La Serie Universitaria de la Fundación Juan March presenta resúmenes, realizados por el propio autor, de algunos estudios e investigaciones llevados a cabo por los becarios de la Fundación y aprobados por los Asesores Secretarios de los distintos Departamentos.

El texto íntegro de las Memorias correspondientes se encuentra en la Biblioteca de la Fundación (Castello, 77. Madrid-6).

La lista completa de los trabajos aprobados se presenta, en forma de fichas, en los Cuadernos Bibliográficos que publica la Fundación Juan March.

Estos trabajos abarcan las siguientes especialidades: Arquitectura y Urbanismo; Artes Plásticas; Biología; Ciencias Agrarias; Ciencias Sociales; Comunicación Social; Derecho; Economía; Filosofía; Física; Geología; Historia; Ingeniería; Literatura y Filología; Matemáticas; Medicina, Farmacia y Veterinaria; Música; Química; Teología. A ellas corresponden los colores de la cubierta.

Edición no venal de 300 ejemplares, que se reparte gratuitamente a investigadores, Bibliotecas y Centros especializados de toda España.

Este trabajo fue realizado con una Beca de la Convocatoria de España, 1976, individual. Departamento de GEOLOGIA. Centro de trabajo: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Madrid.

Fundación Juan March

FJM-Uni 83-Die
La economía y la geomatemática en pro
Díez Viejobueno, Carlos.
1031611
Biblioteca FJM

La Economía y la Geomatemática en prospección geoquímica/Carlos Díez Viejobueno

83

SERIE UNIVERSITARIA

Fundación Juan March

La Economía y la Geomatemática en prospección geoquímica

Carlos Díez Viejobueno

FJM
Uni-
83
Die

83

Fundación Juan March (Madrid)

Fundación Juan March (Madrid)

Fundación Juan March

Serie Universitaria

83

La Economía y la Geomatemática en prospección geoquímica

Carlos Díez Viejobueno

FUNDACION JUAN MARCH
EX-LIBRIS

Fundación Juan March
Castelló, 77. Teléf. 225 44 55
Madrid - 6

Fundación Juan March (Madrid)

La Fundación Juan March no se solidariza necesariamente con las opiniones de los autores cuyas obras publica.

Depósito Legal: M - 6421 - 1979
I.S.B.N. 84 - 7075 - 118 - 2
Ibérica, Tarragona, 34. - Madrid -

Fundación Juan March (Madrid)

INDICE

Página

1. INTRODUCCION 0
   1.1. Antecedentes 1
   1.2. Objetivos 2
2. BASES DEL PLANTEAMIENTO DE UNA PROSPECCION. ASPECTOS ECONOMICOS 5
   2.1. Programa básico de prospección geoquímica 7
   2.2. Aspectos económicos de una campaña de prospección geoquímica integral 9
      2.2.1. El umbral de anomalía como condicionante del costo de una prospección geoquímica 10
      2.2.2. Determinación del número de desmuestres óptimo en una prospección geoquímica 12
      2.2.3. Conclusiones 14
3. METODOLOGIA GEOMATEMATICA. SU APLICACION EN EL CAMPO DE LA PROSPECCION GEOQUIMICA 15
   3.1. Clasificación de las técnicas geomatemáticas según su campo de aplicación 19
   3.2. Análisis estadístico sobre una variable 19
   3.3. Análisis estadístico multivariable 20
      3.3.1. Análisis factorial 20
      3.3.2. Análisis de asociación (Cluster) 22
      3.3.3. Regresión lineal múltiple 24
   3.4. Geoestadística (teoría de la variable regionalizada) 25
   3.5. Modelo de tendencia (Trend) 27
4. LA LOGNORMALIDAD EN LOS YACIMIENTOS. PERTURBACIONES GEOLOGICAS QUE LA CONDICIONAN 31
   4.1. El modelo lognormal 33
   4.2. Determinación de los estimadores de máxima probabilidad de una distribución lognormal 36
   4.3. Perturbaciones geológicas que condicionan una población lognormal 38

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 47

Fundación Juan March (Madrid)

Fundación Juan March (Madrid)

1.- INTRODUCCION

Fundación Juan March (Madrid)

Fundación Juan March (Madrid)

1.1. Antecedentes

Durante el último quinquenio, el desequilibrio progresivo entre el creciente consumo industrial y la oferta de minerales ha inducido a los Centros de Investigación Geológica y grandes Empresas Mineras a realizar estudios sobre el problema de la adecuación de los recursos minerales a la demanda futura esperada, como base de partida para prevenir las tensiones de mercado que se producirán y buscar anticipadamente las soluciones más viables desde el punto de vista económico, que aseguren un abastecimiento o disponibilidad de recursos.

Si analizamos el panorama mundial futuro de los recursos mineros, emitido por la O.N.U. bajo la dirección de WASSILY LEONTIEF (1), el cual dado las premisas de partida y su ecuanimidad parece ser el más fiable, dentro de la credibilidad que se puede dar en la actualidad a los modelos de tendencia, cuya principal conclusión fue:

Durante los próximos 25 años (horizonte año 2000), las necesidades mundiales de materias primas minerales serán -

Fundación Juan March (Madrid)

tal, que consumiremos de 3 a 4 veces el total consumido desde el comienzo de la civilización a la actualidad.

Consecuentemente, en el futuro disminuirá la ley límite de explotación rentable de muchos metales, con lo que muchos yacimientos, hoy antieconómicos, podrán ser aprovechados como criaderos, si se cuenta con la metodología necesaria, así como la determinación de las inversiones que lleva inherente toda prospección minera, coherentes al riesgo fijado.

1.2. Objetivos

De los métodos de prospección de yacimientos, el método geoquímico de un desarrollo relativamente reciente, fundado en el supuesto de que muchos yacimientos minerales, bien en el tiempo de formación, bien posteriormente, emiten trazas de sus componentes que permiten su localización, será uno de los principales en que deberá apoyarse la prospección futura de menas pobres.

El objetivo del trabajo se base en el conocimiento, de que se está aún lejos, más que de disponer, de emplear de -

Fundación Juan March (Madrid)

forma habitual una metodología y técnicas de investigación, en el campo de la prospección geoquímica, en la fase de interpretación de los datos de campo.

Por ello el estudio recoge la metodología que, en el aspecto económico, debe tenerse presente para la planificación de una prospección geoquímica, así como las técnicas "geomatemáticas" y en especial la "distribución estadística de carácter lognormal", necesarias para la adecuada interpretación de un nuevo yacimiento.

El estudio se complementa con un análisis detallado de las perturbaciones geológicas que afectan a la variable de carácter lognormal, tanto desde el punto de vista de su regionalización como de su representabilidad estadística, conocimiento que permitirá soslayar el error de infravalorar o sobrevalorar el yacimiento.

Fundación Juan March (Madrid)

Fundación Juan March (Madrid)

2.- BASES DEL PLANTEAMIENTO DE UNA PROSPECCION ASPECTOS ECONOMICOS.

Fundación Juan March (Madrid)

Fundación Juan March (Madrid)

2.1. Programa básico de prospección geoquímica.

Los estudios conducentes al descubrimiento y valoración de nuevos criaderos, y las inversiones necesarias para llevarlo a cabo económicamente, han de constituir una secuencia ordenada de operaciones (vease cuadro nº 1), en las que se actúa progresivamente con mayor detalle (reduciendo la incertidumbre de su existencia), a medida que los resultados obtenidos aconsejen avanzar en las etapas de investigación.

No obstante, como en cualquier otro campo de la investigación, lo importante es el fin logrado, y por tanto una premisa, que siempre debe tenerse en cuenta en el planteamiento desde el punto de vista económico de la prospección geoquímica, es que la inversión proyectada en cualquier etapa debe considerarse como un capítulo de la campaña de exploración (geología, geoquímica, geofísica, sondeos,...), y consecuentemente puede tener éxito incluso si no obtiene anomalía o si las obtenidas no son económicamente explotables, ya que la medida del éxito está representada por el ahorro obtenido en la campaña de exploración.

Fundación Juan March (Madrid)

TIPO DE PROSPECCION	RECONOCIMIENTO GEO-QUIMICO – TELEDETECCION	PROSPECCION ESTRATEGICA	PROSPECCION TACTICA
SUPERFICIE A PROSPECTAR	Regiones extensas	Provincias geoquímicas	Anomalías seleccionadas
OBJETIVO	Determinación de provincias geoquímicas	Detección de áreas anómalas	Localización de yacimientos
FIN	Afloramiento de recursos	Evaluación de reservas potenciales	Determinación de criaderos económicamente explotables

Programa básico de prospección geoquímica
Cuadro nº1 1.

Fundación Juan March (Madrid)

Por tanto la inversión total se debe fijar exclusivamente mediante la optimización del empleo de las diferentes técnicas, en base a :

- Costo propio inherente de la técnica elegida.
- Objetivos cubiertos.

2.2. Aspectos económicos de una campaña de prospección geoquímica integral.

Si definimos el costo total de una campaña de prospección geoquímica integral (fig. nº 1), como la suma de costos

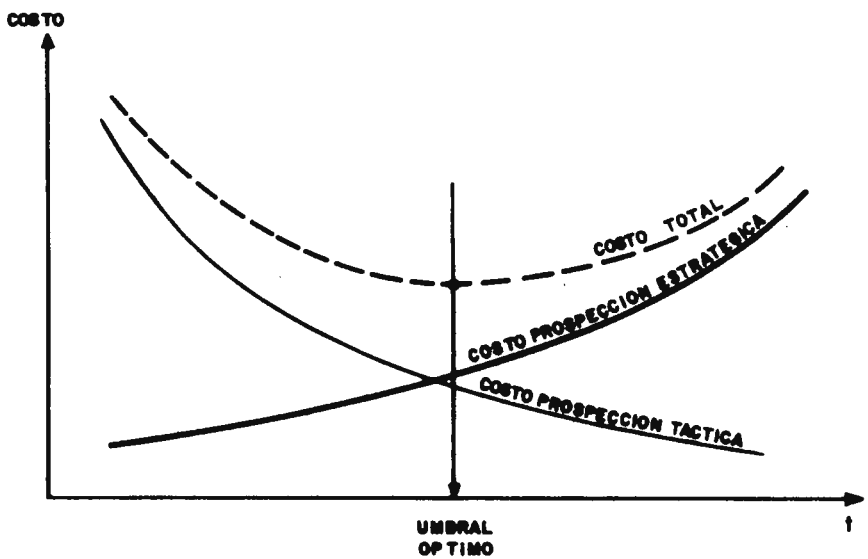


Fig. nº 1

Fundación Juan March (Madrid)

de la prospección estratégica y táctica, veremos que éste está condicionado a la determinación del "umbral de anomalía" (2), e indirectamente con el número total de "desmuestres" necesarios en la campaña de exploración.

Luego la determinación de la inversión óptima en una campaña de prospección geoquímica vendrá ligada a la estimación coherente de las dos variables siguientes:

- Umbral de anomalía.
- Número de desmuestres.

2.2.1. El umbral de anomalía como condicionante del costo de una prospección geoquímica.

Si suponemos definido el número óptimo de desmuestres en una campaña de prospección estratégica (cuya base de estimación veremos en el punto siguiente), el costo total dependerá de la definición del "Umbral de anomalía", ya que:

- Un umbral alto, determinaría pocas anomalías y consecuentemente una inversión pequeña en la prospección táctica.

Fundación Juan March (Madrid)

- Un umbral bajo, daría lugar a muchas anomalías, y para su exploración daría lugar a una gran inversión en la prospección táctica.

Las afirmaciones anteriores parecen aconsejar la elección de un umbral alto, pero nada más arriesgado que esta manera de proceder, pues, si no nos basamos en otras consideraciones prácticas, tendremos el riesgo inherente de suprimir anomalías económicamente interesantes. Por ello, para la determinación del "umbral de anomalía" debe procurarse que se cumplan las dos condiciones siguientes:

- El umbral debe procurar separar los valores anómalos bajos, de los contenidos altos del fondo regional (natural o de contaminación).
- El umbral debe ser así mismo en general lo suficientemente alto, para que no se tomen en cuenta un número apreciable de falsas anomalías (picos de la tendencia regional).

La ponderación de estas dos condiciones permitirá la determinación de un umbral, que verosiblemente obtenga el menor costo en la prospección integral.

Fundación Juan March (Madrid)

2.2.2. Determinación del número de desmuestres óptimo en una prospección geoquímica.

La probabilidad de que un desmuestre de "n" realizados detecte la zona mineralizada, es aplicando la teoría de la distribución binomial

$$P\ (x \geqslant 1) = 1-q^n$$

donde: $q = 1-p$, y "p" representa el cociente entre la superficie de la anomalía mínima económicamente interesente y la superficie total a prospectar.

Con base en este criterio, definimos como probabilidad de que un yacimiento pueda descubrirse "Pd", como la probabilidad de que un criadero de tamaño específico exista por la probabilidad de que al menos un desmuestre detecte la zona mineralizada, o sea:

$$Pd = Pe\ .\ P\ (x \geqslant 1)$$

La probabilidad de existencia "Pe", representa el grado de seguridad o convicción que asignamos a la posible existencia de un criadero en la zona a prospectar, por tanto, su va

Fundación Juan March (Madrid)

lor variará en función de la información que dispongamos. - Por ejemplo en las fases de una prospección integral, vendrá definido de la siguiente forma:

$Pe = x$	$0 \leq x \leq 1$	Prospección estratégica.
$Pe = 1$		Prospección táctica.

Hasta este momento sólo hemos expuesto criterios de carácter matemático, pero la inversión en una campaña de prospección depende en gran medida del valor futuro que la explotación minera pueda generar, para ello definimos la "esperanza matemática del beneficio económico neto", como:

$$E = Pd \cdot V - C$$

donde: V representa el valor del criadero neto, entendiendo como tal el beneficio actualizado de los resultados anuales netos de explotación, o bien, para simplificar el estudio, el mínimo valor que se considera de interes económico.

C es el costo total de la campaña de investigación;- en el caso de una prospección geoquímica esta variable toma la siguiente expresión: $C = n \cdot c$, donde n = número de —

Fundación Juan March (Madrid)

desmuestres a optimizar, y c = costo unitario de un desmuestre.

El valor máximo de la esperanza nos determina el número óptimo de desmuestres, matemáticamente se obtendría diferenciando "E" respecto a "n", haciendo la derivada igual a cero y despejando "n".

2.2.2. Conclusiones

Del análisis de lo anteriormente expuesto podemos apreciar el alto grado de subjetividad que lleva la determinación de las variables "umbral de anomalía" y "número de desmuestres óptimo", dado que en si implica opiniones sobre: - tipo de yacimiento a prospectar, volumen mínimo de reservas ley mínima,... etc., algunas de difícil pronóstico.

Fundación Juan March (Madrid)

3.- METODOLOGIA GEOMATEMATICA. SU APLICACION EN EL CAMPO DE LA PROSPECCION GEOQUIMICA.

Fundación Juan March (Madrid)

Fundación Juan March (Madrid)

Entendemos por geomatemática la ciencia que nace de la aplicación de las técnicas de analisís matemático-estadístico a los parámetros de carácter geológico.

Estas técnicas, además de aprovechar íntegramente y de forma equilibrada la información, permiten someter los resultados alcanzados a un auto-análisis crítico que define la fiabilidad de las mismas, dato este de suma importancia, ya que las dificultades inherentes que lleva la aplicación de estas técnicas a la geología (representadas por la multitud de variables de carácter geológico o la falta local de datos por inaccesibilidad en el muestreo), implica en algunos casos la obtención de unos resultados distorsionados con la realidad existente.

El empleo reciente en la prospección geoquímica de la técnica de análisis multielemento, donde el gran número de datos obtenidos en cada muestra: ubicación geográfica (coordenadas), datos cualitativos (nivel del suelo muestreado, terreno geológico, clima, ..., etc.) y datos cuantitativos (análisis de los distintos elementos requeridos), hace imprescindible el empleo de la técnica geomatemática, ya que

Fundación Juan March (Madrid)

la mayor parte de la información sólo podrá ser adecuadamente estudiada con esta metodología, y mediante la ayuda del único arma posible para su tratamiento, la "Informática".

Un esquema de las etapas de interpretación a la que hemos aludido anteriormente están expuestas en la figura nº 2.

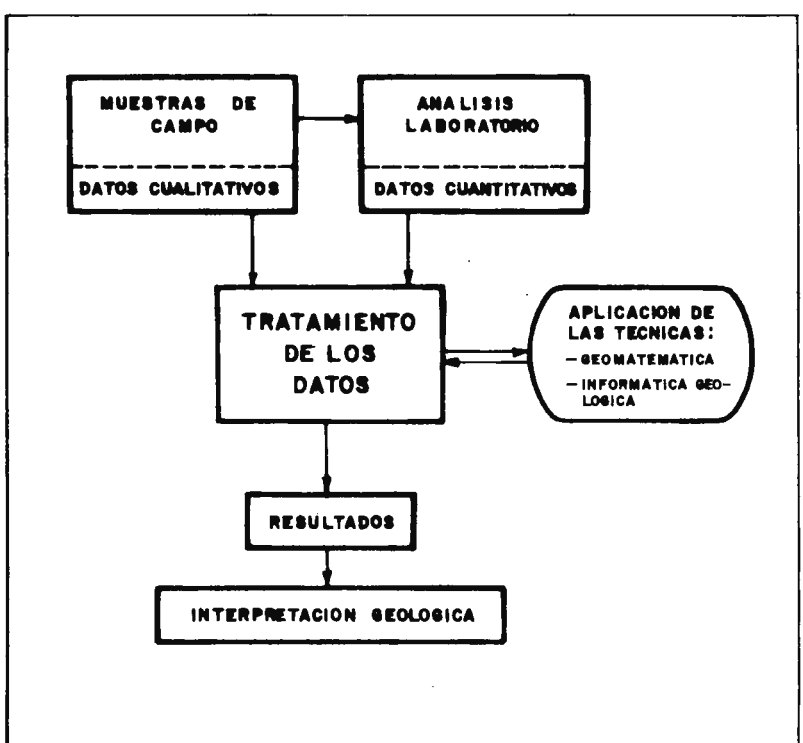


Fig. nº 2

Fundación Juan March (Madrid)

Por ello, y aunque de una forma sucinta, en este estudio se recogen las bases metodológicas de estas técnicas.

3.1. Clasificación de las técnicas geomatemáticas según su campo de aplicación.

En base al tratamiento estadístico de la información - las técnicas geomatemáticas pueden clasificarse en los siguientes grupos:

- Análisis estadísticos sobre una variable.
- Análisis estadístico multivariable.
- Geoestadística (teoría de la variable regionalizada).
- Modelo de tendencias ("Trend").

3.2. Análisis estadístico sobre una variable.

De todas las técnicas que entran dentro de este apartado: cálculo o estimación de parámetros de una población (media, varianza,..., etc.), intervalos de confianza o dispersión, etc., por ser sobradamente conocidos sólo recogemos en el capitulo 4., y dada su importancia en las poblaciones geoquímicas, la "distribución lognormal".

Fundación Juan March (Madrid)

3.3. Análisis estadístico multivariable.

De las técnicas estadísticas que entrarían dentro de este apartado sólo expondremos a continuación, las que directamente se emplean en el tratamiento de los datos de una prospección geoquímica.

3.3.1. Análisis factorial (3)

El objetivo de la técnica de análisis factorial es explicar la variabilidad del sistema (conjunto de variables reales de tipo cualitativo y cuantitativo), por intermedio de un grupo de variables teóricas, inferior al de variables reales, simplificando por tanto el mismo para su estudio.

La simplificación del sistema indica en realidad que algunas de las variables reales guardan entre sí relaciones de tipo lineal.

Matemáticamente el análisis de factores consiste en suponer que cada variable es una combinación lineal de una serie de factores comunes a todas ellas y de un factor específico de la variable en cuestión. La elección de estos facto

Fundación Juan March (Madrid)

res se realiza de tal forma que pasen por los centroides de los vectores representativos de las variables reales, o sea se eligen aquellos factores en los que las proyecciones de determinadas variables sea máxima, siendo mínima la de las demás variables, esto se obtendrá mediante una rotación conveniente de los ejes coordenados.

Si elegimos un número de factores comunes pequeño y éstos valen por sí solos para explicar un elevado % de la variabilidad del sistema, habremos obtenido nuestro objetivo. Naturalmente para explicar el 100/100 de la variabilidad tendríamos que elegír tantos factores como variables.

La elección del número de factores depende por tanto del investigador, y su interpretación debe buscarse en motivo de carácter geológico o naturalista en general.

Resumiendo los logros de esta técnica se puede sintetizar en:

A.- Simplificar el sistema, lo cual lleva inherente una facilidad mayor en el estudio de la campaña de prospección estratégica, y una reducción de costos en -

Fundación Juan March (Madrid)

la fase de prospección táctica, pues permitirá prescindir del análisis de algunas variables.

B.- Representar gráficamente mediante el empleo del "contouring" los principales factores seleccionados, lo cual servirá para discernir posteriormente sobre criterios de regionalización.

3.3.2. Análisis de Asociación ("Cluster") (4)

El objetivo de la técnica de análisis de asociación consiste en determinar un número de clases o asociaciones naturales de las muestras, y grado de dependencia entre ellas.

Matemáticamente consiste en actuar sobre el sistema, intentando obtener el grado de afinidad existente entre cada dos muestras mediante el empleo de un coeficiente de similitud, cuyo valor se elegirá de tal modo que sea tanto más próximo a la unidad cuanto que la semejanza sea mayor.

Atendiendo al coeficiente de similitud empleado se puede obtener los siguientes análisis de asociación.

- Cluster de correlación. El coeficiente de similitud empleado es el coeficiente de correlación entre muestras

Fundación Juan March (Madrid)

atendiendo a todas sus variables.

- Cluster de distancias. En este caso el coeficiente de similitud empleado es la distancia euclediana entre cada dos muestras, situadas en un espacio de "n" dimensiones (correspondientes a las "n" variables del sistema).
- Cluster angular. El coeficiente de similitud es simplemente el coseno del ángulo que forman los vectores representativos de las variables del sistema.

Los resultados se representan gráficamente mediante un "dendograma", en donde quedan reflejados muy claramente los agrupamientos buscados y su grado de dependencia.

Su principal aplicación consiste determinar aquellas muestras que difieren grandemente del conjunto y, mediante el análisis de las posibles causas de esta anormalidad, prescindir de ellas en estudios posteriores si es oportuno. Con ello se logrará evitar la introducción de las técnicas matemáticas de aplicación posterior, de perturbaciones que poco cooperan a la clarificación del sistema.

Fundación Juan March (Madrid)

Por tanto esta técnica debe preceder a todas en el tratamiento matemático.

3.3.3. Regresión lineal múltiple (5)

El objetivo de la técnica de regresión lineal múltiple es determinar la influencia o relación existente entre un grupo de variables que denominamos "explicativas", sobre una variable que denominamos "explicada".

Matemáticamente existen dos modos para lograr este objetivo:

- Método Regresivo (Backward Elimination).
- Método Progresivo (Stepwise Regressión).

De las dos técnicas expuestas la más interesante desde el punto de vista práctico es la última, cuya metodología operativa consiste en ir calculando los coeficientes de correlación parcial de modo que simultáneamente y a la vez de forma progresiva se va calculando el coeficiente de correlación total. El criterio de selección de la variable que debe entrar primero en el sistema, es el de tener en cuenta una escala descendente del coeficiente de correlación par-

Fundación Juan March (Madrid)

cial.

Esta técnica al expresar paso a paso la variabilidad del sistema absorbido, permite ver el acierto en la selección de las variables "explicativas" elegidas, así como prescindir de aquéllas cuya influencia sea menor en estudios posteriores.

La razón de aplicar esta técnica en la prospección geoquímica se debe a:

- Determinar la aportación o influencia de un grupo de variables en la formación de una anomalía.
- Realizar mapas ("contouring") de la variable "explicada" y comparándola con la real, discernir sobre las anomalías observadas.

NOTA: En algun caso puede ser necesario la aplicación de regresiones de carácter no lineal, y por tanto de funcionalidad más compleja, para su conocimiento nos remitimos a HIRSCH Y CONNOR (6).

3.4. Geoestadística (Teoría de la variable regionalizada).

Fundación Juan March (Madrid)

La geoestadística difiere de las otras técnicas hasta ahora expuestas, en que no sólo considera, para evaluar el sistema, el número y tamaño de la muestra, sino también su posición relativa en el espacio.

Su metodología se basa en la observación de que toda variable de un fenómeno geológico posee una función de autocorrelación espacial, por compleja que sea. Por ejemplo, las leyes de un mismo metal en los puntos "x" y "x + h" estan autocorrelacionados, y esta función depende del vector "h" (en módulo y dirección) que separa los dos puntos, o sea, la ley de un punto constituye una varialbe regionalizada definida sobre un soporte: el campo de regionalización.

Esta función de autocorrelación se caracteriza por un momento de segundo orden particularmente simple, llamado variograma, que es la herramienta fundamental de la geoestadística. Todo problema se centra en poder estimar este variograma, definido por:

$$2\gamma(h) = E(\ Y(x + h) - Y(x)\ )^2$$

a partir de los datos disponibles (obtenidos en la campaña de

Fundación Juan March (Madrid)

prospección). El variograma real que obtendremos adoptará las características de ese yacimiento, pero para su aplicación práctica lo ajustaremos a los esquemas de transición tabulados (que responden a la experiencia y reflejan las exigencias genéticas y estructurales de yacimientos). Estos esquemas son los de Matheron (lineal y esférico), Formery, Gauss, y De Wijs. El análisis de variograma nos permitirá definir la "zona de influencia de una muestra" con la determinación del "alcance", así como la isotropía o anisotropía de un yacimiento si realizamos variogramas en varias direcciones del espacio.

Ahora bien, la geoestadística, como consecuencia del número de datos que necesita como base de su tratamiento, no es válida ni operativa en reconocimientos regionales, siendo su utilidad mayor en el reconocimiento sistemático de un yacimiento localizado, o sea, en una campaña de prospección táctica, y en su posterior valoración.

3.5. Modelo de tendencia ("Trend") (7)

A pesar de una aparente y común irregularidad en los

Fundación Juan March (Madrid)

valores de una variable, se sabe que, dentro de una unidad geológica, las cantidades medias de cualquier sustancia cambian en el espacio con continuidad, siguiendo tendencias claras y definidas.

De acuerdo con el supuesto anterior, el contenido "t" de una muestra geoquímica suele interpretarse como suma de dos valores con significación geológica muy distinta:

$$t = T + a$$

en donde: "T" es una variable que se supone varía en el espacio con lentitud y continuidad, respondiendo exclusivamente a la manifestación local de los procesos de evolución geoquímica comunes a toda la región, o sea, representa la tendencia regional o fondo regional; "a" es la variable que representa la diferencia entre el valor real obtenido en el muestreo y el del fondo regional, se le atribuye, por el contrario, motivaciones puramente locales, o sea, representa la anomalía residual o residuo local.

La determinación de la tendencia "T" se realiza mediante la elección previa de un modelo matemático funcional,

Fundación Juan March (Madrid)

y su posterior ajuste a la función "t" particular del yacimiento, para la obtención diferenciada de la anomalía "a".

De todos los modelos existentes a continuación destacamos los principales:

- Modelo polinómico (consistente en encajar una superficie polinómica de grado "n").
- Modelo de Fourier (consistente en encajar una función basada en una serie de Fourier).
- Modelo de medias móviles (del tipo $1/x$, $\sqrt{x}$,...,etc.)

El empleo de un modelo de tendencia implica el conocimiento de las limitaciones inherentes de la función matemática, así como el riesgo existente de introducir anomalías falsas por falta de representatividad necesaria (falta de número de muestras (vease Cuadro nº 2), una distribución espacial no conveniente (por ejemplo un modelo de serie de Fourier es muy eficiente para reflejar fenómenos geológicos que se manifiestan con cierta periodicidad espacial, introduce máximos y mínimos, que dependen de la orientación elegida para los ejes topográficos, en contra de la constancia

Fundación Juan March (Madrid)

Polinomio de grado	Nº mínimo de puntos
1	9
2	18
3	30
4	45
5	63
6	84

NUMERO MINIMO DE DESMUESTRES NECESARIOS PARA EL AJUSTE DE UNA REGIONAL DE TIPO POLINOMICO.

Cuadro nº 2

o invariabilidad en la respuesta polinómica de este punto) ..., etc.) por lo cual se deberá prever y comprobar que es el modelo más apropiado para el objetivo requerido.

Fundación Juan March (Madrid)

4.- LA LOGNORMALIDAD EN LOS YACIMIENTOS. PERTURBACIONES GEOLOGICAS QUE LA CONDICIONAN.

Fundación Juan March (Madrid)

Fundación Juan March (Madrid)

La aplicación de la estadística matemática a la valoración de yacimientos se remonta a principio de este siglo, habiéndose desarrollado durante ese tiempo una gran variedad de modelos estadísticos.

Pero es a partir del año 1947, con la aparición de la distribución logarítmica normal de frecuencias, protagonizada por "Sichel" (8), para la investigación de yacimientos de oro, que estas técnicas tomaron un gran impulso y evolucionaron a los posteriores modelos estadísticos lognormales estudiados en la escuela Norteamericana (Hazen, S.W.; Agterberg, F.P.... etc.), escuela Sudafricana (Krige, D.G.; Sichel, H.S.... etc.) y escuela Francesa (Matheron, G.; Formery, Ph...., etc.).

4.1. El modelo lognormal

La distribución logarítmica normal consiste en que dada una variable "t", por medio de una transformación $x = \log t$ da lugar a una variable "x" de distribución normal.

Por tanto su función de distribución será:

Fundación Juan March (Madrid)

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma t}\, e^{-1/2\left(\frac{\log t - \bar{x}}{\sigma}\right)^2}$$

en donde: t = variable muestreada.

σ = varianza logarítmica = $\sum (\log t - \xi)^2/(n-1)$

$\bar{x}$ = media de los logaritmos = $\sum \log t / n$

Esta distribución sólo tiene valores reales para $t > 0$, siendo el valor "t" que corresponde a la media "ξ" de la población "x", coincidente con la media geométrica de la población "t", lo cual implica que entre las dos poblaciones existen las siguientes relaciones:

t = media de la poblacion "t" = $e^{(\bar{x} - \sigma^2/2)}$

σ^2 = varianza de la población "t" = $\bar{t}^2 (e^{\sigma^2} - 1)$

Una particularidad de la distribución lognormal es que representando gráficamente el "histograma de frecuencias acumuladas" de una población en un papel log-probabilístico su manifestación es una recta (recta de Henry), que representa una distribución lognormal perfecta.

Fundación Juan March (Madrid)

Con base en esta particularidad se puede comprobar y estimar de una forma gráfica $\bar{t}$ y σ de una población lognormal, así como su validez aplicada a la geología cuya base ha sido expuesta por diversos autores como AZCARATE, DIEZ VIEJO BUENO ET AL (9).

A parte de la comprobación práctica, aunque subjetiva en general para poblaciones de pequeño número de datos, dever la lognormalidad mediante la obtención de la recta de Henry y los tests clásicos como los de la "chi-cuadrado" o "Kolmogorov-Smirnov", existen otros criterios aproximados como:

- Valor del coeficiente de asimetría = $Ca = \dfrac{\sum(\log t_i - \bar{x})^3}{n\,\sigma^3}$

  que debe ser próximo a cero, o según COCHRAN (10), $Ca^2/n < 25$.

- El valor del coeficiente de curtosis o apuntamiento $Cc = \sum(\log t_i - \bar{x})^4 / n\,\sigma^4$, debe ser próximo a 3.

- O bien mediante la comparación con unos intervalos de confianza asociados a la recta lognormal, obtenidos -

Fundación Juan March (Madrid)

empleando la distribución binomial, LEVEAU (11)

Pero como en todo modelo estadístico, su empleo práctico requiere del investigador conocer los siguientes puntos:

- Conocer qué número de muestras mínimas son adecuadas para las estimaciones realizadas o, en todo caso, los efectos o sensibilidad de ellas.

- Su adecuación a la realidad (decisión sobre la validez de la hipótesis), considerando las perturbaciones de carácter geológico que la condicionan.

como base a su correcta aplicación, puntos que trataremos seguidamente.

4.2. Determinación de los estimadores de máxima probabilidad de una distribución lognormal.

Una característica de particular significación en la distribución lognormal es que, cuando se toma una muestra pequeña, la media de tal muestra es extraordinariamente sensible al orden de magnitud del mayor valor del conjunto. —

Fundación Juan March (Madrid)

Por tanto, es evidente la necesidad de tener un estimador - más digno de confianza de la media aritmética, y unos límites de error no simétricos apropiados.

A SICHEL (12) se debe la obtención de estos estimadores, el de la media de máxima probabilidad es :

$$\bar{t} = e^{\bar{x}} \gamma n(v)$$

donde: $\bar{t}$ = media de la población "t"

$e^{\bar{x}}$ = media geométrica de los valores observados.

$\gamma n(v)$ = es una función, función de Sichel, que depende de la varianza logarítmica y del tamaño de la muestra.

De los límites de confianza, en prospección, el que debe determinarse con toda seguridad, es el límite inferior, - límite que nos define el "error temible" que condicionara - las decisiones posteriores.

La expresión de este límite es:

$$\bar{t}_{(conf > 90)} = \bar{t}\, \Psi(v,n)$$

Fundación Juan March (Madrid)

Como la obtención numérica de estos estimadores $\Upsilon_n(v)$ y $\Psi(v,n)$ son de difícil manejo, en el trabajo realizado por el autor (13), han sido tabulados para su uso práctico mediante el empleo del análisis numérico, con una aproximación más que suficiente, a la vez que se incorporaban, como subrutinas programadas en "Fortran IV-G", al programa de ordenador modular expuesto en dicho trabajo para la determinación de todos los parámetros de una población lognormal, y cuyo diagrama de utilización típico está expuesto en la figura nº 3.

4.3. Perturbaciones geológicas que condicionan una población lognormal.

Una distribución de carácter lognormal perfecta, como la expuesta en la figura nº 4-A, es raro encontrarla en una prospección, debido a fenomenos geológicos que en el transcurso del tiempo modifican las condiciones de formación de un yacimiento, produciendo perturbaciones que desvirtúan aparentemente su lognormalidad.

Ejemplos típicos son:

Fundación Juan March (Madrid)

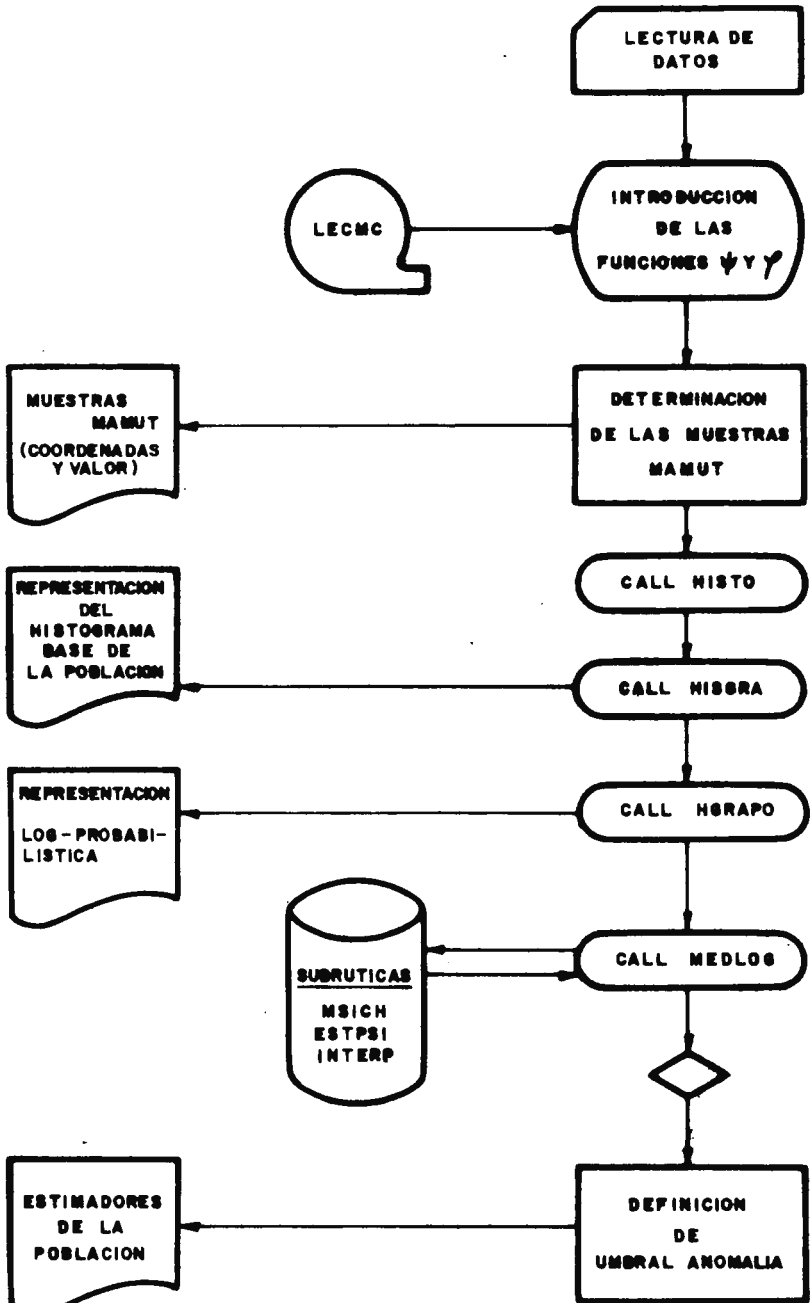


Fig. nº 3

Fundación Juan March (Madrid)

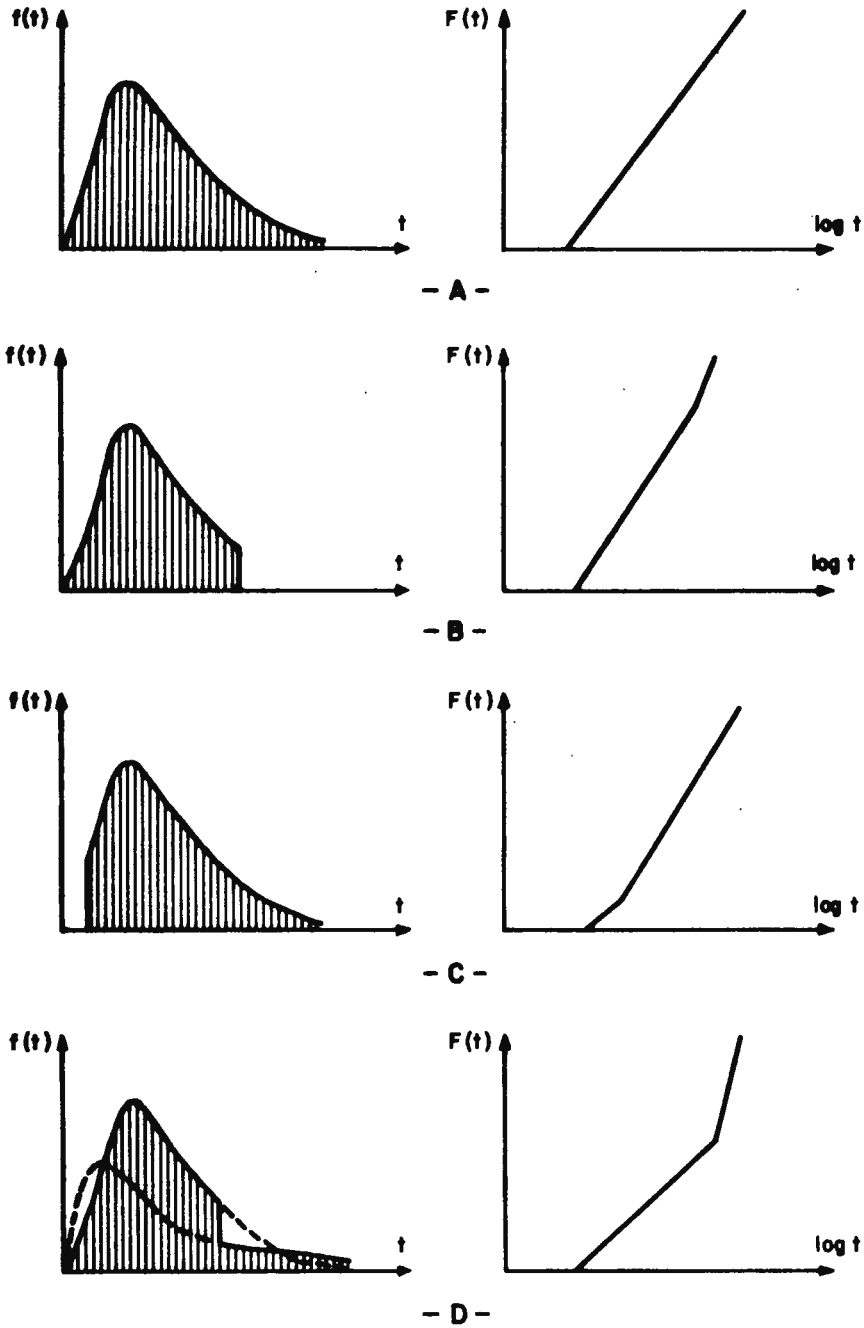
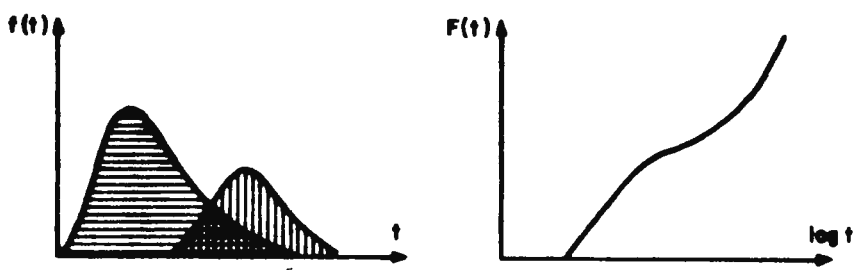


Fig. nº 4 (A, B, C y D)

Fundación Juan March (Madrid)

- Disolución, por ataque químico o lavado selectivo, de los elementos de mayor magnitud (Fig. nº 4-B).
- Arrastre de las arenas más livianas de un lecho de un río (Fig. nº 4-C).
- Removilización del yacimiento (Fig. nº 4-D).
- Presencia de dos poblaciones coexistentes en el espacio (Fig. nº 4-E).

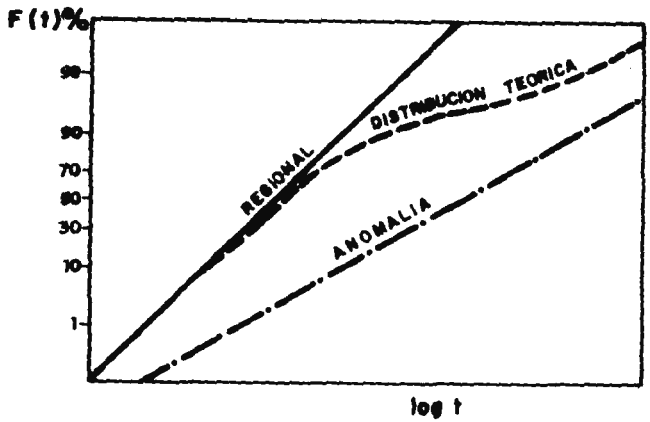


- E -

Fig. nº 4-E

De todos los casos expuestos, el más corriente es el último, dado que representa el típico yacimiento donde coexiste una población anómala sobre fondo regional (Fig. nº 5). - En este caso es fundamental, para no infravalorar o sobrevalorar el yacimiento, determinar el peso y la ley representativa de la población anómala, mediante la descomposición de

Fundación Juan March (Madrid)



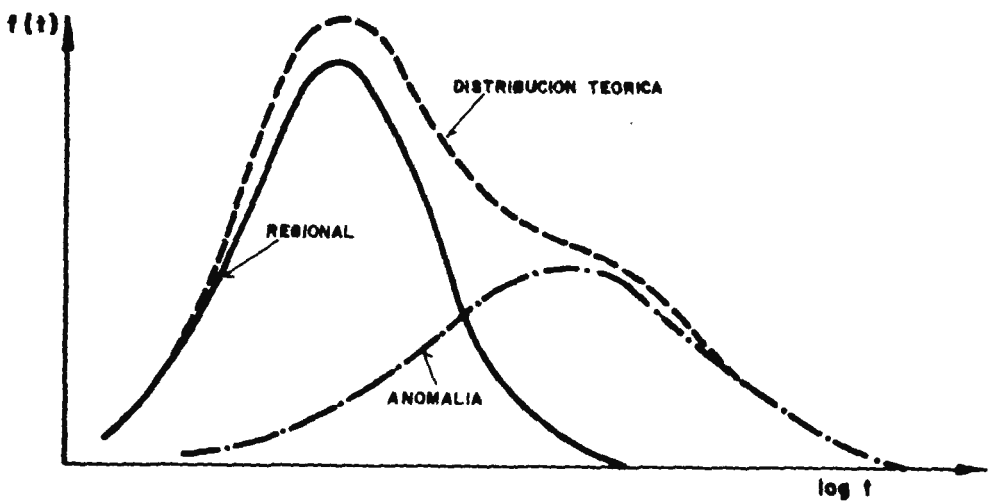


Fig. nº 5

la función lognormal en sus dos componentes lognormalmente-integrantes.

Fundación Juan March (Madrid)

Su descomposición se realiza de la siguiente forma: si dos familias A y B (regional y anómala), contienen muestras de una magnitud "i", que se manifiesta en A con una frecuencia $f(A_i)$ y en B con $f(B_i)$, el conjunto "A + B" no se presentara con la frecuencia $(f(A_i) + f(B_i))$, sino siguiendo la metodología propuesta por AZCARATE (14):

$$f(A + B)_i = (a\ f(A_i) + b\ f(B_i))/(a + b)$$

ponderada según tamaños relativos "a" y "b".

Por otra parte si observamos una representación de histogramas bimodales, establecidos mediante la suma ponderada de las poblaciones lognormales simples (Fig. nº 6), se aprecia claramente que:

- Si las poblaciones A y B difieren significativamente de tamaño, el valor $f(A + B)_i$ coincide en general con la población de mayor magnitud.
- Si las poblaciones A y B son de envergadura comparable, el valor $f(A + B)_i$ coincidirá para riquezas bajas, con la población de menor ley, y para riquezas altas con la población de mayor ley.

Fundación Juan March (Madrid)

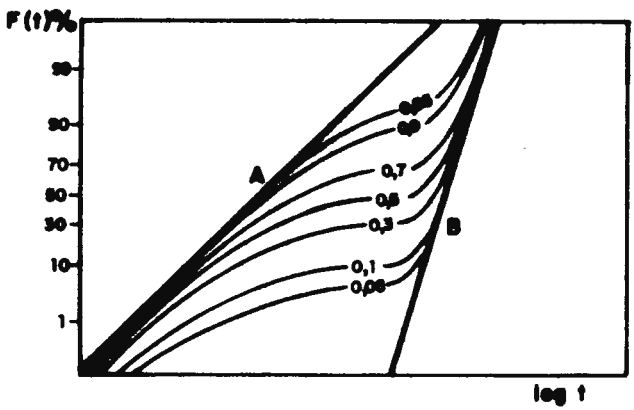


Fig. nº 6

En consecuencia con lo anterior, se sugiere emplear el siguiente procedimiento operativo:

Primero, dibujar en papel semilogarítmico, el histograma A + B de frecuencias relativas (ver fig. nº 5). Cuando se acuse nítidamente dos modos, dispondremos ya de un punto de cada recta de Henry correspondiente a las poblaciones de A y B, pues tales modos coincidirán aproximadamente con los A_{mod} y B_{mod} de ambas (correspondientes a la frecuencia del 50%).

A continuación, comenzando por la rama de A + B que

Fundación Juan March (Madrid)

tenga el desarrollo rectilíneo más prolongado, se corrige una de las frecuencias de la población bimodal, más próxima a un extremo, mediante el factor "K" tal que $K = (a+b) / a$.

Comprobada que la hipótesis es correcta, la función logarítmica correspondiente a la población A se obtendrá uniendo el punto rectificado con el punto A_{mod}.

La función logarítmica correspondiente a la población B se obtendría de forma similar. Sólo en el caso de que existiera amplio solape entre las dos poblaciones, un punto B puede deducirse aplicando la siguiente expresión:

$$f(B_i) = f(A + B)_i \cdot \frac{a + b}{b} - f^*(A_i) \frac{a}{a + b}$$

donde $f^*(A_i)$ representa la frecuencia correspondiente al punto "i" de la recta representativa de A, anteriormente obtenida.

Fundación Juan March (Madrid)

Fundación Juan March (Madrid)

tenga el desarrollo rectilíneo más prolongado, se corrige una de las frecuencias de la población bimodal, más próxima a un extremo, mediante el factor "K" tal que $K = (a+b) / a$.

Comprobada que la hipótesis es correcta, la función logarítmica correspondiente a la población A se obtendrá uniendo el punto rectificado con el punto A_{mod}.

La función logarítmica correspondiente a la población B se obtendría de forma similar. Sólo en el caso de que existiera amplio solape entre las dos poblaciones, un punto B puede deducirse aplicando la siguiente expresión:

$$f(B_i) = f(A + B)_i \cdot \frac{a + b}{b} - f^*(A_i) \frac{a}{a + b}$$

donde $f^*(A_i)$ representa la frecuencia correspondiente al punto "i" de la recta representativa de A, anteriormente obtenida.

Fundación Juan March (Madrid)

Fundación Juan March (Madrid)

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Fundación Juan March (Madrid)

Fundación Juan March (Madrid)

(1) WASSILY LEONTIEF

El futuro de la Economía Mundial

Informe de la O.N.U., Cap. - X (Recursos Minerales)

Ed.: O.N.U.- New York (1976)

(2) AZCARATE, J.E.

Mejora de la información geoquímica: Relación entre muestra, pauta y detectabilidad.

Conf. no publicada.

I Curso Roso de Luna - Madrid (1977)

(3) Referencia de programas de ordenador sobre "Análisis factorial":

- DAVIS, J.C.

  Statistics and data analysis in geology

  Programa "Factor", pag. 519

  Ed.: Wiley-John and Sons - New York (1973)

- I.B.M.

  Scientific Subroutine Package (Version III)

  Programa "Facto", pag. 429

  Ed.: I.B.M. Corporation - New York (1970)

(4) Referencia de programas de ordenador sobre "Análisis de asociación":

Fundación Juan March (Madrid)

- Comunications of the A.C.M.

A Minimal Spanning Three Clustering Method (2)

Programa "Algorithm 479", pag. 321, Vol-17, nº 6

Ed.: Revista A.C.M.- New York (1974)

- DAVIS, J.C.

Statistics and data analysis in geology

Programa "Clustr", pag. 467.

Ed.: Wiley-John and Sons - New York (1973)

- BOHNEN - CARTER, G.F.

Fortram IV program for Q-mode cluster analysis of non-quantitative data.

Programa "Clust3"- Computer Contribution, nº 17

Ed.: Kansas Geol. Survey- Kansas (1967)

(5) Referencia de programas de ordenador sobre "Regresión lineal múltiple":

- I.B.M.

Scientific Subroutine Package (Version III)

Programa "Stepr", pag. 413

Ed: I.B.M. Corporation - New York (1970)

- ELLIS, J.E. ET AL

KwikrG a fortram IV program for multiple regressión and

Fundación Juan March (Madrid)

geologic trend analysis

Programa "Kwikr8" - Computer Contribution, nº 28

Ed.: Kansas Geol. Survey - Kansas (1969)

(6) MIESCH, A.T. y CONNOR, J.J.

Stepwise regression and nonpolynomial models in trend analysis.

Computer Contribution, nº 27

Ed.: Kansas Geol. Survey - Kansas (1969)

(7) Referencias de programas de ordenador sobre "Modelos de tendencias":

- HOWARTH, R.J.

Fortram IV program for grey level mapping of spatial data.

Programa "Pltpl", pag. 95

Jour. Intern. Assoc. Mathematical Geology - Vol 3

Ed.: Plenum Press - Londres (1971)

- JAMES, W.R.

Fortram IV program using double fourier series for surface fitting an irregularly spaced data.

Computer Contribution, nº 5

Ed.: Kansas Geol. Survey - Kansas (1966)

Fundación Juan March (Madrid)

- I.B.M.

Programa "Stampede" - Programa producto

Ed.: I.B.M. Corporation - New York (1968)

- DAVIS, J.C.

Statistics and data analysis in geology

Programa "Trend", pag. 332

Ed.: Wiley-John and Sons - New York (1973)

(8) SICHEL, H.S.

An experimental and theorical investigation of bias error in mineral simpling

Rev. del Int. Min. Met.- Vol. 56

Ed.: Trans. Int. Min. Met. - Londres (1947)

(9) AZCARATE, J.E. , DIEZ VIEJOBUENO, C. ET AL

Distribuciones estadísticas de caracter geológico: Su conocimiento y procedimiento de estudio.

II Cong. Hispano-Luso-Americano de Geología Económica - Buenos Aires (1975)

(10) COCHRAN, W.G.

Sampling Techniques

Ed.: Wiley-John and Sons - New York (1953)

Fundación Juan March (Madrid)

(11) LEVEAU, M.

Determination graphique des élements interessants d'une distribution lognormale lorsqu'on utilise l'ajustement de la droite de Henry.

Ed.: Annales des Mines, Vol IV (Bruselas - 1968)

(12) SICHEL, H.S.

The estimation of means and associated confidence limits for samall sampler fron lognormal populations.

Special Ore Valuation Symposium.

Ed.: J.S. Afr. Inst. Min. and Metallurgy- Sub Africa - (1966)

(13) DIEZ VIEJOBUENO, C.

Influencia de la regionalización en el desmuestre de unidades Geológicas (Aplicación de la geomatemática a la — prospección geoquímica).

Fundación Juan March (Beca España - 1976)

(14) AZCARATE, J.E.

Fundamentos geológicos-matemáticos para la prospección geoquímicas sobre sedimentos de redes de drenaje.

Ed.: I.Cong. Hispano-Luso-Americano de Geología Económica Madrid (1971)

Fundación Juan March (Madrid)

Fundación Juan March (Madrid)

FUNDACION JUAN MARCH
SERIE UNIVERSITARIA

Títulos Publicados:

1.– *Semántica del lenguaje religioso.* / *A. Fierro*
(Teología. España, 1973)

2.– *Calculador en una operación de rectificación discontinua.* / *A. Mulet*
(Química. Extranjero, 1974)

3.– *Skarns en el batolito de Santa Olalla.* / *F. Velasco*
(Geología. España, 1974)

4.– *Combustión de compuestos oxigenados.* / *J. M. Santiuste*
(Química. España, 1974)

5.– *Películas ferromagnéticas a baja temperatura.* / *José Luis Vicent López*
(Física. España, 1974)

6.– *Flujo inestable de los polímeros fundidos.* / *José Alemán Vega*
(Ingeniería. Extranjero, 1975)

7.– *Mantenimiento del hígado dador in vitro en cirugía experimental.* /
José Antonio Salva Lacombe (Medicina, Farmacia y Veterinaria. España, 1973)

8.– *Estructuras algebraicas de los sistemas lógicos deductivos.* / *José Plá Carrera*
(Matemáticas. España, 1974)

9.– *El fenómeno de inercia en la renovación de la estructura urbana.* /
Francisco Fernández-Longoria Pinazo (Urbanización del Plan Europa 2.000
a través de la Fundación Europea de la Cultura)

10.– *El teatro español en Francia (1935–1973).* / *F. Torres Monreal*
(Literatura y Filología. Extrajero, 1971)

11.– *Simulación electrónica del aparato vestibular.* / *J. M. Drake Moyano*
(Métodos Físicos aplicados a la Biología. España, 1974)

12.– *Estructura de los libros españoles de caballerías en el siglo XVI.* /
Federico Francisco Curto Herrero (Literatura y Filología. España, 1972)

13.– *Estudio geomorfológico del Macizo Central de Gredos.* /
M. Paloma Fernández García (Geología. España, 1975)

14.– *La obra gramatical de Abraham Ibn ᶜ Ezra.* / *Carlos del Valle Rodríguez*
(Literatura y Filología. Extranjero, 1970)

Fundación Juan March (Madrid)

15.– *Evaluación de Proyectos de Inversión en una Empresa de producción y distribución de Energía Eléctrica./ Felipe Ruíz López (Ingeniería. Extranjero, 1974)*

16.– *El significado teórico de los términos descriptivos./ Carlos Solís Santos (Filosofía. España, 1973)*

17.– *Encaje de los modelos econométricos en el enfoque objetivos-instrumentos relativos de política económica./ Gumersindo Ruíz Bravo (Economía. España, 1971)*

18.– *La imaginación natural (estudios sobre la literatura fantástica norteamericana)./ Pedro García Montalvo (Literatura y Filología. Extranjero, 1974)*

19.– *Estudios sobre la hormona Natriurética./ Andrés Purroy Unanua (Medicina, Farmacia y Veterinaria. Extranjero, 1973)*

20.– *Análisis farmacológico de las acciones miocárdicas de bloqueantes Beta-adrenérgicos./ José Salvador Serrano Molina (Medicina, Farmacia y Veterinaria. España, 1970)*

21.– *El hombre y el diseño industrial./ Miguel Durán-Lóriga (Artes Plásticas. España, 1974)*

22.– *Algunos tópicos sobre teoría de la información./ Antonio Pascual Acosta (Matemáticas. España, 1975)*

23.– *Un modelo simple estático. Aplicación a Santiago de Chile./ Manuel Bastarreche Alfaro (Arquitectura y Urbanismo. Extranjero, 1973)*

24.– *Moderna teoría de control: método adaptativo-predictivo. Teoría y realizaciones./ Juan Manuel Martín Sánchez (Ingeniería. España, 1973)*

25.– *Neurobiología (I Semana de Biología. Conferencias-coloquio sobre Investigaciones biológicas 1977)*

26.– *Genética (I Semana de Biología. Conferencias-coloquio sobre Investigaciones biológicas 1977)*

27.– *Genética (I Semana de Biología. Conferencias-coloquio sobre Investigaciones biológicas 1977)*

28.– *Investigación y desarrollo de un analizador diferencial digital (A.D.D.) para control en tiempo real./ Vicente Zugasti Arbizu (Física. España, 1975)*

29.– *Transferencia de carga en aleaciones binarias./ Julio A. Alonso (Física. Extranjero, 1975)*

30.– *Estabilidad de osciladores no sinusoidales en el rango de microondas./ José Luis Sebastián Franco (Física. Extranjero, 1974)*

Fundación Juan March (Madrid)

31.— *Estudio de los transistores FET de microondas en puerta común./ Juan Zapata Ferrer. (Ingeniería. Extranjero, 1975).*

32.— *Estudios sobre la moral de Epicuro y el Aristóteles esotérico./ Eduardo Acosta Méndez. (Filosofía. España, 1973).*

33.— *Las Bauxitas Españolas como mena de aluminio./ Salvador Ordóñez Delgado. (Geología. España, 1975).*

34.— *Los grupos profesionales en la prestación de trabajo: obreros y empleados./Federico Durán López. (Derecho. España, 1975).*

35.— *Obtención de Series aneuploides (monosómicas y ditelosómicas) en variedades españolas de trigo común./Nicolás Jouve de la Barreda. (Ciencias Agrarias. España, 1975).*

36.— *Efectos dinámicos aleatorios en túneles y obras subterráneas./ Enrique Alarcón Alvarez. (Ingeniería. España, 1975).*

37.— *Lenguaje en periodismo escrito./Fernando Lázaro Carreter, Luis Michelena Elissalt, Robert Escarpit, Eugenio de Bustos. Víctor de la Serna, Emilio Alarcos Llorach y Juan Luis Cebrián. (Seminario organizado por la Fundación Juan March los días 30 y 31 de mayo de 1977).*

38.— *Factores que influyen en el espigado de la remolacha azucarera, Beta vulgaris L./José Manuel Lasa Dolhagaray y Antonio Silván López. (Ciencias Agrarias. España, 1974).*

39.— *Compacidad numerable y pseudocompacidad del producto de dos espacios topológicos. Productos finitos de espacios con topologías proyectivas de funciones reales./José Luis Blasco Olcina. (Matemáticas. España, 1975).*

40.— *Estructuras de la épica latina./Mª. del Dulce Nombre Estefanía Alvarez. (Literatura y Filología. España; 1971).*

41.— *Comunicación por fibras ópticas./Francisco Sandoval Hernández. (Ingeniería. España, 1975).*

42.— *Representación tridimensional de texturas en chapas metálicas del sistema cúbico./José Antonio Pero-Sanz Elorz. (Ingeniería. España, 1974).*

43.— *Virus de insectos: multiplicación, aislamiento y bioensayo de Baculovirus./Cándido Santiago-Alvarez. (Ciencias Agrarias. Extranjero, 1976).*

44.— *Estudio de mutantes de saccharomyces cerevisiae alterados en la biosíntesis de proteínas./Lucas Sánchez Rodríguez. (Biología. España, 1976).*

Fundación Juan March (Madrid)

45.– *Sistema automático para la exploración del campo visual. José Ignacio Acha Catalina. (Medicina, Farmacia y Veterinaria. España, 1975).*

46.– *Propiedades físicas de las variedades de tomate para recolección mecánica./Margarita Ruiz Altisent. (Ciencias Agrarias. España 1975).*

47.– *El uso del ácido salicílico para la medida del p^H intracelular en las células de Ehrlich y en escherichia coli./Francisco Javier García-Sancho Martín. (Medicina, Farmacia y Veterinaria. Extranjero, 1974).*

48.– *Relación entre iones calcio, fármacos ionóforos y liberación de noradrenalina en la neurona adrenérgica periférica./ Antonio García García. (Medicina, Farmacia y Veterinaria. España, 1975).*

49.– *Introducción a los espacios métricos generalizados./ Enrique Trillas y Claudi Alsina. (Matemáticas. España, 1974).*

50.– *Síntesis de antibióticos aminoglicosídicos modificados./Enrique Pando Ramos. (Química. España, 1975).*

51.– *Utilización óptima de las diferencias genéticas entre razas en la mejora./Fernando Orozco y Carlos López-Fanjul. (Biología Genética. España, 1973).*

52.– *Mecanismos neurales de adaptación visual a nivel de la capa plexiforme externa de la retina./Antonio Gallego Fernández. (Biología Neurobiología. España, 1975).*

53.– *Compendio de la salud humana de Johannes de Ketham./Mª. Teresa Herrera Hernández. (Literatura y Filología. España, 1976).*

54.– *Breve introducción a la historia del Señorío de Buitrago./Rafael Flaquer Montequi. (Historia. España, 1975).*

55.– *Una contribución al estudio de las teorías de cohomología generalizadas./Manuel Castellet Solanas. (Matemáticas. Extranjero, 1974).*

56.– *Fructosa 1,6 Bisfosfatasa de hígado de conejo: modificación por proteasas lisosomales./Pedro Sánchez Lazo. (Medicina, Farmacia y Veterinaria. Extranjero, 1975).*

57.– *Estudios sobre la expresión genética de virus animales./ Luis Carrasco Llamas. (Medicina, Farmacia y Veterinaria. Extranjero, 1975).*

58.– *Crecimiento, eficacia biológica y variabilidad genética en poblaciones de dípteros./Juan M. Serradilla Manrique. (Ciencias Agrarias. Extranjero, 1974).*

Fundación Juan March (Madrid)

59.– *Efectos magneto-ópticos de simetría par en matales ferromagnéticos.* / *Carmen Nieves Afonso Rodríguez. (Física. España, 1975).*

60.– *El sistema de Servet.* / *Angel Alcalá Galve. (Filosofía. España, 1974).*

61.– *Dos estudios sobre literatura portuguesa contemporánea.* / *David Mourão-Ferreira y Vergilio Ferreira. (Literatura y Filología, 1977).*

62.– *Sistemas intermedios.* /*María Manzano Arjona. (Filosofía. España, 1975).*

63.– *A la escucha de los sonidos cerca de* T_λ *en el* ^4He *líquido.* / *Félix Vidal Costa.(Física. Extranjero, 1974).*

64.– *Simulación cardiovascular mediante un computador híbrido. José Ramón Farré Muntaner. (Ingeniería. España, 1976).*

65.– *Desnaturalización de una proteína asociada a membrana y caracterización molecular de sus subunidades.* /*José Manuel Andreu Morales. (Biología. España, 1976).*

66.– *Desarrollo ontogénico de los receptores de membrana para insulina y glucagón.* / *Enrique Blázquez Fernández. (Medicina, Farmacia y Veterinaria. España, 1976).*

67.– *La teoría de los juegos semánticos. Una presentación.* / *Juan José Acero Fernández. (Filosofía. Extranjero, 1974).*

68.– *El problema de la tierra en el expediente de Ley Agraria.* / *Margarita Ortega López. (Historia. España, 1976).*

69.– *Razas vacunas autóctonas en vías de extinción. (Aportaciones al estudio genético).* / *Miguel Vallejo Vicente. (Medicina, Farmacia y Veterinaria. España, 1976).*

70.– *Desviaciones del sistema y de la norma de la lengua en las construcciones pronominales españolas.* / *María Antonia Martín Zorraquino. (Literatura y Filología. España, 1974).*

71.– *Sociología del ejército español en el siglo XIX.* / *Fernando Fernández Bastarreche. (Historia. España, 1977).*

72.– *La filosofía hegeliana en la España del siglo XIX.* / *Juan Francisco García Casanova. (Filosofía. España, 1976).*

Fundación Juan March (Madrid)

Fundación Juan March (Madrid)

Fundación Juan March (Madrid)