambiental serrano (clima seco y mayor cobertura solar) del Valle del río Cañete, mientras que la segunda zona se ubica en el extremo costeño (clima húmedo y menor cobertura solar) hacia la desembocadura del río, permitiendo destacar en el

próximo paso metodológico los cultivos mejor acondicionados para tal zona agrícola en relación a las otras zonas:

INDICE AMBIENTAL O RATIO AGROECONOMICO
-3.24944
-2.02094
-0.0577
0.20706
0.67704
1.74768
2.6963

El mayor valor característico de $\mathbf{R}$ fue determinado resolviendo la ecuación característica $|\mathbf{R} - \lambda \mathbf{I}| = 0$ para la matriz identidad de dimensión 6 x 6. El vector característico (eigenvector) que corresponde a la mayor raiz característica (eigenroot) es inmediatamente determinada mediante la ecuación $(\mathbf{R} - \lambda_1 \mathbf{I})\,\mathbf{a}_1 = 0$, donde λ_1 es la mayor raiz característica y $\mathbf{a}_1$ es el vector característico (eigenvector) asociado con cada uno de los seis elementos.

A partir de los datos obtenidos para los dos primeros componentes principales pueden generarse representaciones gráficas siendo posible obtener los valores de éstos para cada observación. Si el gráfico se superpone al anterior se denominará "birepresentación" (biplot). El programa computacional STATGRAPHICS permite reproducir estas representaciones detalladas en el ANEXO 2.

4. APLICACIONES REGRESIONALES

4.1 ESPECIFICACION DEL MODELO

Una medida cuantitativa de amplia adaptabilidad de los cultivos a un microclima ambiental permite evaluar la asignación de dichos recursos naturales en diversos cultivos, denominado Modelo de Respuesta Beta, y será desarrollado desde una regresión multivariada.

El rendimiento cultivar (efecto) es la variable output, variable dependiente o explicada, que depende de los recursos naturales ambientales (causa), es decir, depende de la variable input, la variable independiente o variable explicativa.

El Cuadro N° 2 detalla la data ordenada a partir de la documentación proporcionada por el Ministerio de Agricultura **(74)**, el INRENA **(87)**, el Instituto Privado Rural Valle Grande de Cañete **(25)** y el INEI **(51)**, sobre los rendimientos Kg/Ha para cada uno de los 13 cultivos, procediendo luego a determinar los promedios de cada cultivo en cada uno de los 7 sectores agrícolas (CUADRO N° 3).

Revisados y ordenados los datos recopilados, se hace uso del paquete estadístico STATGRAPHICS para regresionar los promedios de cada cultivo en cada sector agrícola, sobre los valores del índice ambiental o ratio ecoagronómico. El objetivo consiste en caracterizar las adaptabilidades de los cultivos a un rango de recursos ambientales como una relación específica entre rendimientos cultivares para siete diferentes microclimas y un índice o ratio basado sobre las medidas físicas de esos ambientes que afecten los rendimientos cultivares.

Las estimaciones de los parámetros, que se detallan en el ANEXO 1, permite el cálculo de los Coeficientes de Respuesta Beta de los Cultivos y el Coeficiente de Respuesta Beta Promedio; asimismo, el Rango de Adaptabilidad, el Análisis de Variancia (ANVA) de la

SUPERFICIE Y PRODUCCION DE CULTIVOS EN EL VALLE DEL RIO CANETE

		1992			1993			1994			1995		
		Superficie (Ha)	Produccion (Kg)	RENDIMIENTO (Kg/Ha)	Superficie (Ha)	Produccion (Kg)	RENDIMIENTO (Kg/Ha)	Superficie (Ha)	Produccion (Kg)	RENDIMIENTO (Kg/Ha)	Superficie (Ha)	Produccion (kg)	RENDIMIENTO (kg/Ha)
ALGODON	Nuevo Imperial	3303,24	15295867,00	4630,56	1731,05	9156309,00	5289,45	3095,42	18603857,00	6010,12	1111,65	5027169,00	4522,26
	Viejo Imperial	746,52	3433971,00	4599,97	391,21	2034284,00	5199,98	699,55	3752386,00	5364,00	251,23	1124716,00	4476,84
	Maria Angola	856,96	4356848,00	5084,07	449,08	2586351,00	5759,16	803,04	5072145,00	6316,16	288,39	1389228,00	4817,12
	San Miguel	1777,75	9160625,00	5152,93	931,62	5483602,00	5886,09	1665,90	10642428,00	6388,39	598,27	2929650,00	4896,87
	Huanca	1096,44	5598691,00	5106,24	574,58	3321148,00	5780,10	1027,46	6495788,00	6322,21	368,99	1787881,00	4845,38
	Pachacamilla	441,00	2162420,00	4903,45	231,10	1288283,00	5574,54	413,25	2607503,00	6309,75	148,15	1453203,00	9809,00
	Palo Herbay	789,96	7809977,00	9886,55	413,98	2552693,00	6166,22	740,26	4632621,00	6258,10	265,85	1141227,00	4292,75
CAMOTE	Nuevo Imperial	1066,87	14251432,81	13358,17	1672,44	21968375,51	13135,52	122,52	2271348,05	18538,59	1236,46	30100372,34	24343,99
	Viejo Imperial	846,94	11714351,32	13831,38	1327,67	16330571,56	12300,17	972,66	15946013,58	16394,23	981,56	25932107,67	26419,28
	Maria Angola	289,11	3900211,33	13490,41	453,21	7781313,59	17169,45	332,02	5989777,58	18040,25	335,06	8207861,25	24496,48
	San Miguel	599,75	8260337,82	13772,97	940,17	16245972,35	17279,78	688,78	12466179,68	18098,98	695,08	17058233,59	24541,25
	Huanca	369,90	5001121,52	13520,20	579,86	9979816,16	17210,80	424,81	7673068,89	18062,43	428,70	10508778,66	24513,26
	Pachacamilla	148,78	1921523,07	12915,20	233,22	3975818,21	17047,29	170,86	3081408,34	18034,60	172,43	4220430,84	24476,87
	Palo Herbay	192,38	2374008,66	12340,21	301,58	5418952,82	17968,54	220,94	4408831,19	19954,88	222,96	5731480,55	25706,32
MAIZ DURO	Nuevo Imperial	919,47	4539658,38	4937,26	1225,33	6126631,26	4999,98	1193,00	5629236,60	4718,56	1269,41	4645111,38	3659,27
	Viejo Imperial	410,63	1998526,41	4866,98	547,23	2685346,47	4907,16	532,79	2573318,50	4829,89	566,92	2075380,23	3660,80
	Maria Angola	263,35	1411083,16	5358,30	350,95	1689637,37	4814,52	341,69	1649551,16	4827,67	363,57	1325724,31	3646,38
	San Miguel	546,31	2977553,53	5450,33	728,03	3695986,76	5076,66	708,83	3463464,97	4886,20	754,23	2756402,93	3654,61
	Huanca	336,94	1823425,87	5411,75	449,02	2199524,34	4898,50	437,17	2116114,99	4840,45	465,17	1698333,78	3650,96
	Pachacamilla	135,52	718623,35	5302,75	180,60	940081,25	5205,35	175,83	848660,41	4826,48	187,10	680015,88	3634,57
	Palo Herbay	154,62	834957,60	5400,06	206,06	1138281,05	5524,03	200,62	971269,44	4841,34	213,47	787456,34	3688,84
PAPA	Nuevo Imperial	377,69	5988504,87	15855,61	481,85	8128783,43	16869,95	566,00	9212954,82	16277,31	563,40	10278046,04	18242,89
	Viejo Imperial	319,80	5357982,37	16754,17	408,00	6750042,18	16544,22	479,25	7823882,90	16325,26	477,04	8401687,53	17612,12
	Maria Angola	105,96	1818234,39	17159,68	135,18	2308361,87	17075,96	158,79	3500591,00	22045,61	158,06	4005296,63	25340,78
	San Miguel	219,81	3942014,97	17933,56	280,43	4996119,79	17815,71	329,41	7351140,74	22316,41	189,38	4802304,65	25358,52
	Huanca	135,57	2381263,86	17564,75	172,96	2981390,02	17237,53	203,16	4483864,79	22070,30	202,23	5127627,46	25355,77
	Pachacamilla	54,53	931071,35	17075,27	69,57	1189356,73	17096,96	81,71	1800013,16	22028,35	81,34	2058708,08	25309,91
	Palo Herbay	79,78	1384220,86	17350,47	101,78	1609628,13	15814,78	119,56	2658870,93	22238,80	119,01	2993276,90	25151,47
HORTALIZA (tomate)	Nuevo Imperial	548,12	9283790,61	16937,51	727,89	11864601,44	16299,99	650,27	12191342,71	18748,12	730,31	19636271,48	26887,58
	Viejo Imperial	143,73	2055405,52	14300,46	190,87	2974735,53	20824,31	170,52	3464525,63	20317,42	191,51	4821245,72	25174,90
	Maria Angola	37,55	506552,94	13491,88	49,86	1006107,78	20179,97	44,54	891436,12	20013,84	50,02	1473581,26	29458,01
	San Miguel	77,89	1071584,33	13758,22	103,43	2099606,25	20300,32	92,40	1862965,88	20162,02	103,77	3060253,06	29490,05
	Huanca	48,04	657906,74	13695,77	63,79	1287946,07	20190,58	56,99	1148796,56	20158,51	64,00	1885931,47	29466,61
	Pachacamilla	19,32	248721,32	12873,17	25,66	516836,38	20144,41	22,92	458534,46	20004,95	25,74	756858,16	29401,48
	Palo Herbay	41,99	600514,61	14301,37	55,77	1132056,55	20298,67	49,82	1029743,53	20669,28	55,95	1681793,36	30058,86

SUPERFICIE Y PRODUCCION DE CULTIVOS EN EL VALLE DEL RIO CANETE

		1992			1993			1994			1995		
		Superficie (Ha)	Produccion (Kg)	RENDIMIENTO (Kg/Ha)	Superficie (Ha)	Produccion (Kg)	RENDIMIENTO (Kg/Ha)	Superficie (Ha)	Produccion (Kg)	RENDIMIENTO (Kg/Ha)	Superficie (Ha)	Produccion (kg)	RENDIMIENTO (kg/Ha)
ZAPALLO	Nuevo Imperial	30,67	567758,61	18511,86	29,53	542551,80	18372,90	33,75	686731,21	20347,59	22,44	437593,58	19500,61
	Viejo Imperial	71,33	1343756,15	18838,58	68,67	1261586,41	18371,73	78,48	1449175,58	18465,54	52,18	960631,84	18409,96
	Maria Angola	92,43	1900116,56	20558,27	88,99	2021734,45	22718,26	101,70	2175916,85	21395,94	67,62	1377572,96	20372,35
	San Miguel	191,74	4209379,57	21953,98	184,61	4499715,06	24373,89	210,97	4567850,63	21651,59	140,28	2868132,12	20446,29
	Huanca	118,25	2496162,76	21108,35	113,86	2588797,39	22736,53	130,12	2788952,31	21434,10	86,52	1772239,51	20484,44
	Pachacamilla	47,56	952241,06	20020,67	45,80	1008642,94	22024,90	52,33	1117258,61	21348,54	34,80	710379,86	20414,68
	Palo Herbay	31,43	698865,35	22235,61	30,26	737432,14	24369,87	34,58	786858,37	22754,72	22,99	489876,81	21308,26
MAIZ CHALA	Nuevo Imperial	37,25	772951,23	20750,37	40,12	835158,38	20816,51	73,58	1502697,12	20422,63	37,06	748642,76	20200,83
	Viejo Imperial	36,47	667476,86	18302,08	35,94	819327,10	22797,08	60,00	1352851,05	22547,52	33,64	745718,08	22167,60
	Maria Angola	25,09	423973,08	16901,12	24,72	560011,93	22656,19	41,26	998648,35	24200,94	23,14	571067,37	24682,79
	San Miguel	52,04	913272,30	17549,57	51,28	1167526,30	22769,06	85,60	2093217,87	24452,48	48,00	1190875,58	24812,03
	Huanca	32,10	554202,22	17267,15	31,63	718699,59	22725,43	52,80	1287006,12	24376,72	29,60	733875,41	24791,59
	Pachacamilla	12,91	213425,02	16532,86	12,72	286521,00	22525,35	21,24	509751,65	24005,11	11,91	292125,16	24535,86
	Palo Herbay	55,32	987254,81	17846,25	54,51	1251526,23	22959,57	91,00	2375000,00	26098,90	51,02	1289067,76	25265,93
PEPINO	Nuevo Imperial	21,62	441635,57	20427,18	47,86	1018040,21	21271,21	67,50	1366023,05	20237,38	107,73	2200553,39	20426,56
	Viejo Imperial	17,38	380809,88	21910,81	31,27	704114,41	22517,25	73,05	1562000,39	21382,62	116,62	2742640,01	23517,75
	Maria Angola	0,92	21343,75	23298,90	2,03	63186,30	31136,20	28,61	598534,36	20920,46	45,73	1867836,36	40844,88
	San Miguel	1,90	46351,82	24390,48	4,21	137386,21	32634,33	59,43	1259296,15	21189,57	94,85	3876295,65	40867,64
	Huanca	1,17	27587,86	23537,36	2,60	80970,15	31184,78	36,64	769379,91	20998,36	58,46	2388121,98	40850,53
	Pachacamilla	0,47	10498,21	22269,24	1,04	32041,23	30681,55	14,73	306120,04	20782,08	23,52	960216,47	40825,53
	Palo Herbay	36,35	821518,70	22600,24	80,47	2509621,08	31187,04	11,35	245374,06	21618,86	181,15	7497652,90	41389,20
FRIJOL	Nuevo Imperial	67,03	144292,83	2152,66	241,56	354215,10	1466,36	74,85	95427,31	1274,91	55,57	123166,04	2216,41
	Viejo Imperial	47,06	118575,66	2519,67	169,59	251078,54	1480,50	52,55	67315,08	1280,97	39,02	87471,28	2241,70
	Maria Angola	2,23	9002,52	4043,29	8,02	11586,78	1444,58	24,92	30221,98	1212,76	18,43	40917,36	2220,15
	San Miguel	4,62	18887,23	4089,10	16,64	24451,64	1469,52	51,64	63125,77	1222,42	38,37	85395,12	2225,57
	Huanca	2,85	11602,74	4072,92	10,26	14860,65	1448,08	31,83	38639,39	1213,93	23,64	52562,36	2223,45
	Pachacamilla	1,15	4585,24	4001,82	4,13	5885,54	1425,90	12,81	15418,76	1203,65	95,03	209893,71	2208,71
	Palo Herbay	17,35	71498,28	4120,94	62,54	92230,61	1474,75	19,38	25174,87	1299,01	14,39	32609,89	2266,15
VID	Nuevo Imperial	159,83	1249791,25	7819,50	169,85	1324827,71	7799,99	180,47	1309327,08	7255,10	309,96	2011728,22	6490,28
	Viejo Imperial	18,29	145361,86	7947,61	19,43	151599,13	7802,32	20,65	167746,73	8123,33	354,70	2224080,90	6270,32
	Maria Angola	105,26	789267,73	7498,32	111,86	1080300,40	9657,89	118,85	944196,04	7944,39	204,13	1268358,47	6213,59
	San Miguel	218,36	1658071,95	7593,32	232,05	2282560,85	9836,69	246,55	1967022,18	7978,05	423,46	2646090,26	6248,76
	Huanca	134,67	1011627,87	7511,65	143,12	1387784,54	9696,95	152,06	1208173,91	7945,17	261,17	1627993,71	6233,45
	Pachacamilla	54,17	403103,59	7441,86	57,56	554220,80	9628,22	61,16	485047,04	7930,63	105,04	652499,30	6211,64
	Palo Herbay	122,24	904540,81	7399,71	129,88	1272994,63	9801,31	138,02	1101027,46	7977,30	237,05	1480526,12	6245,63

SUPERFICIE Y PRODUCCION DE CULTIVOS EN EL VALLE DEL RIO CANETE

		1992			1993			1994			1995		
		Superficie (Ha)	Produccion (Kg)	RENDIMIENTO (Kg/Ha)	Superficie (Ha)	Produccion (Kg)	RENDIMIENTO (Kg/Ha)	Superficie (Ha)	Produccion (Kg)	RENDIMIENTO (Kg/Ha)	Superficie (Ha)	Produccion (kg)	RENDIMIENTO (kg/Ha)
MANZANO	Nuevo Imperial	196,80	1453091,75	7383,60	199,07	1473099,83	7399,91	239,06	1767125,26	7391,97	227,76	1657898,16	7279,15
	Viejo Imperial	245,35	1766519,91	7200,00	248,18	1810501,13	7295,11	298,04	2580262,89	8657,44	283,96	1837293,54	6470,25
	Maria Angola	34,20	249158,07	7285,08	34,60	264616,84	7648,88	41,55	361295,17	8696,21	39,58	253147,96	6395,43
	San Miguel	70,95	524136,34	7387,41	71,77	552622,74	7700,12	86,19	751162,37	8715,47	82,11	525814,37	6403,49
	Huanca	43,76	319268,66	7296,10	44,26	340133,74	7684,31	53,16	463084,37	8711,71	50,64	323962,51	6396,83
	Pachacamilla	17,60	127719,28	7256,73	17,80	136086,72	7644,01	21,38	185836,22	8692,08	20,37	128985,52	6332,30
	Palo Herbay	35,19	279385,91	7939,36	35,60	274107,01	7699,64	42,75	382586,94	8949,40	40,73	261810,79	6427,96
CITRICOS	Nuevo Imperial	258,85	4322738,69	16699,78	250,41	2727512,11	10892,19	220,20	3573215,32	16227,14	283,83	9638885,27	33960,07
	Viejo Imperial	8,18	136630,42	16702,99	7,92	86272,89	10893,04	69,64	1104330,92	15857,71	89,70	3511506,10	39147,23
	Maria Angola	68,77	1091136,21	15866,94	66,53	718643,81	10802,29	58,50	930979,65	15914,19	75,40	3258429,44	43212,73
	San Miguel	142,66	2335632,11	16372,22	138,01	1504302,71	10899,99	121,36	1941679,31	15999,66	156,43	6769740,38	43277,71
	Huanca	87,99	1396454,91	15871,43	85,12	919788,67	10806,00	74,85	1266424,58	16919,94	96,48	4171171,26	43235,10
	Pachacamilla	35,39	553561,08	15642,46	34,24	369763,11	10800,68	30,10	478660,41	15900,01	38,80	1638127,76	42215,95
	Palo Herbay	10,29	171774,47	16693,34	9,95	104163,05	10468,65	87,53	1403652,09	16036,24	112,80	4965686,60	44022,04
ESPARRAGO	Nuevo Imperial	39,52	261391,06	6614,15	48,62	325452,80	6693,81	54,90	399252,81	7272,36	631,93	5005106,78	7920,35
	Viejo Imperial	0,72	4761,85	6613,68	0,86	6994,70	8133,37	116,85	1076823,00	9215,43	11,50	114193,40	9929,86
	Maria Angola	40,96	268713,62	6560,58	55,20	735138,81	13318,92	56,90	510585,72	8973,40	65,34	732785,29	11214,99
	San Miguel	84,97	562007,41	6614,30	114,50	1536032,02	13414,94	118,04	1062515,24	9001,45	135,55	1522011,55	11228,69
	Huanca	52,40	344621,59	6576,13	70,62	941857,93	13337,06	72,80	653384,83	8974,96	83,60	938627,71	11227,70
	Pachacamilla	21,08	137413,63	6519,40	28,40	378413,89	13322,70	29,28	260884,51	8909,68	33,62	376861,02	11208,02
	Palo Herbay	56,13	381284,50	6792,88	69,85	1014756,10	14527,65	77,98	781826,09	10025,98	89,54	1108157,14	12376,11

ELABORACION: BASE DE DATOS DEL AUTOR DE LA TESIS

FUENTES: INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES (INRENA)
MINISTERIO DE AGRICULTURA (REGION VI LIMA-CALLAO)
JUNTA DE USUARIOS DEL VALLE DEL RIO CANETE
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA (INEHI CENSO AGROPECUARIO)
INSTITUTO RURAL "VALLE GRANDE" - CANETE

CUADRO No 3: RENDIMIENTOS DE CULTIVOS POR ANOS EN LOCALIDADES DE CANETE

LOCALIDADES	ANOS	ALGODON	CAMOTE	MAIZ AMARILL	PAPA	HORTALIZAS	ZAPALLO	MAIZ CHALA	PEPINO	FRIJOL	VID	MANZANO	CITRICOS	ESPARRAGOS
NUEVO IMPERIAL	1992	4631,00	13358,17	2937,26	17355,61	15837,51	20531,56	20750,37	26427,18	652,66	6217,28	5383,60	16599,78	8814,15
	1993	5239,00	13135,52	2999,98	15369,95	16029,89	21258,20	20816,71	26271,21	666,36	6427,17	5959,91	12592,19	8573,81
	1994	6010,00	13538,59	2718,56	19777,31	15118,12	22857,59	20422,63	27237,53	674,91	6255,14	6351,97	16227,14	8762,36
	1995	4522,00	24343,99	1659,27	19142,89	26887,58	22185,61	20200,83	28426,56	716,41	6465,28	6279,15	33960,07	8922,35
	PROMEDIO	5113	17344,068	2578,7675	18911,44	19218,275	21583,24	20547,635	27090,5825	677,585	6341,2175	5993,6575	19844,795	8768,1675
VIEJO IMPERIAL	1992	4600,00	13831,38	4366,98	18704,17	14300,46	20338,58	15302,08	27910,81	1119,67	6647,61	6129,99	16702,99	9613,68
	1993	5200,00	12300,17	4907,16	18524,22	20824,31	21371,73	22797,08	28517,25	1080,50	6202,32	7157,11	10395,84	9138,37
	1994	5364,00	16394,23	4829,39	19205,26	20817,42	20465,54	22547,52	28382,62	1280,97	7023,33	6257,44	15857,71	9215,43
	1995	4477,00	26419,28	3660,30	19612,12	25174,90	19409,96	22167,60	28517,75	1241,70	6270,32	6460,25	39147,23	9929,86
	PROMEDIO	4910,25	17236,265	4366,2075	19011,443	20154,2725	20521,4525	21453,57	28332,1075	1180,71	6535,895	6496,1975	20650,2425	9473,085
MARIA ANGOLA	1992	5084,00	13490,41	5353,30	14159,68	13491,38	20558,27	16901,12	28298,90	4043,29	7498,32	7285,08	15366,94	6560,58
	1993	5759,00	17169,45	4814,52	17075,96	20179,97	22718,26	22656,19	31136,20	1444,58	9657,89	7648,38	10302,29	13318,92
	1994	6316,00	18040,25	4827,67	22045,61	20013,84	21395,94	24200,94	20920,46	1212,76	7944,39	8696,21	15914,19	8973,40
	1995	4817,00	24496,48	3646,38	25340,78	29458,01	20372,35	24682,79	40844,88	2220,15	6218,59	6395,48	43212,78	11214,99
	PROMEDIO	5494	18299,148	4661,7175	19655,508	20785,925	21261,205	22110,26	29050,11	2230,195	7828,5475	7506,4	21449,0375	10016,9725
SAN MIGUEL	1992	5158,00	13772,97	5450,33	17933,56	13758,22	21958,98	17549,57	24390,48	4039,10	7593,32	7387,41	16372,22	6614,30
	1993	5886,00	17279,78	5076,66	17815,71	20300,32	24373,89	22769,06	32634,33	1469,52	9836,69	7700,12	10899,99	13414,94
	1994	6388,00	18093,98	4836,20	22316,41	20162,02	21651,59	24452,48	21189,57	1222,42	7978,05	8715,47	15999,66	9001,45
	1995	4897,00	24541,25	3654,61	25358,52	29490,05	20446,29	24812,03	40367,64	2225,57	6243,76	6403,49	43277,71	11223,69
	PROMEDIO	5581	18423,245	4766,95	20856,05	20927,6525	22106,4375	22395,785	29770,505	2251,6525	7914,205	7551,6225	21637,395	10064,845
LA HUACA	1992	5106,00	13520,20	5411,75	17564,75	13695,77	21108,35	17267,15	28537,36	4072,92	7511,65	7296,10	15871,43	6576,13
	1993	5780,00	17210,30	4393,50	17237,53	20190,58	22736,53	22725,43	31184,78	1448,08	9696,95	7684,31	10806,00	13337,06
	1994	6322,00	18062,43	4840,45	22070,30	20158,51	21434,10	24376,72	20993,36	1215,93	7945,17	8711,71	16919,50	8974,96
	1995	4845,00	24513,26	3650,96	25355,77	29466,61	20484,44	24791,59	40350,53	2223,45	6233,45	6396,83	43285,10	11227,70
	PROMEDIO	5513,25	18326,673	4700,415	20557,083	20877,8675	21440,855	22290,223	29142,7575	2239,595	7846,805	7522,2375	21763,0075	10028,9625
PACHACAMILLA	1992	4903,00	12915,20	5302,75	17075,27	12873,17	20020,67	16532,36	22269,24	4001,82	7441,86	7256,73	15642,46	6519,40
	1993	5575,00	17047,29	5205,35	17096,96	20144,41	22024,90	22525,35	30681,55	1425,90	9628,22	7644,01	10800,68	13322,70
	1994	6310,00	18034,60	4826,48	22023,35	20004,95	21348,54	24005,11	20782,08	1203,65	7930,63	8692,08	15900,01	8909,63
	1995	9309,00	24476,87	3634,57	25309,91	29401,48	20414,68	24535,86	40325,53	2208,71	6211,64	6352,30	42215,95	11208,02
	PROMEDIO	6649,25	18118,49	4742,2875	20377,623	20606,0025	20952,1975	21899,795	28639,6	2210,02	7803,0875	7481,28	21139,775	9939,95
PALO HERBAY	1992	9587,00	12340,21	5400,06	17350,47	14301,37	22235,61	17846,26	22600,24	4120,94	7399,71	7939,86	16693,34	6792,33
	1993	6166,00	17968,54	5524,03	15814,78	20295,67	24369,87	22959,57	31187,04	1474,75	9801,31	7699,64	10465,65	14527,65
	1994	6258,00	19954,88	4841,34	22238,80	20669,28	22754,72	26098,90	21618,36	1299,01	7977,30	8949,40	16036,24	10025,98
	1995	4293,00	25706,32	3688,84	25151,47	30058,86	21308,26	25265,93	41339,20	2266,15	6245,63	6427,96	44022,04	12376,11
	PROMEDIO	6651	18992,488	4863,5675	20138,88	21332,045	22667,115	23042,665	29198,835	2290,2125	7855,9875	7754,09	21804,0675	10930,655

CUADRO No 4: RENDIMIENTOS (Kg/Ha) PROMEDIOS DE CADA CULTIVO EN CADA LOCALIDAD

INDICE M-R	ALGODON	CAMOTE	MAIZ DURO	PAPA	HORTALIZA	ZAPALLO	MAIZ CHALA	PEPINO	FRIJOL	VID	MANZANO	CITRICOS	ESPARRAGO	PROMEDIO	INDICE
Vo	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	Vn	EBERHARD
-3,249	5113,000	17344,068	2573,768	18911,440	19218,275	21583,240	20547,635	27090,583	677,585	6341,218	5993,658	19844,795	8768,168	13385,572	-1135,936
-2,021	4910,250	17236,265	4566,208	19011,443	20154,273	20521,453	21453,570	28332,108	1130,710	6535,895	6496,198	20650,243	9473,085	13886,284	-635,223
-0,058	5494,000	18299,148	4661,718	19655,508	20785,925	21261,205	22110,260	29050,110	2230,195	7828,548	7506,400	21449,038	10016,973	14642,283	120,725
0,207	5581,000	18423,245	4766,950	20856,050	20927,653	22106,438	22395,785	29770,505	2251,653	7914,205	7551,623	21637,395	10064,845	14942,103	420,596
0,677	5513,250	18326,673	4700,415	20557,083	20877,868	21440,855	22290,223	29142,758	2239,595	7846,805	7522,238	21703,008	10028,963	14784,211	262,703
1,743	6649,250	18118,490	4742,288	20377,623	20606,003	22952,198	21899,795	28639,600	2210,020	7303,088	7481,280	21139,775	9989,950	14816,104	294,597
2,696	6651,000	18992,448	4863,563	20138,880	21332,045	22667,115	23042,665	29198,835	2290,213	7855,988	7754,090	21805,068	10930,655	15194,044	672,536
PROMEDIO	5701,679	18105,762	4411,416	19929,719	20557,434	21790,358	21962,843	28746,357	1868,567	7446,535	7186,498	21176,331	9896,091	14521,507	0,000

regresión de los cultivos sobre el índice ambiental, y el error estándar estimado de la diferencia entre cualquier coeficiente de respuesta Beta del cultivar (b_i) y la pendiente común ($\bar{b}$). Los resultados estadísticos son expuestos en el CUADRO N° 4.

Los resultados obtenidos difieren un poco de los obtenidos en los ambientes experimentales de la Universidad Nacional Agraria para un trabajo de investigación realizado en 1976(114) sobre estimaciones de parámetros de estabilidad en siembras mensuales porque, si bien el presente modelo ha tomado como base el desarrollado por los investigadores norteamericanos EBERHART y RUSSELL, en primer lugar, se ha trabajado con unidades rurales reales y no unidades experimentales con áreas estándares preparadas y diseñadas exprofesamente; en segundo lugar, la diversidad de cultivos permanentes y rotatorios tratados en el presente estudio; en tercer lugar, debido al comportamiento estacional de la producción, a las de sus precios de mercado y a las de sus costos operativos agrícolas. Finalmente, por su sensibilidad a las ofertas de insumos y a los precios del mercado nacional e internacional tratado en investigaciones sobre modelística econométrica agraria (20);(80). Esta investigacón aplica en el campo de nuestro país el modelo multivariado regresional desarrollado, no pudiendo ejercer control alguno sobre las variedades ambientales y cultivares; mientras que el trabajo para verificar el modelo beta EBERHART - RUSSELL, realizado en los campos experimentales de la Universidad Agraria La Molina pudo beneficiarse de la verificación y del control en los errores de mediciones de las variables descritas. Sin embargo, el modelo empleado en la investigación, exhibió resultados bastantes buenos respecto a la robustez y consistencia.

La función de regresión beta promedio, definidas en el presente estudio y basada en el diseño biométrico aditivo lineal descrito en la primera parte de la tesis resultó ser:

$$Y_{ij} = \alpha_i + \beta_i X_j + \varepsilon_{ij} = 14521.5 + 296.839\ X_j + \varepsilon_{ij}$$

4.2 ESTIMACION Y VERIFICACION REGRESIONALES

Si el coeficiente beta del i-ésimo cultivar (β_i) es igual al coeficiente de respuesta beta promedio ($\bar{\beta}$) el cultivo en referencia será totalmente adaptable al medio ambiente y por tanto se habrá asignado eficientemente los recursos naturales. Esto se comprueba mediante la prueba **t** de Student para una Hipótesis Nula ($H_0 : \beta - \bar{\beta} = 0$), donde el error estándar estimado para la diferencia entre cualesquiera respuesta beta del cultivo (b_i) y la pendiente común ($\bar{b}$) será la raíz cuadrada de la variancia definida por:

$$\hat{Var}\left(b_i - \bar{b}\right) = S^2_{(b_i - \bar{b})} = S^2_{b_i} - S^2_{\bar{b}} = \frac{(V-1)S^2}{V\sum_{j=1}^{g} I_j^2}$$

Para determinar qué cultivos no son adaptables al rango de ambientes se contrasta la siguiente hipótesis nula (Ho) respecto a la hipótesis alternante (H_1):

$$H_0 : \beta_i = \bar{\beta} \approx b_i = \bar{b}$$

$$H_1 : \beta_i \neq \bar{\beta} \approx b_i \neq \bar{b}$$

utilizando la prueba estadística **t** de Student y el estadístico $S^2_{bi-\bar{b}}$, detallado más adelante con un valor de 37.4 para el error estándar estimado, se observa que los cultivos más adaptables a los microfilmes resultaron ser el frijol seco industrial, el algodón, los espárragos y el manzano entre otros; desestimándose como cultivos que no recepcionan eficientemente los recursos naturales ambientales los de maíz chala, camote, pepino, entre otros.

El cuadro de Análisis de Variancia (ANVA) obtenido a partir de los análisis de 13 regresiones lineales ensambladas según detalles expuestos en el Cuadro N° 4 muestra un F

estadístico significativo que permite probar la hipótesis nula sobre la igualdad de las pendientes de las variedades:

CUADRO DE ANALISIS DE VARIANCIA (ANVA) PARA LOS 13 CULTIVOS

FUENTE DE VARIACION	G de L	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	PROB. F
Regresión	13	29420893.3	2263145.6	
Residual	65	2460582.42	37855.11	Fc = 59.7844
Total	78	31881475.72	2301000.71	Ft = 2.15

La evidencia no es del todo concluyente respecto a que los cultivos estudiados estén diferenciados. La adaptabilidad cultivar en las condiciones de explotación agrícola se puede observar en el Cuadro N° 5 a través del ordenamiento realizado, donde un cultivo tendrá una asignación de los recursos naturales ambientales cuanto menor sea la diferencia absoluta de los coeficientes de respuesta ßeta del cultivo y la pendiente común. El frijol seco industrial tiene una diferencia absoluta de 0.047, habiendo interrelacionado bien con el microclima y resulta más adaptable a las nuevas condiciones que el algodón cuya diferencia absoluta es 1.572. Quedan descartados por tanto cultivos como el maíz chala, camote, pepinos, entre otros, debido a que sus respectivas diferencias absolutas (45.97; 27.94; 5.99) les otorga rangos de escasa o nula adaptabilidad ambiental.

Se estima el error estándar (raiz cuadrada de la variancia) para las diferencias entre cualquier respuesta beta y la pendiente común. El Error Estándar estimado de la diferencia entre cualquier Coeficiente de Respuesta ßeta del cultivo (b_i) y la pendiente común ($\bar{b}$) determinado mediante resultó ser:

$$S_{bi-\bar{b}} = \sqrt{S_{bi}^2 - S_{\bar{b}}^2} = \sqrt{\frac{(V-1)\ S^2}{V\sum l_i^2}} = \sqrt{\frac{(13-1)\,37855.11}{13 \times 25.472061}} = 37.038138$$

4.3 APLICACION DEL MODELO BETA

Un índice ambiental describe la relativa contribución así como la interrelación de recursos naturales ambientales-rendimientos productivos cultivares para un ecoagrosistema concreto. La productividad, usualmente en forma de media local, ha sido y es ampliamente usada como un índice ambiental-biológico. Una fuerte motivación en el presente estudio consistió en las observaciones planteadas al promedio local del tradicional índice ambiental-biológico, porque de acuerdo a la metodología empleada debe ser consistente con los supuestos básico mínimocuadráticos regresionales. Cuando el rendimiento productivo de un cultivo individual es regresionado sobre el índice ambiental-biológico promedio, el rendimiento cultivar es la variable dependiente (variable aleatoria) que también forma parte del índice promedio local (variable independiente) en el viejo modelo EBERHARD-RUSSELL y resulta ser a la vez una variable aleatoria. Los errores de medidas en la variable independiente estarán correlacionadas con la variable dependiente.

En la práctica, el problema sería menos importante si el número de cultivos para cada media local es grande [ver al respecto EBERHART-RUSSELL (1966) **(28)**, pero ello motiva a desarrollar una metodología que verificará, lo más cercano posible, los supuestos mínimocuadráticos básicos del análisis regresional. En la parte inferior del CUADRO N° 5 puede observarse los resultados de los coeficientes beta clásicos que serán a continuación contrastados con el modelo desarrollado, a fin de verificar la hipótesis.

En la década de los setenta, importantes variables locales han sido identificadas en los Estados Unidos de Norteamérica, explicando la variabilidad productiva de los cultivos en diferentes condiciones ambientales: LAIRD y CADY (1969)**(63)**; VOSS et al. (1970)**(115)**; SOPHER et al.(1973)**(100)**.Perfeccionados campos instrumentales para medir variables locales han sido incorporadas, comprendiéndose mejor la interacción de los recursos naturales ambientales tales como los suelos, el agua, las plantas y efectos meteorológicos que también interactúan asociados al ecoagrosistema.Consiguientemente, la adquisición de datos básicos sobre variabilidad cultivar local puede ahora formar parte de diseños

experimentales, de técnicas muestrales, de la ingeniería económica y de planeamiento estratégico, para desarrollar investigaciones en varios y variados ambiente. Afortunadamente este progreso en el conocimiento de factores ambientales ha sido asociado con mejores conocimientos y accesibilidad de los métodos estadísticos multivariados, que han sido aplicados en la determinación del presente ratio ecoagronómico. En la parte superior del CUADRO N° 5 se observa las pendientes regresionales obtenidas a partir del modelo multivariado regresional desarrollado, que se contrasta con el primer modelo base, aplicando el Coeficiente de Correlación de Spearman.

El grado de concordancia entre los rangos de productividad (rendimientos cultivares en Kg/Ha) basados en la aproximación de la primera componente principal para formular un índice ambiental-biológico o ratio ecoagronómico, y los rangos resultantes a partir del uso de los promedios por ambientes o sectores de producción agraria, han sido tabulados empleando el Coeficiente de Correlación de Spearman con 11 grados de libertad, obteniéndose la siguiente relación:

$$\gamma_{sp} = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2-1)} = 1 - \left(\frac{6 \times 257}{13(169-1)} \right) = 1 - \frac{1542}{2184} = 0.293956$$

El resultado obtenido revela una relativa baja correlación (29.4%) entre los métodos contrastados. El modelo multivariado-regresional supera las limitaciones del modelo basado en un índice de promedios en rendimientos cultivares pero manteniendo una relación que aproxima ambas técnicas.

5. RESULTADOS EXPERIMENTALES

El aporte fundamental de la presente investigación consiste en que el índice ambiental o ratio ecoagronómico, determinado mediante el método de componentes principales desarrollado por H. HOTELLING, dependerá solamente de las variables aportados por los recursos naturales ambientales o ecoagronómicas; superando la crítica al tradicional modelo beta desarrollado por los profesores norteamericanos EBERHART y RUSSELL, donde el índice ambiental dependían del rendimiento productivo Kg/Ha de los cultivos, generando una dependencia vectorial, de manera que el error de medida en la variable independiente (índice ambiental o ratio ecoagronómico) estaba correlacionado con la variable dependiente (rendimientos productivos de los cultivos en Kg/Ha). Esta crítica fue asumida por los propios profesores norteamericanos quienes en su artículo "Stability Parameters for Comparing Varities" del año 1966 publicado por la revista Crop Science, Vol. 6., pags 36-40 expresan lo siguiente: "...Un índice independiente de las variedades experimentales, obtenido a partir de factores ambientales tales como...serían deseables. Nuestro conocimiento presente de la relación de estos factores y el rendimiento no permite el cálculo de tal índice. Hasta que podamos medir tales factores para formular una relación matemática con el rendimiento, debe ser suficiente el promedio de las variedades en un ambiente particular".

Son alentadores la bondad del modelo económico multivariado-regresional debido a la relativa baja concordancia entre la metodología previa utilizada por los investigadores norteamericanos en la Universidad de Carolina del Norte y los obtenidos en el presente estudio, que fueron trabajados en un ambiente productivo real: el valle del río Cañete. Demuestra la confiabilidad de usar información de recursos naturales ambientales como medidas cuantitativas independientes, y encontrar una relación con la productividad local cultivar-microclimática (rendimientos productivos Kg/Ha). Sin embargo, una comparación entre las metodologías descritas, desarrolladas y aplicadas, no serán del todo concluyentes sin una mayor, más intensiva y extensiva evaluación y verificación experimental.

El índice ambiental-biológico o ratio ecoagronómico describe la contribución relativa y la interrelación de recursos naturales ambientales en diversos sectores de producción agrícola pertenecientes al valle del río Cañete, donde resultaron favorables en primer lugar el sector Palo Herbay (2.6967) y en segundo lugar el Sector Pachacamilla (1.747787); lo cual resulta coherente debido a que ambos sectores se ubican hacia los extremos del microclima costeño, con la Panamericana Sur como su principal vía de acceso y de tránsito obligado, teniendo a la vez infraestructuras relativamente modernas de riego cercanas al río Cañete, concentrando los mayores y mejores cultivos agroindustriales y unidades agrícolas empresariales. En el lado opuesto y con signos negativos, se ubicaron los sectores de Nuevo Imperial (- 3.25) y Viejo Imperial (- 2.02); el primero se localizan hacia la zona andina del valle cañetano, mientras que el segundo, detenta algunos rezagos dejados por la reforma agraria de 1969, así como antiguas estructuras de riego y unidades agrarias con cultivos que todavía no se han adecuado a los exigentes niveles competitivos del mercado.

Las pendiente beta (ß) y los rangos de adaptabilidad de los cultivos al medio ambiente o microclimas en estudio, comprueban la asignación eficiente de recursos naturales en la producción de los cultivos de frijol seco industrial, algodón y espárrago. Se desestiman como cultivos poco adaptables a los microclimas investigados, los correspondientes al maíz chala, camote y pepinos. En el primer caso, se trata de cultivos con mercados cautivos tanto nacional como extranjero, al cual podemos sumarle la manzana como fruto que también posee un rango de adaptabilidad ambiental. En el segundo caso, se trata de un cultivo destinado al forraje local para una zona no pecuaria por excelencia, así como de un tubérculo que se siembra indistintamente en cualquier periodo o campaña, pero con precios estacionales y no comercial externamente.

Con las técnica tradicionales descritas y observadas de un índice ambiental-biológico correlacionado linealmente con los cultivos (modelo EBERHART-RUSSEL), se obtiene el siguiente orden de adaptabilidad: papa, manzano, frijol seco, vid y hortalizas. Contrastándose aproximaciones no cercanas a las conocidas adaptabilidades de los cultivos identificados en las siete zonas agrícolas, respecto a los recursos naturales ambientales estudiadas e investigadas mediante otras técnicas.

El coeficiente de correlación de Spearman hallado (29.4 %) de los rangos de adaptabilidad basados en la aproximación de la primera Componente Principal con el fin de formular un índice ambiental-biológico o ratio ecoagronómico, y los basados en los tradicionales promedios cultivares por ambiente, indica que los rangos de adaptabilidad de los métodos desarrollados tienen relativamente poca concordancia (debido a su baja correlación) aprobando por descarte el uso de información de recursos naturales ambientales o ecoagronómicos como una medida cuantitativa independiente de la capacidad productiva del microclima en estudio.

CONCLUSIONES

1. Como aporte a la Economía de los Recursos Naturales, se ha desarrollado un modelo económico multivariado-regresional que permite evaluar el rendimiento productivo (Kg/Ha) en cultivos adaptados eficientemente al medio ambiente; a un concreto ecoagrosistema ubicado en la Costa Sur del país.

2. El Modelo Multivariado-Regresional permitió evaluar el rendimiento productivo y la eficiencia en el uso de los recursos naturales ambientales: adaptabilidad de nueve (9) cultivos transitorios y cuatro (4) permanentes en el valle del río Cañete, mediante el comportamiento de un conjunto de variables ambientales sobre siete (7) zonas agrarias, relacionando una característica económica (rendimiento productivo en Kg/Ha) con un índice ambiental o ratio ecoagronómico, obteniendo amplia estabilidad ambiental o adaptabilidad a sus respectivos microclimas investigados para los cultivos de frijol seco industrial y algodón (cultivos transitorios), así como para el cultivo permanente de espárragos. Quedaron desestimados, debido a su poca estabilidad ambiental los cultivos de maíz chala y de camote respectivamente.

3. Se ha determinado un índice ambiental o ratio ecoagronómico a partir exclusivamente de los recursos naturales ambientales o ecoagronómicos, independientemente de las características económicas (rendimientos productivos Kg/Ha) evaluados en cada uno de los cultivos investigados, superando las observaciones formulados al Modelo EBERHART-RUSSELL y al Modelo de HOTELLING; confirmando la predominancia empresarial ecoagronómica de los microclimas evaluados para las zonas agrarias costeñas del valle Palo Herbay (2.696) y Pachacamilla (1.748); índices ambientales opuestos fueron encontrados en las zona agraria de Nuevo Imperial (- 3.249) y en la poca eficiente zona agraria de Viejo Imperial (- 2.02).

4. El valle del río Cañete es un ambiente adecuado para desarrollar técnicas estadístico matemáticas, que sean aplicadas por la economía de los recursos naturales a estructuras agrarias con predominancia de relaciones de producción capitalistas, reduciendo de este manera posibles variables estocásticas que suelen darse en zonas agrícolas con excelentes recursos naturales ambientales, pero donde persisten relaciones de producción serviles o prestaciones de trabajo no remunerados empresarialmente.

5. Mediante un caso empírico ilustrativo se comprueba la idoneidad y robustez del modelo económico en los microclimas o ambientes de siete (7) zonas agrarias del valle del río Cañete; permitiendo de esta forma verificar o realizar ajustes correctivos sin recurrir a costosas pruebas pilotos en el desarrollo y evaluación de procesos productivos agrícolas que buscan asignar eficientemente los recursos naturales ambientales que interaccionan con determinados cultivos incidiendo en sus respectivos rendimientos productivos.

6. Se ha desarrollado un camino distinto a la metodología establecida por el "Principio de Hotelling" y por su corolario el "Principio de Valorización de Hotelling" con el objetivo de evaluar la asignación de recursos naturales ambientales: no como usos de tipo flujo (generadores de ingresos) o de tipo stock (depósitos de valor) sino evaluando el proceso productivo de un recurso natural (la tierra) mediante una relación estadística matemática entre índice ambiental (determinado previamente mediante los Componentes Principales de Hotelling) y rendimientos productivos agrícolas para diversos cultivos producidos en diferentes y particulares microfilmes, existentes en el valle del río Cañete.

RECOMENDACIONES

1. Homogenizar la contribución selectiva y la relaciones de recursos naturales ambientales con las campañas agrícolas entre las zonas productivas, evaluadas previamente con el presente modelo económico multivariado-regresional, de manera que se establezca una especialización competitiva de cultivos permanentes y de cultivos rotativos ampliamente adaptados a los respectivos microclimas que exhiban los mejores índices ambientales. Para el caso del valle del río Cañete fueron los sectores de Palo Herbay y de Pachacamilla. En aquellas zonas donde no exista tal interrelación entre la eficiencia de los recursos naturales ambientales y los rendimientos productivos, debe buscarse cambios en variedades de cultivos, de manera que en zonas como la de Nuevo Imperial, con piso ecológico y microclima semiandino, puedan especializarse competitivamente en frutales o incrementar sus rendimientos en la producción de papas con variedades que correspondan al medio ambiente evaluado. Ello requiere ante todo un adecuado apoyo institucional y tecnológico.

2. Ejecución del proyecto de rehabilitación de tierras, canales y equipamiento, elaborado por el Ministerio de Agricultura, el Instituto de Recursos Naturales (INRENA) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) evaluado en US $ 19'646,288, el cual permitirá superar la inseguridad en el abastecimiento de agua al sistema de canales del valle. Actualmente se carece de una adecuada infraestructura de captación del río, que ocasiona cortes temporales en el suministro de agua para el riego, que incide en la productividad y el rendimiento. De superarse este impase se estaría generando un valor adicional de S/. 130' 994,745 (precios de 1995) anual, según cálculos elaborados por el Instituto Rural Privado "Valle Grande". Valor cuya fuente originaria es una renta diferencial que puede aportar a una acelerada acumulación de capital agroindustrial local.

3. Superación de la escasa inversión en cultivos agroexportadores mediante un sistema local de trasferencia tecnológica y financiera cuya base sean el Ministerio de Agricultura, la Asociación de Agricultores de Cañete que sostienen la Estación Experimental Agrícola de Nuevo Imperial, el Instituto Privado Rural "Valle Grande" que cuenta con asistencia gubernamental de Holanda, la Central de Cooperativas Agrarias Cañete-Mala y la Caja Rural de Cañete. De esta manera, puede promocionarse cultivos ampliamente y científicamente adaptables a los excelentes recursos naturales ambientales, como el algodón, el frijol industrial y los espárragos. Sólo la Central de Cooperativas otorgó créditos a los pequeños agricultores por un valor de 4.2 millones de dólares entre 1994 y 1995, mientras que la novísima Caja Rural está movilizando créditos que superan en la actualidad los US $ 1.3 millones.

4. Incremento del valor agregado en la producción del algodón, frijol industrial, espárrago y frutas, mediante el establecimiento de pequeñas plantas industriales procesadoras de pacas de algodón con el fin de transformarlas en fibras elaboradas o semielaboradas para la exportación. Establecimiento de plantas industriales congeladoras, para el almacenamiento y la conservación de productos perecibles. Mejoramiento en los empaques y/o presentaciones de las frutas comerciables para el mercado interno y externo. Creación de pequeñas plantas procesadoras de espárragos que impidan el establecimiento de monopolios asociados al capital financiero centralista de la capital o del extranjero.

5. Acción directriz del Estado para dinamizar el esfuerzo individual del empresario agrario del valle del río Cañete hacia empresas con economías de escala ampliada, garantizándoles además contra riesgos y distorciones del mercado; fiscalización a la libre acción (libertinaje) del mercado local, nacional e internacional. Si bien en la actualidad se cuenta con una planta almacenadora en frío, con una planta procesadora de pepa de algodón para la obtención de aceite y, con pequeñas empacadoras de frutas y espárragos; no se ha desarrollado una estructura productiva agroindustrial y una comercialización con niveles rentables de competitividad, debido en primer término a la carencia de una economía de escala y al predominio de la pequeña empresa rural que trabaja con niveles productivos y con rendimientos por debajo del promedio continental.

6. Ampliar y profundizar las investigaciones sobre manejo o gerencia eficiente de los recursos naturales ambientales, con el fin de determinar los impactos que tienen las diversas variables ecoagronómicas en el proceso productivo agrícola del valle de Cañete, mediante técnicas multivariadas avanzadas o teoría de juegos, definiendo un modelo integral para evaluar el agroecosistema de Cañete, de manera que se establezcan bases para el desarrollo agroindustrial del país.

BIBLIOGRAFIA

1. ADAMS RICHARD W., 1984.- Assesing the Adequacy of Natural Science Information: A Bayesian Approach. Rev. Econ. Statist, Vol. 66, pag. 568-75.
2. ADAMS R.; HAMILTON S. and McCARL B., 1986.- The Benefits of Pollution Control: the Case of Ozone and U.S. Agriculture. Amer. J. Agr. Econ., Vol. 68, pag. 886-93.
3. ADELMAN I. and MORRIS T.C.; 1965.- Factor Analysys of the Inter-relationship between Social and Political Variables and Per Capita Gross National Products. Quart. Journal. Vol. 79, pag. 555'578. Mass. USA.
4. ALTIERI M. A., 1993.- Proyectos Agrícolas en Pequeña Escala en Armonía con el Medio Ambiente. De. Centro de Estudios y Tecnologías Apropiadas para América Latina (CETAL).- Valparaíso, Chile.
5. ALLARD, R. W. and BRADSHAW, A.D., 1964.- Imlications of genotype-environment intersactions in applied plant breeding. Crop Sciencie, Vol 4, pag. 502-507. USA.
6. ANDERSON T.W.,1974.- An Introduction to Multivariate Statistical Analysis. Ed. John Wiley & Sons, Inc.- New York, USA.
7. BAIHAKI A., 1976.- Association of genotype x environment interactions with performance level of soybean lines in preliminary fields tests. Crop Sicencia Vol. 16, pag. 716-721. USA.
8. BAUMOL W. and OATES W.E., 1971.- The Use of Standards and Prices for Protection of the Environment. Swedish J. Eon., Vol 73, pags. 42-54.
9. BECHT, G. 1974.- Systems Theory, the key to Holism and Reductionism. Bioscience Review Nº 123, pag. 1127-1128.
10. BILLINGS, W. D. 1952. The enviromental complex in relation to plant growth and distribution. Quart. Rev. Biol. 27:251-265.
11. BILLONE J., 1983.- Análisis Situacional del Sector Asociativo en el Valle de Cañete". Ed. CEDEP.- Lima, Perú.
12. BLANNEY H.F., 1955.- Climate as an index of Irrigation Need. Water, the Yearbook of Agriculture. The United States Printing Office. Washington D.C., USA.
13. BUCIO ALANIS, L. and HILL, J., 1966. Environmental and genotype-environmental components of variability. II. Heterocygotes. Heredity Review Vol. 21, pp 399-405. USA.

14. BURGOS C.F. y MENESES R., 1979.- Prueba de seis Arregos Cronológicos de maíz, frijol, arroz y yuca en Cariari, Pococi, Limón en Costa Rica. Reunión Anual del PCCMA, 25a., Tegucigalpa. Memoria Vol. 3. Secretaría de Recursos Naturales. Tegucigalpa, Costa Rica.
15. CALZADA, B. J.- Métodos Estadísticos para la Investigación.- Editorial Jurídica.- Lima.
16. CANNOCK G., 1993.- Priorización de Investigación Agropecuaria y Evaluación Económica Ex-ante. Ministerio de Agricultura - BID, Lima, Perú.
17. CARTER, M. 1984.- Identification of the Inverse Relationship between Farm Size and Productivity: an Empiral Analysis of Peasant Agricultural Poduction. Oxford Economic Papers, Nº 36.
18. CASLER, M. D., 1982. Genotype x Environment interactions bias to parent offspring regression heritability estimates. Crop Sciencie Vo. 22, pp 540-542.
19. CARLIER H., 1987.- Understanding Traditional Agriculture, Bibliography for Development Workers. Ediciones ILEIA. Amsterdam, Netherlands.
20. CASTILLO, M. 1979.- Exámen de la Agricultura en el Valle de Cañete. Serie Costa Central Nº 2; TEA Universidad Nacional Agraria La Molina, pag.: 24-37.
21. CLARK, C. and MUNRO, G.; 1973.- The Economics of Fishing and Modern Capital Theory. Journal of Environmental Economics and Management Vo. 2, pag 92-106.
22. COMSTOCK, R.E. and MOLL, R., 1963.- Genotype-Enviroment intractions Symposium on Statistical Geneties and Plant Breeding. NAS-NCR Publishing Vol 962, pp 164-196. New York. USA.
23. COCHRAN, W. G. y COX, G.M..- Diseños Experimentales.- Centro regional de Ayuda Técnica, A.I.D. México.- 1965.
24. COMTE AUGUSTE, 1973.- Curso de Filosofía Positiva, Editorial Aguilar, Buenos Aires, Argentina.
25. CONSULTEC S.A. INGENIEROS CONSULTORES, 1978.- Plan de Desarrollo para la Central de Cooperativas Agrarias Cañete-Mala Ltda. Nº 7. Ministerio de Agricultura y Alimentación.- Lima, Perú.
26. DAGUM CAMILO, 1987. Metodología y Crítica Económica. Editorial FCE. México D.F.
27. EAGLES, H.A., P.N. HINZ, and K.J. FREY. 1977. Selection of superior cultivars of oats by using regression coefficients. Crop Science, Vol 17 p.101-105.

28. EBERHART S.A. and RUSSELL W.A., 1966.- Stability Parameters for Comparing Varieties. Crop Science, Vol. 6. p. 36-40.

29. EBERHART S.A. and RUSSELL W.A., and PENNY, L. H., 1969. Double crosshybrid prediction in maize when epistasis present. Crop Science Vol. 45, pp. 363-366.

30. ECKSTEIN, R., 1978.- Land Reform in Latin America: Bolivia, Chile, Mexico, Peru y Venezuel. World Bank Staff Working Paper, num. 275, Washington D.C. USA.

31. ERESUE M. y BROUGERE A.M., 1982.- Políticas Agrarias y Estrategias Campesinas en la Cuenca del río Cañete (Avances de una Investigación). Universidad Nacional Agraria - Instituto de Estudios Francés. Ed. Universidad Nacional Agraria.- La Molina, Perú.

32. EMPRESA DE COMERCIALIZACION DE INSUMOS (ENCI), 1995.- Producción y Comercialización de los Principales Fertilizantes 1970-1995, Boletín Estadístico, De. ENCI, Lima, Perú.

33. EMPRESA DE MERCADOS MAYORISTAS S.A., 1995.- Volúmenes de Ingreso Mensual de los Principales Productos Agrícolas en el Mercado Mayorista Nº 1 1985-95. Lima, Perú.

34. FEIGE, E. and GEWEKE, J.; 1979.- Testing the Empirical Implications of Hotelling's Principle. Working Paper Nº 7924. Madison: Social Systems Res. Inst., University of Wisconsin. USA.

35. FINLAY, K. W., and G.N. WILKINSON. 1963. The analysis of adaption in a plant-breeding programme. Aust. Journal Research. Vol 14, p. 742-754.

36. GARCIA, PHILIP et al., 1986.-Measuring the Benefits of Environmental Change Using a Duality Approach: The case of Ozone an Illinois Cash Grain Farms. J. Environ. Econ. Manage. Vol 13, pag: 69-80.

37. GINI, CORRADO; 1956.- Delusioni Dell' Econometria. Revista Metron; vol. XXV, Nº 1-4; 166. Sociedad Econometrica. Milan. Italia.

38. GONZALEZ L.C., 1976.- Introducción a la Fitopatología. IICA Ediciones. San José, Costa Rica.

39. HAMILTON, J.; SHESHINSKI, E. and SLUTSKY, S.M., 1989.- Productins Externalities and Long-Run Equilibria: Bargaining and Pigovian Taxation. Econ. Inquiry, Vol. 27, pag. 453-71.

40. HAMILTON, SCOTT; BRUCE A. and ADAMS , R. 1985.- The Effects of Aggregate Response Assumptions on Environmental Impact Analysis. Ame. J. Agr. Econ. Vol. 67; pag. 407-13.

41. HEAL, G. and BARROW, M.; 1980.- The Relationship between Interest Rates and Metal Price Movements. Review of Economics Studies 47, pag. 161-81.

42. HEGEL, WILHELM F. 1974.- Enciclopedia de las Ciencias Filosóficas; Juan Pablo Editores; México D.F.

43. HORNER T. W. and K. j. FREY, 1969. Methods for determining natural areas for oat varietal recomendations. Agronomy Journal Vol. 49, pp 313-315. Illinios, USA.

44. HYMAN H.H., 1970.- Modern Factor Analysis. The University of Chicago Press. Chicago, USA.

45. HAITOVSKY Y., 1978.- Regression Estimation from Grouped Observations. National Bureau of Economic Research Press. New York, USA.

46. HART D.R., 1979.- Agroecosistema.Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Serie Materiales de Enseñanza Nº 1. Turrialba, Costa Rica.

47. HORNER, T.W., and K. J. FREY. 1957. Methods for determining natural areas for oat varietal recommendations. Agron. Journal. Vol 19, p. 313-315.

48. HOTELLING, HAROLD; 1931.- The Economics of Exhaustible Resourdes. Journal of Political Economy Nº 86, pag. 841-61.

49. HOTELLING, HAROLD; 1933.- Analysis of a Complex of Statistical Variables into Principal Components. Journal Educ. Psychol. Nº 24, pag. 417-41 and 498-520.

50. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA (INEI), 1989.- Encuesta Nacional de Hogares Rurales (ENAHR).

51. INEI, 1995.- III Censo Nacional Agropecuario - Perfil Agropecuario (Avance de Resultados). INEI-Misiterio de Agricultura, Lima, Perú.

52. JENSEN NEAL F. and PETERSON L., C. 1952. Intra-varietal diversification in oat breeding. Agronomy Journal Vol. 44, pp. 30-34.

53. JOHNSTON D.F., 1975.- Métodos de Econometría. De. Vinces Vives. Barcelona, España.

54. KANE, SALLY; REILLY, J. and TOBEY, J.; 1991.- An Empirical Study of the Economic Effects of Climate Change on World Agriculture. Mimeo USDA Report.

55. KENDALL M. G., 1957.- A Course in Multivariate Analysis. Griffin Editors. Londres, England.

56. KOO, ANTONY; 1974.- Environmental Repercussions and Trade Theory. Rev. Econ. Statist. Vol 56; pag. 235-44.

57. KOPP, R. and KRUPNICK A.; 1987.- Agricultural Policy and the Benefits of Ozone Control. Amer. J. Agr. Econ. Vol. 69, pag. 956-62.

58. KLEIN L. R. 1982;.- Macroeconomics and the Theory of Rational Behavior. Econometrica Vol. 14, pp. 93 ss.; Remarks on the Theory of Agreggation. Econometrica Vol. 14, pp 93 ss. USA

59. KLEIN L. R. and MAY K.; 1983.-The Agreggation Problems in One Industry Model. Econometrica Vol. 14, pp. 285 ss. Boston University Press. USA.

60. KMENTA J., 1986.- Elementos de Econometría. Editorial Mc. Millan Press. London. England.

61. KRUTILLA J.V.; 1967.- Conservation Reconsidered. Amer. Econ. Rev. pag. 777-86.

62. KRUTILLA J.V. and ECKSTEIN O.; 1958.- Multiple Purpose River Development. Baltimore University. USA.

63. LAIRD, R. J., and F.B. CADY. 1969. Combined analysis of yield data from fertilizer experiments. Agron. Journal. Vol. 61, p. 829-834.

64. LAZARS FELD, P. F. and A. BARTONI, 1951. Qualitative Measurement in the Social Sciencies; D. LERNER, HAROLD D. and LASWELL The Police Sciencie editions. Stanford University Press, pp. 155-192.

65. LAZLO, E., 1972.- Introduction to Systems Philosophy. Gordon and Breach Editions. New York, USA.

66. LICHTNBERG, ERIK and ZILBERMAN, D.; 1986.- The Welfare Economics of Price Supports in U.S. Agriculture. Amer. Econ. Manage. Vol. 6, pag. 222-43.

67. MADDALA G. S., 1994.- Econometría. Editorial Mc Graw Hill. Bogotá, Colombia.

68. MARIOTTI JORGE. 1986. Fundamentos de Genética Biométrica. Publicaciones OEA. Buenos Aires, Argentina.

69. McGUIRE, MARTIN; 1982.- Regulation, Factor Rewards, and International Trade. Lournal Public. Econ. Vol. 17, pag. 335-54.

70. MERRIFIELD, JOHN; 1988.- The Impact of Selected Abatement Strategies on Transnational Pollution, The Terms of Trade, and Factor Rewars: A General Equilibrium Approach. Journal Environ. Eon. Manage., Vol. 15, pag. 259-84.

71. MILLER MERTON and UPTON CHARLES, 1991.- Un Test del Principio de Valoración de Hotelling. Journal of Political Economy. Traducción de Morales Rosa DESCO, en Hacia un Nuevo Dorado. Consorcio de Invest. Econ. (1997).

72. MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1993.- Proyecto Especial de Titulación de Tierras y Catastro Rural - PETT, Lima, Perú.

73. MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1990.- Uso de la Tierra. Convenio PESM - PRONARDRET, Lima, Perú.

74. MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1995.- Estadística Agraria 1970-95, De. Oficina de Información Agraria (OIA), Lima, Perú.

75. MJELDE, JAMES et al.; 1984.- Using Farmers' Actions to Measure Crop Loss Due to Air Pollution. Journal Air Pollution Control Asociation. Vol. 34, pag. 360-64.

76. MOOERS, C. A. 1921. The agronomic placement of varieties. Agron. Journal. Vol 13, p. 337-352.

77. MOOD A. M., 1971.- Introduction to the Theory of Statistics. De. Mc Graw-Hill. New York, USA.

78. MONTGOMERY D., 1991.- Diseños y Análisis de Experimentos. Grupo Editorial Iberoamérica, México DF, México.

79. MORRISON D.F., 1967.- Multivariate Statistical Methods. Ed. Mc. Graw-Hill, Inc.- New York, USA.

80. NOLASCO M., 1985.- El Crédito Agrario en la Cuenca del Cañete. Tesis UNALM; La Molina, Perú.

81. NOR, K. M. 1977. Beta response as a measure of wide adaptability in crops. Ph. D. Thesis. Cornell Univ. Univ. Microfilms. Ann Arbor. Mich. (Diss. Abstr. Vol. 38, Nº 5671-B).

82. NOR K.M. and CADY F.B., 1979.- Methodology for Identifying Wide Adaptability in Crops, Agronomy Journal. Vol. 71, p. 556-559.

83. NOTAF, A. 1966. Sur la Possibilite de la Construction de certains Macromodeles, Econometrica Vol. 16, pp 232 ss.; RAY, R. Les Elasticites de la Demande Relative Aux Biens de la Conservation et Aux Groupe des Biens, Econometrica Vol. 20, pp. 391 ss.,

84. MALINVAUD, E. L'aggregation dans les Modeles Economiques, Cahiers Du Seminaire Econometrique Vol. 4, pp., 69 ss.

85. ODUM E. P., 1972.- Ecología Fundamentos Básicos. Nueva Editorial Interamericana. México D.F., México.

86. ORCUTT G.H., GREENBERGEN M., KORBEL J. and RIVLIN M., 1961.- Microanalysis of Eocioeconomic Systems: A Simulation Study. Harper and Row Press. New York, USA.

87. OFICINA NACIONAL DE EVALUACION DE RECURSOS NATURALES (ONERN), 1972.- Cuenca del Río Cañete. DGAI, Lima, Perú.

88. PERKINS, J., M., 1988. Environmental and Genotype-Environmental Components of Variability, Heredity Review, Vol. 23, pp. 523-535.

89. PETHIG, RUDIGER; 1976.- Pollution, Welfare, and Environmental Policy in the Theory of Comparative Advantage. J. Environ. Econ. Manage Vol 2, pag. 160-69.

90. PETHIG, RUDIGER et al.; 1980.- Trade and Environmental: A Theoretical Inquiry. Amsterdam: Elsevier, Netherlands.

91. PIDOT G. B. 1969.- A Principal Components Analysis of the Determinants of Local Government Fiscal Patterns. Rev. Economics and Statistics, Vol. 51, pags. 176-188. New York, USA.

92. PLAISTED, R. L., and L. C. PETERSON. 1959. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. American Potato Journal. Vol. 36, p. 381-385.

93. ROSENBERG, NORMAN, et al.; 1990.- Processes for Identifying Regional Influences of and Response to Increasing Atmospheric CO_2 and Climate Change- The MINK Project. Prepared by Resources for the Future for Pacific Northwest Laboratory.

94. ROWE, P., R. and ANDREW, R., H., 1993. Phenotype Stability for Systematic series of corn genotype, Crop Sciencie, Vol 42, pp. 563-567.

95. SCHAEFER, M.B., 1954.- Some Aspects of the Dynamics of Populations to the Management of the Commercial Marine Fisheries. Bulletin, Vol. 1, pag. 25-26. Inter-American Tropical Tune Commission, La Joya, California. USA.

96. SCOTT, A. D.; 1955b.- The Fishery: The Objetive of Sole Ownership. Journal of Political Eonomy. Vol. 63, pag. 116-24.

97. SCOTT J.T. 1966.- Factor Analysis and Regressions. Econometrica Review, Vol. 34, pag. 552-562.

98. SIEBERT HORST; 1974.- Environmental Protection and International Specialization. Weltwirtsch. Arch., Vol. 110, pag. 494-508.

99. SMITH, V. KERRY; 1981.- The Empirical Relevance of Hotelling's Model of Natural Resources. Resources an Energy Nº 3, pag. 105-17.

100. SOPHER, C. D., R.J. McCRACKEN, and D.D. MASON. 1973. Relationships between drouth and corn yields on slected South Atlantic coastal plain soil. Agron. Journal. Vol. 65 p. 351-354.

101. SPRAGUE, G., F. and FEDERER, W., T., 1993. A comparison of variance components in corn yields trials; II. Error, year x variety, location x variety, and variety components, Agronomy Journal Vol. 43, pp. 535-541, North Carolyne, USA.

102. STEELE, R., G., and TORRIE, J., M., 1990. Principles and procedures of Statisticals, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York. USA.

103. THEIL H., 1964. Linear Aggregation in Economic Relations, Amsterdam, North Hollad Press.

104. THIESENHUSEN; 1989.- Searching for Agrarian Reform in Latin America. Editorial: Unwin Hyman Inc., London, England.

105. THOMAN R.S., CONKLING E. C. and YEATS M. H. 1969.- The Geography of Economy Activity. Mc Graw Hill. New York, USA.

106. TILLMAN R., 1981. Environmentally Sound Small-Scale Water Projects Guidelines for Planning Series. Arlington, V.A.: CODEL / VITA. Washington DC, USA.

107. TINTNER, G. 1992. Analysis of a Complex os Statistical Variables into Principal Components. Journal of Educational Psychology Vol. 24, pp. 417 ss.

108.TOBEY, JAMES; 1989.- The Impact of Domestic Environmental Policies or International Trade. Ph.D. Dissertation, Dept. of Economics, Univ. of Maryland, College Park. USA.

109.TORRES G., 1985.- La Parcelación y Alternativas Organizativas en las Cooperativas Agrarias de la Costa. Ed. CES, Chiclayo, Perú.

110.VELASQUEZ PUJAY, 1985.- Estudio Regional de la Cuenca del río Cañete . Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Agraria, La Molina, Perú.

111.VELIZ C., A., 1993. Estadistica. Ediciones Copias Gráficas. 2da. edición. Lima, Perú.

112.VICKERY D. and J., 1978. Intensive Vegetable Gardening for Profit and Self-Sufficiency. Program and Training Journal, Reprint Series, Number 25. Washington, DC: Peace Corps. Washington, USA.

113.VOSS, R. E., J.J. HANWAY, and W. A. FULLER. 1970. Influence of soil, management, and climatic factors on the yield response by corn (*Zea mays* L.) to N, P, and K fertilizer. Agron. Journal. Vol 62, p. 736-740.

114.VENTURA FLORES, C.M.; 1976.- Estimación de Parámetros de Estabilidad en Siembras Mensuales de Cultivares de Maiz en Localidades de La Molina. Tesis para optar Grado de M.Sc., Universidad Nacional Agraria La Molina. UNALM.

115.WALTER, INGO; 1975.- Trade, Environment and Comparative Advantage, in International Economics of Pollution. De.: Ingo Walter. NY: Wiley. USA.

116.WIT C.T., and GOUDRIAAN J., 1978.- Simulation of Ecological Processes. New York Halsted Press. New York, USA.

117.YATES, F., and W.C. COCHRAN. 1938. The analysis of groups of experiments. Journal Agric. Science. Vol. 28, p. 556-580.

ANEXOS

ANALISIS DE REGRESION - MODELO LINEAL: Y = a + bX

Variable Dependiente: Y1 ALGODON			Variable Independiente: Xi INDICE AMBIENTAL	
Parametro	Estimado	Error	Probabilidad	
			Valor t	Nivel
Intercepto	5701,68	131,487	43,36	0
Pendiente	297,873	68,93	4,32	0,00756

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Valor F	Nivel
Modelo	2260089,9	1	2260089,9	19	0,00756
Residual	605113,56	5	121022,71		
Total	2865203,46	6			

Coeficiente de Correlacion	0,888148	R-cuadrado:	78,88
Error Estandar de Estimaci	347,88		

Variable Dependiente: Y2 CAMOTE			Variable Independiente: Xi INDICE AMBIENTAL	
Parametro	Estimado	Error	Probabilidad	
			Valor t	Nivel
Intercepto	18105,8	115,607	156,616	0
Pendiente	268,904	60,6038	4,44	0,00678

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Valor F	Nivel
Modelo	1841876,8	1	1841876,8	20	0,00678
Residual	467771,7	5	93554,34		
Total	2309648,5	6			

Coeficiente de Correlacion	0,893012	R-cuadrado:	79,75
Error Estandar de Estimaci	305,87		

ANALISIS DE REGRESION - MODELO LINEAL: Y = a + bX

Variable Dependiente: Y3 — Variable Independiente: Xi
MAIZ AMARILLO — INDICE AMBIENTAL

Parametro	Estimado	Error	Probabilidad	
			Valor t	Nivel
Intercepto	4411,42	216,78	20,35	0,0001
Pendiente	302,076	113,64	2,66	0,04498

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Valor F	Nivel
Modelo	2324317,3	1	2324317,3	7	0,04498
Residual	1644736,2	5	328947,24		
Total	3969053,5	6			

Coeficiente de Correlacion	0,77	R-cuadrado:	58,6
Error Estandar de Estimaci	573,54		

Variable Dependiente: Y4 — Variable Independiente: Xi
PAPA — INDICE AMBIENTAL

Parametro	Estimado	Error	Probabilidad	
			Valor t	Nivel
Intercepto	19929,7	203,39	97,99	0
Pendiente	280,454	106,622	2,63	0,047

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Valor F	Nivel
Modelo	2003497	1	2003497	7	0,05
Residual	1447864,9	5	289573		
Total	3451361,9	6			

Coeficiente de Correlacion	0,76	R-cuadrado:	58,05
Error Estandar de Estimaci	538,12		

ANALISIS DE REGRESION - MODELO LINEAL: Y = a + bX

Variable Dependiente: Y5 HORTALIZAS			Variable Independiente: Xi INDICE AMBIENTAL	
Parametro	Estimado	Error	Probabilidad	
			Valor t	Nivel
Intercepto	20557,4	127,68	161	0
Pendiente	299,158	66,93	4,47	0,007

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio		
				Valor F	Nivel
Modelo	2279632,9	1	2279632,9	20	0,007
Residual	570581,73	5	114116,4		
Total	2850214,63	6			

Coeficiente de Correlacion	0,89	R-cuadrado:	79,98
Error Estandar de Estimaci	337,81		

Variable Dependiente: Y6 ZAPALLO			Variable Independiente: Xi INDICE AMBIENTAL	
Parametro	Estimado	Error	Probabilidad	
			Valor t	Nivel
Intercepto	21790,4	243,22	89,6	0
Pendiente	294,098	127,5	2,31	0,07

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio		
				Valor F	Nivel
Modelo	2203166,6	1	2203166,6	5,32	0,07
Residual	2070487,8	5	414097,56		
Total	4273654,4	6			

Coeficiente de Correlacion	0,72	R-cuadrado:	51,55
Error Estandar de Estimaci	643,5		

ANALISIS DE REGRESION - MODELO LINEAL: Y = a + bX

Variable Dependiente: Y7 MAIZ CHALA			Variable Independiente: Xi INDICE AMBIENTAL	
Parametro	Estimado	Error	Probabilidad	
			Valor t	Nivel
Intercepto	21962,8	146,886	149,52	0
Pendiente	342,806	77	4,45	0,007

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Valor F	Nivel
Modelo	2993368,4	1	2993368,4	20	0,007
Residual	755143,11	5	151028,622		
Total	3748511,51	6			

Coeficiente de Correlacion	0,89	R-cuadrado:	79,85
Error Estandar de Estimaci	388,62		

Variable Dependiente: Y8 PEPINO			Variable Independiente: Xi INDICE AMBIENTAL	
Parametro	Estimado	Error	Probabilidad	
			Valor t	Nivel
Intercepto	28746,4	244,46	117,59	0
Pendiente	302,836	128,15	2,36	0,065

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Valor F	Nivel
Modelo	2336038,2	1	2336038,2	6	0,065
Residual	2091565,4	5	418313,08		
Total	4427603,6	6			

Coeficiente de Correlacion	0,73	R-cuadrado:	52,76
Error Estandar de Estimaci	646,77		

ANALISIS DE REGRESION - MODELO LINEAL: Y = a + bX

Variable Dependiente: Y9 FRIJOL

Variable Independiente: Xi INDICE AMBIENTAL

Parametro	Estimado	Error	Probabilidad	
			Valor t	Nivel
Intercepto	1882,85	112,44	16,75	0
Pendiente	297,309	59,95	5,04	0,004

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Valor F	Nivel
Modelo	2251536	1	2251536	25	0,004
Residual	442516	5	88503,2		
Total	2694052	6			

Coeficiente de Correlacion	0,91	R-cuadrado:	83,57
Error Estandar de Estimaci	297,5		

Variable Dependiente: Y10 VID

Variable Independiente: Xi INDICE AMBIENTAL

Parametro	Estimado	Error	Probabilidad	
			Valor t	Nivel
Intercepto	7446,54	137,261	54,25	0
Pendiente	294,635	71,956	4,09	0,009

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Valor F	Nivel
Modelo	2211217,9	1	2211217,9	17	0,009
Residual	659420,01	5	131884		
Total	2870637,91	6			

Coeficiente de Correlacion	0,88	R-cuadrado:	77,03
Error Estandar de Estimaci	363,16		

ANALISIS DE REGRESION - MODELO LINEAL: Y = a + bX

Variable Dependiente: Y11 — Variable Independiente: Xi
MANZANO — INDICE AMBIENTAL

Parametro	Estimado	Error	Probabilidad	
			Valor t	Nivel
Intercepto	7186,5	105,36	68,21	0
Pendiente	298,411	55,23	5,4	0,003

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Valor F	Nivel
Modelo	2268272	1	2268272	29,18949289	0,01592
Residual	388542,54	5	77708,51		
Total	2656814,54	6			

Coeficiente de Correlacion	0,92	R-cuadrado:	85,38
Error Estandar de Estimaci	278,76		

Variable Dependiente: Y12 — Variable Independiente: Xi
CITRICOS — INDICE AMBIENTAL

Parametro	Estimado	Error	Probabilidad	
			Valor t	Nivel
Intercepto	21176,3	154,05	137,46	0
Pendiente	292,91	80,76	3,63	0,015

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Valor F	Nivel
Modelo	2185402,4	1	2185402,4	13,16	0,015
Residual	830629	5	166125,8		
Total	3016031,4	6			

Coeficiente de Correlacion	0,85	R-cuadrado:	72,46
Error Estandar de Estimaci	407,59		

ANALISIS DE REGRESION - MODELO LINEAL: Y = a + bX

Variable Dependiente: Y13 ESPARRAGOS			Variable Independiente: Xi INDICE AMBIENTAL	
Parametro	Estimado	Error	Probabilidad	
			Valor t	Nivel
Intercepto	9896,1	96,89	102,14	0
Pendiente	298,03	50,79	5,87	0,002

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Valor F	Nivel
Modelo	2262481	1	2262481	34,4	0,002
Residual	328541,78	5	65708,36		
Total	2591022,78	6			

Coeficiente de Correlacion	0,93	R-cuadrado:	87,32
Error Estandar de Estimaci	256,34		

Variable Dependiente: Yu PROMEDIO CULTIVAR			Variable Independiente: Xi INDICE AMBIENTAL	
Parametro	Estimado	Error	Probabilidad	
			Valor t	Nivel
Intercepto	14521,5	84,35	172,16	0
Pendiente	296,839	44,22	6,7	0,0011

ANALISIS DE VARIANCIA

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Valor F	Nivel
Modelo	2244433,5	1	2244433,5	45	0,011
Residual	249006,43	5	49801,29		
Total	2493439,93	6			

Coeficiente de Correlacion	0,95	R-cuadrado:	90,01
Error Estandar de Estimaci	223,16		

GRAFICO DE LOS DOS PRIMEROS COMPONENTES

PRINCIPALES PONDERADOS

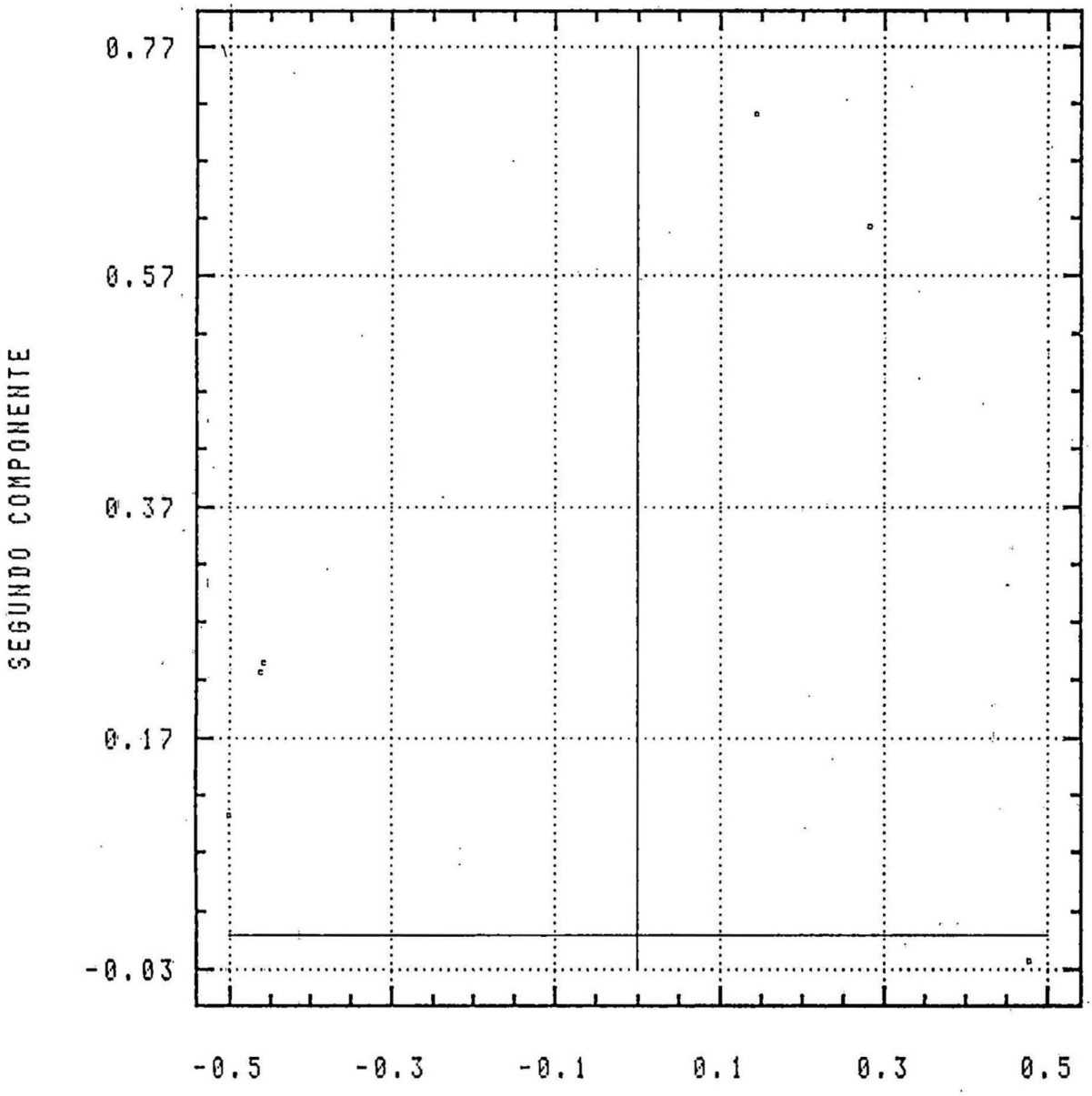


GRAFICO No 1

GRAFICO DE LOS PRIMEROS DOS COMPONENTES

PRINCIPALES

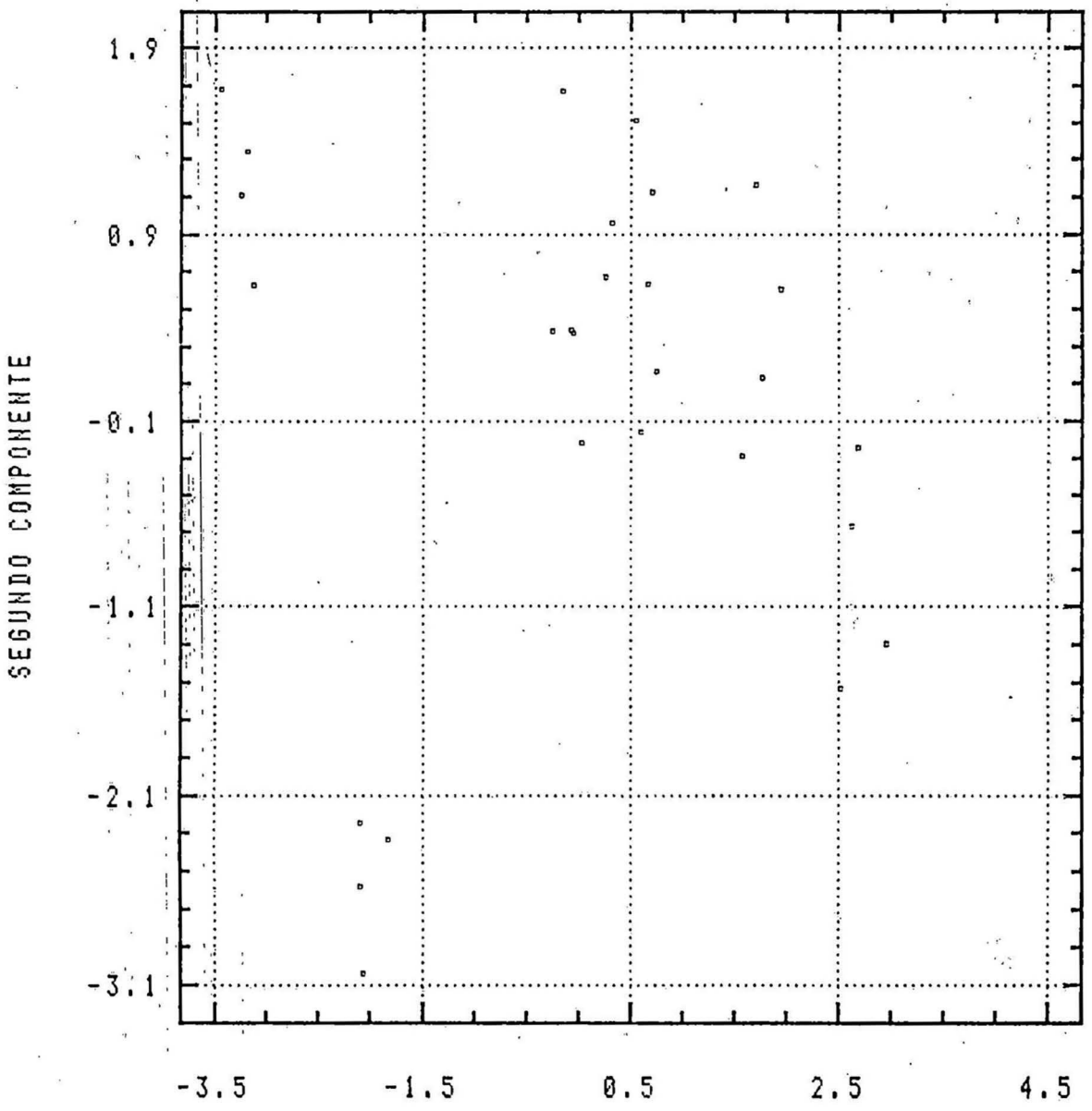


GRAFICO No 2

BIPLOT DE LOS DOS PRIMEROS COMPONENETES

PRINCIPALES

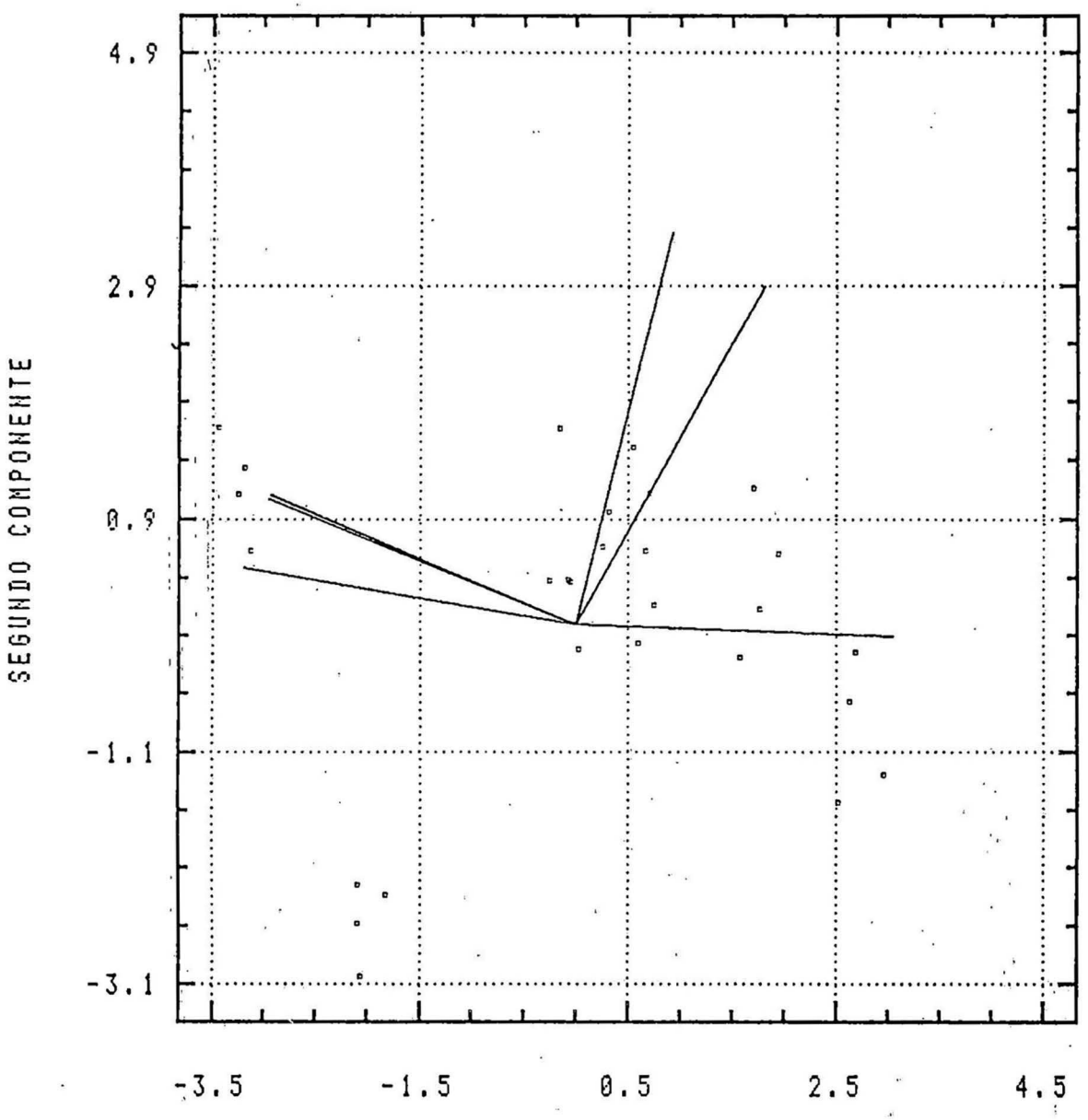


GRAFICO No 3

REGRESION DEL INDICE AMBIENTAL SOBRE LOS

RENDIMIENTOS PROMEDIOS DE CULTIVOS

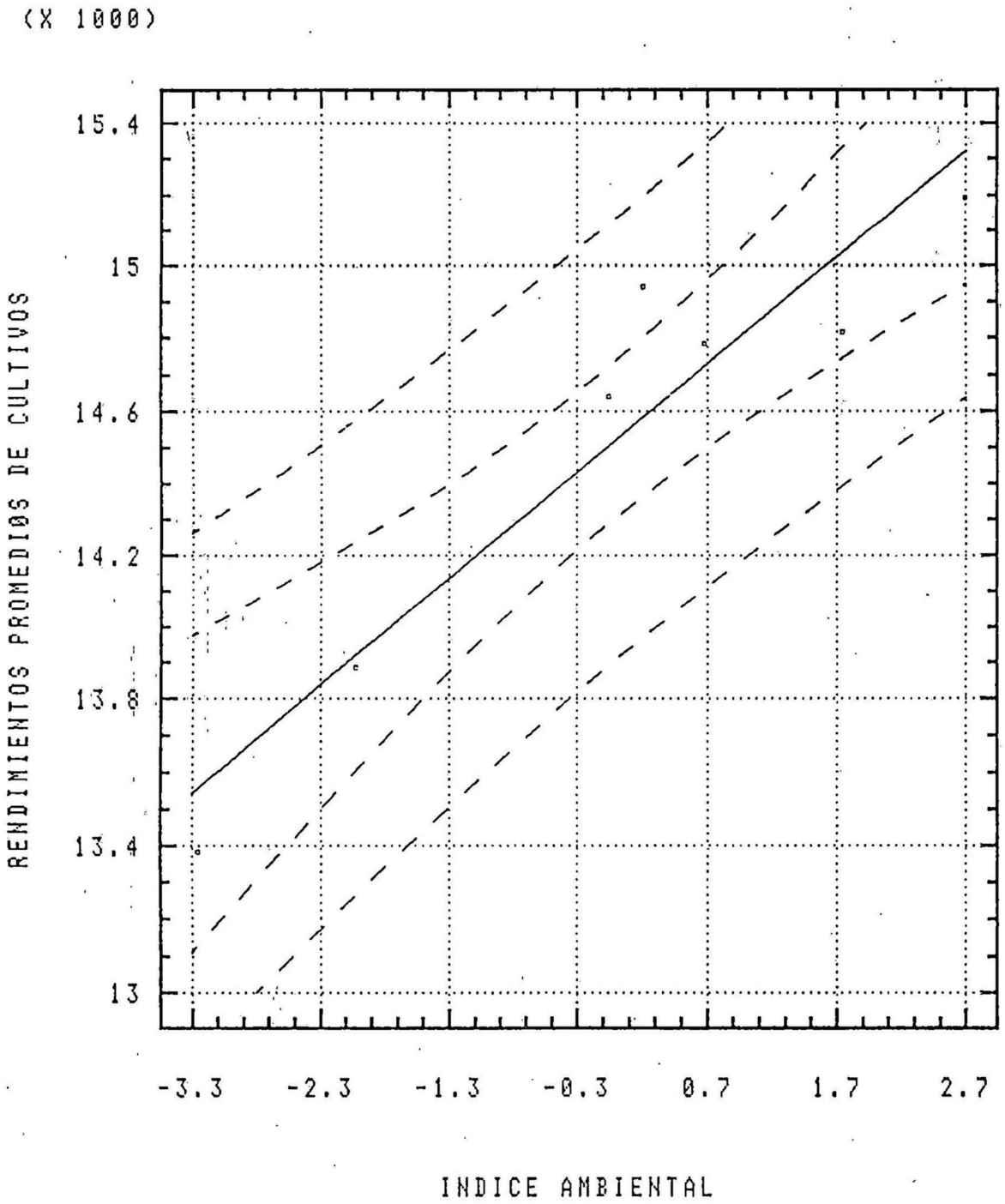


GRAFICO No 4

OBTENCION DEL INDICE AMBIENTAL

MATRIZ DE DATOS AMBIENTALES PROMEDIOS

26.12	28.9875	178.75	141.39	48124,5	85
24.37	27.1025	160.75	103.6225	47055.5	85.5
26.64	29.3075	155.75	97.75	46646	86.75
26.5175	29.3175	155.25	97.3175	46438	87.5
26.4475	29.21	154.5	97.485	45977	88.5
26.6225	29.31	148.75	91.1925	45269	89.75
26.5425	28.415	121.25	81.0325	45106,75	89.75

MATRIZ ESTANDARIZADA

-0,073	0,211	1,556	2,229	1,759	-1,338
-2,212	-1,988	0,444	0,121	0,685	-1,074
0,562	0,584	0,135	-0,208	0,273	-0,415
0,412	0,595	0,104	-0,204	0,064	-0,019
0,327	0,469	0,057	-0,223	-0,399	0,509
0,541	0,586	-0,298	-0,574	-1,111	1,168
0,443	-0,457	-1,997	-1,141	-1,273	1,168

X

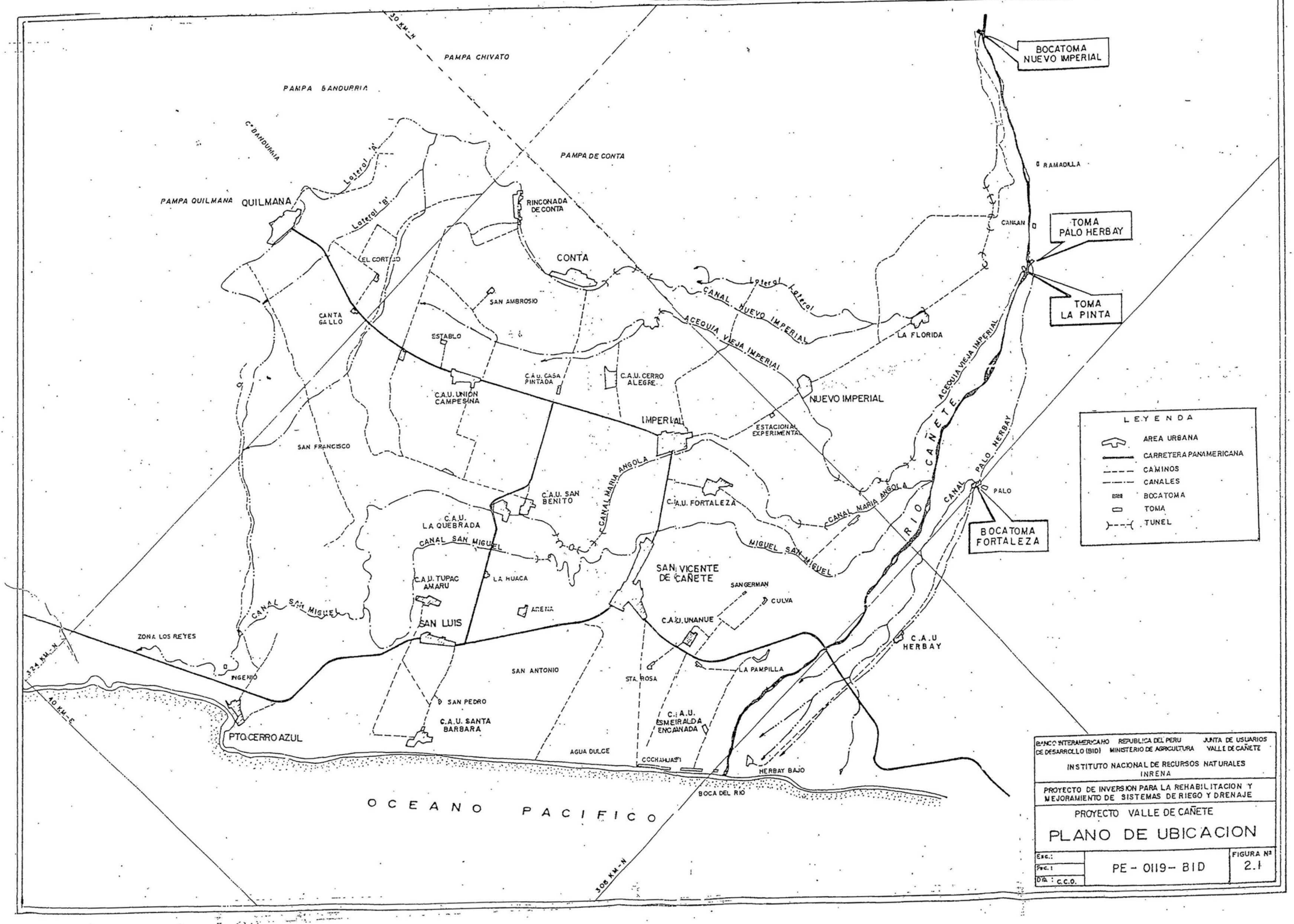
VECTOR CARACTERISTICO

0,281
0,143
-0,462
-0,458
-0,5
0,477

=

INDICE

-3,24944
-2,02094
-0,05771
0,20706
0,67704
1,74768
2,6963


30 KM-N
PAMPA CHIVATO
PAMPA BANDURRIA
C° BANDURRIA
PAMPA DE CONTA
PAMPA QUILMANA
QUILMANA
Lateral 'A'
Lateral 'B'
RINCONADA DE CONTA
CONTA
EL CORTIJO
CANTA GALLO
SAN AMBROSIO
ESTABLO
C.A.U. CASA PINTADA
C.A.U. CERRO ALEGRE
C.A.U. UNION CAMPESINA
IMPERIAL
SAN FRANCISCO
ESTACION EXPERIMENTAL
NUEVO IMPERIAL
LA FLORIDA
CANAL NUEVO IMPERIAL
Lateral Lateral
ACEQUIA VIEJA IMPERIAL
BOCATOMA NUEVO IMPERIAL
RAMADILLA
CANAAN
TOMA PALO HERBAY
TOMA LA PINTA
RIO CAÑETE
ACEQUIA VIEJA IMPERIAL
CANAL PALO HERBAY
PALO
BOCATOMA FORTALEZA
C.A.U. SAN BENITO
C.A.U. LA QUEBRADA
CANAL MARIA ANGOLA
C.A.U. FORTALEZA
CANAL SAN MIGUEL
MIGUEL SAN MIGUEL
C.A.U. TUPAC AMARU
LA HUACA
SAN VICENTE DE CAÑETE
SANGERMAN
CULVA
ARENA
SAN LUIS
C.A.U. UNANUE
C.A.U. HERBAY
ZONA LOS REYES
324 KM-N
INGENIO
SAN ANTONIO
STA ROSA
LA PAMPILLA
10 KM-E
SAN PEDRO
C.A.U. SANTA BARBARA
C.A.U. ESMERALDA ENCANADA
PTO CERRO AZUL
AGUA DULCE
COCHAHUASI
HERBAY BAJO
BOCA DEL RIO
OCEANO PACIFICO
308 KM-N
LEYENDA
AREA URBANA
CARRETERA PANAMERICANA
CAMINOS
CANALES
BOCATOMA
TOMA
TUNEL
BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID)
REPUBLICA DEL PERU
MINISTERIO DE AGRICULTURA
JUNTA DE USUARIOS VALLE DE CAÑETE
INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES
INRENA
PROYECTO DE INVERSION PARA LA REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE SISTEMAS DE RIEGO Y DRENAJE
PROYECTO VALLE DE CAÑETE
PLANO DE UBICACION
Esc.:
Fec.:
Dib.: C.C.O.
PE - 0119 - BID
FIGURA Nº 2.1