

RG  
061.3:  
550.8:  
553.495(8)  
R 318  
1978

05.81.04

C. N. E. A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1981

Reprint from

“URANIUM DEPOSITS  
IN LATIN AMERICA:  
GEOLOGY AND EXPLORATION”

Tirada aparte de

“YACIMIENTOS DE URANIO  
EN AMERICA LATINA:  
GEOLOGIA Y EXPLORACION”

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, VIENNA  
ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA, VIENA

1981

# FAVORABILIDAD GEOLOGICA Y POTENCIAL URANIFERO DE LA ARGENTINA

Alberto Esteban  
A.E. BELLUCO

Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA),  
Cruz, Mendoza

Felix  
F. RODRIGO  
CNEA,  
Buenos Aires,  
Argentina

## Abstract-Resumen

### GEOLOGICAL FAVOURABILITY AND URANIFEROUS POTENTIAL OF ARGENTINA.

A summary of the past uranium exploration activities is given with their respective results. A national programme is underway to identify and characterize the regional geological environments favourable for uranium exploration. The preliminary results of this work subdivide the country into eight geological environments within which 35 'exploration units' were proposed and exploration priorities assigned. The total surfaces for the latter are: first priority 270 000 km<sup>2</sup>; second priority 328 000 km<sup>2</sup>; third priority 143 000 km<sup>2</sup>.

### FAVORABILIDAD GEOLOGICA Y POTENCIAL URANIFERO DE LA ARGENTINA.

Se presenta un resumen de las actividades de exploración de uranio realizadas en el pasado, y de sus resultados respectivos. Se está ejecutando un programa nacional con el fin de detectar y caracterizar los ambientes geológicos regionales favorables para la exploración de uranio. Los primeros resultados de este trabajo han permitido dividir el país en ocho ambientes geológicos dentro de los que se han propuesto 35 'unidades de prospección' para las que se han fijado prioridades de exploración. Las superficies totales de estas unidades son: primera prioridad, 270 000 km<sup>2</sup>; segunda prioridad, 328 000 km<sup>2</sup>; tercera prioridad 143 000 km<sup>2</sup>.

## 1. INTRODUCCION

Esta información tiende a presentar en dos capítulos conexos una reseña de las perspectivas geológico-uraníferas de la Argentina y una estimación de sus recursos geológicos potenciales de uranio.

Con esos fines se han utilizado sendas metodologías de trabajo, valiéndose de:

- La extrapolación a nivel nacional de todos los argumentos teóricos que brinda el actual conocimiento de la geología del uranio en el mundo.

CUADRO I. POTENCIAL GEOLOGICO-URANIFERO SEGUN NIVELES DE CERTIDUMBRE Y CATEGORIAS

Categorías económicas (dóls./lb de U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )	Categorías de certidumbre		Recursos especulativos		
	RRA <sup>a</sup> (t de U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )	RAE <sup>b</sup>	RAEF <sup>c</sup>	REMF <sup>d</sup> (t de U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )	REBF <sup>e</sup>
>30	27 000	4 500			
30-50	6 000	6 000			
>50	3 000	4 500			
Subtotales	36 000	15 000	24 000	85 000	55 000
Totales	51 000			38 000	

<sup>a</sup> Recursos razonablemente asegurados.

<sup>b</sup> Recursos adicionales estimados.

<sup>c</sup> Recursos especulativos de alta favorabilidad.

<sup>d</sup> Recursos especulativos de mediana favorabilidad.

<sup>e</sup> Recursos especulativos de baja favorabilidad.

— Los resultados alcanzados a la fecha en el país, con las etapas de prospección—exploración y evaluación de sus recursos uraníferos.

Los alcances logrados hasta ahora permiten establecer que “la Argentina se puede clasificar entre los países del mundo que poseen un elevado Índice de Favorabilidad Geológico—Uranífera (IFGU)”.

Las siguientes consideraciones avalan esta conclusión:

- 1) Presencia de una amplia superficie en el territorio continental — aproximadamente 900 000 km<sup>2</sup> con buenos niveles de favorabilidad uranífera, acorde a la extrapolación de los parámetros geológicos que rigen la yacencia de ese elemento en el mundo.
- 2) Existencia de centenares de indicios de uranio y presencia de numerosos distritos uraníferos y yacimientos, cuyas reservas económicas van desde algunos centenares, hasta miles y decenas de miles de toneladas de uranio.
- 3) Estimar altamente satisfactorios los resultados de los programas de exploración y evaluación iniciados en algunos de los numerosos distritos uraníferos del país. Ello queda reflejado por ejemplo, en los resultados de los programas de sondeos donde se verifican relaciones estadísticas entre metros perforados y reservas cubicadas, muy por debajo de cifras internacionales (en Argentina 7 m/t U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, mientras que en E.E.U.U. tenemos 300-500 m/t U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> y en Francia 150-200 m/t U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>).

- 4) Haber logrado a la fecha evaluar un aceptable nivel de “reservas” y estimar un importante valor de “recursos especulativos” de uranio en el país. Esta situación habilita a la CNEA a cubrir el requerimiento del actual programa nacional de reactores y a contar con los parámetros adecuados para implementar una política nacional para el desarrollo de materias primas nucleares del país.

El conjunto de esas estimaciones: “reservas” más “recursos especulativos”, integran a la fecha el “potencial geológico–uranífero” de la República Argentina (Cuadro I).

Las consideraciones antes expuestas permiten ser optimistas en cuanto a las expectativas de desarrollar los “recursos especulativos” y lograr transferirlos a otras categorías de certidumbre y economicidad del Cuadro I (véanse también las Figs 1 y 2).

Para ello será necesario implementar, a través de la política que fije el país, la ejecución de los programas sistemáticos de prospección de los centenares de miles de kilómetros cuadrados con buena favorabilidad geológica y la realización de los planes de exploración y evaluación de los distritos conocidos y por descubrir, mediante los centenares de miles de metros de perforación que se requieren para su desarrollo.

## 2. ANALISIS DE LA FAVORABILIDAD GEOLOGICO – URANIFERA DEL PAIS

### 2.1. Objetivos

Con esta etapa se pretendió alcanzar una serie de resultados generales y particulares que permitiesen:

- Establecer el encuadre geológico–uranífero general del país; delimitar sus Unidades de prospección; cuantificar sus niveles de favorabilidad; fijar los métodos de prospección más adecuados; analizar y evaluar sus anomalías y Distritos, y proceder finalmente a un ordenamiento general de las prioridades e importancias de cada una de esas unidades de trabajo.
- Conocer las dimensiones de ese encuadre nacional con el objeto de cuantificar las relaciones espacio/tiempo y recursos presupuestarios necesarios para su desarrollo.

Estas relaciones se vincularon con el programa nacional de instalación de centrales nucleares y con la evolución de las necesidades y precios previstos en el mercado mundial del uranio, a fin de apoyar los lineamientos técnico-políticos más adecuados para el desarrollo de los recursos uraníferos del país.



FIG.1. Distribución de los RRA y RAE por Ambientes regionales y modelos metalogénicos.

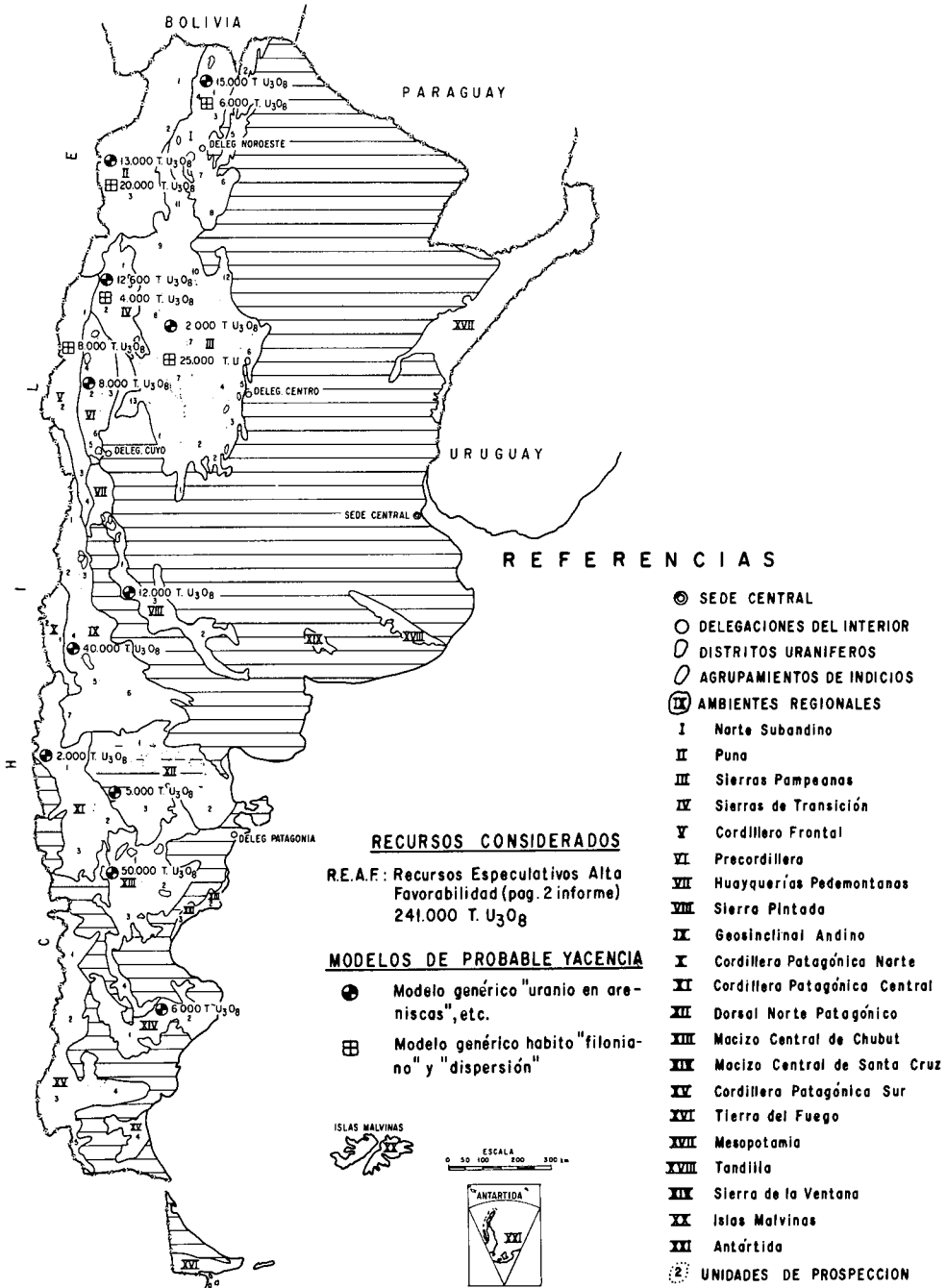


FIG. 2. Distribución de los REAF por Ambientes regionales y modelos metalogénicos.

## 2.2. Metodología de trabajo

El desarrollo del método propuesto se fundamenta en la ejecución de las siguientes etapas analíticas y operativas:

### 2.2.1. *Delimitación de unidades de trabajo*

#### 2.2.1.1. Definición de “Ambientes geológicos regionales”

Estas entidades se delimitan en función del predominio en las mismas de determinadas unidades líticas:

- Rocas sedimentarias: continentales, marinas, etc.;
- Rocas ígneas: efusivas, intrusivas (ácidas, mesosilíceas, básicas);
- Rocas metamórficas: ectinitas, etc.

Se logra así establecer una primera definición de “unidades de trabajo”, cuyo análisis preliminar de favorabilidad geológico–uranífera se logra mediante una extrapolación a las mismas de las fases que rigen la yacencia de los principales modelos metalogénicos de uranio en el mundo.

En general dichos parámetros intentan definir preliminarmente la presencia de la cupla básica que rige la eventual existencia de todo yacimiento de uranio: “áreas de aporte fértil con uranio lábil” y “áreas de recepción apropiadas a la precipitación del ión uranilo”.

Si bien las dos condiciones geológico–uraníferas regionales son importantes, se estima que de ellas la corroboración de la existencia de áreas de aporte con uranio lábil involucra un avance básico en esta etapa, pues esas regiones no solo configuran la presencia esencial de una fuente fértil sino que las mismas pueden constituirse por sí mismas en “áreas de recepción” del uranio movilizado.

Además del análisis de estos dos parámetros básicos, cuando se desee llegar al nivel de cuantificación de la favorabilidad geológico–uranífera de los “Ambientes regionales”, se pueden evaluar otros parámetros que controlan la yacencia del uranio, como son: estructuras, agentes reductores, paleoclimas, paleorelieve, etc.

#### 2.2.1.2. Definición de “Unidades de prospección”

La gran amplitud de las superficies de los Ambientes regionales y, en ciertos casos, la diversidad de sus condiciones geológicas locales hacen aconsejable delimitar en su ámbito entidades menores de carácter operativo, que designamos genéricamente como “Unidades de prospección”. Su delimitación responde a similares principios de presencia predominante de ciertas unidades líticas, con un detalle mayor correspondiente a las diferenciaciones geológicas que es factible hacer sobre las mismas.

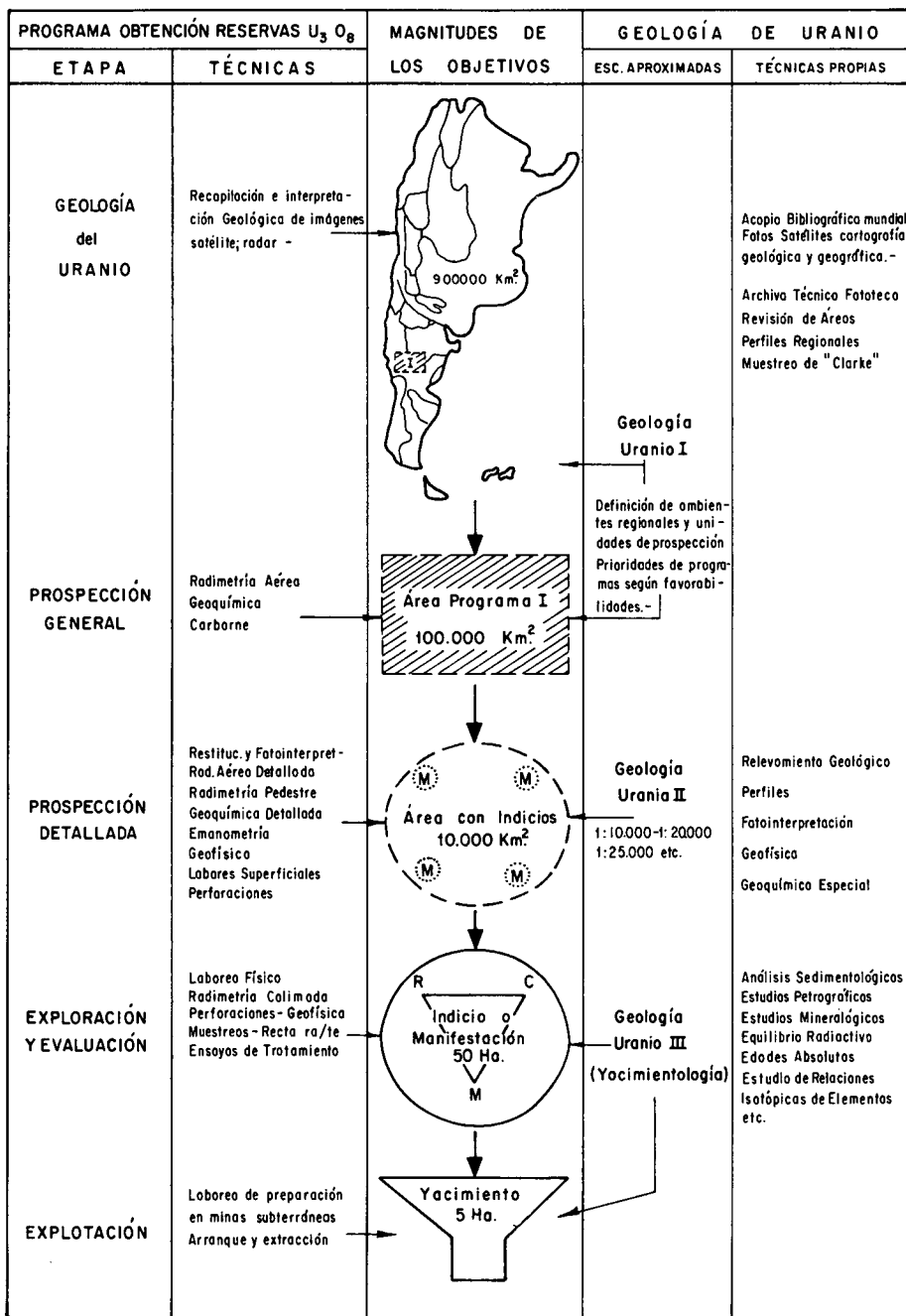


FIG.3. Etapas en la prospección, exploración y evaluación de recursos uraníferos en la Argentina.

Sobre estas Unidades se procede normalmente a una cuantificación de los parámetros de favorabilidad geológico–uranífera, con el objeto de lograr sus clasificaciones según categorías de importancia y posibilitar así un ordenamiento de sus prioridades a los efectos de la prospección.

Paralelamente a esa tarea, se analizan los métodos de prospección general que mejor se adaptan a las condiciones ambientales de cada unidad, lográndose contar así con una integración de todos los parámetros técnicos y antecedentes logísticos y de infraestructura necesarios para planificar el desarrollo de los programas nacionales de prospección.

La ejecución de las tareas de delimitación descritas – “Ambientes regionales” y “Unidades de prospección” – pueden comenzar a esbozarse en gabinete sobre bases geológicas a escalas aproximadas 1:1 000 000–1:2 000 000.

Esta etapa permite fijar los lineamientos generales y el primer encuadre geológico–uranífero del país, que sirve para planificar la segunda fase de verificaciones de campo, donde se analizan todos los parámetros que sirven a la cuantificación del Índice de favorabilidad geológico uranífera (IFGU) y los antecedentes generales para planificar la prospección (fisiografía, clima, recursos locales, etc.).

Todas las tareas detalladas caen en el primer rubro “Geología del Uranio I” primera etapa de las que la Dirección de Suministros Nucleares de la CNEA estima necesarias para la evaluación de los recursos uraníferos del país. Estas etapas cubren todas las tareas inherentes a la prospección, exploración y evaluación según se sintetiza en la Fig.3.

### 2.2.2. *Estimación del IFGU de cada “Unidad de prospección”*

Se utilizan para esta estimación los parámetros que rigen el ciclo geoquímico del uranio y todos los factores geológicos complementarios que participan en el control de sus depósitos, según los ambientes geológicos en que yacen.

En los Cuadros II y III se detalla cómo se han clasificado esos factores y cómo se ha cuantificado su participación en la estimación del IFGU de cada unidad litoestratigráfica presente en la “Unidad de prospección” a estudiar cuando ésta no ha registrado aún la presencia de indicios de uranio.

Las cifras que se obtienen de la valoración de cada unidad geológica son integradas y promediadas a nivel de cada “Unidad de prospección”, hasta obtener un valor IFGU para cada una de ellas (Cuadro IV).

Esta valoración posibilita en definitiva un ordenamiento de prioridades para la prospección de las Unidades delimitadas en el país, acorde a los valores alcanzados por sus IFGU.

La verificación de campo de los parámetros detallados se suele realizar mediante itinerarios geológicos regionales en las Unidades de prospección, que permiten depurar la información original de gabinete e introducir algunos

CUADRO II. BASES PARA LA ESTIMACION DEL IFGU EN  
 AMBIENTES SEDIMENTARIOS

(Modelos "en areniscas", peneconcordantes, "rolls", etc.)

Parámetros	Valoración parcial de favorabilidad uranífera	Cuantificación total máx.	
Ambiente depositación	Sedimentos continentales	Fluviales 3,0	3,0
		Deltaicos 3,0	
		Lacustres 1,5	
	Sedimentos marinos	Marginales 2,0	
		Profundos 0,5	
(Los valores no se adicionan)			
Litología	Tipo de roca (arenisca, calizas, etc.)	1,0	3,0
	Permeabilidad, cemento, etc.	0,5	
	Decoloración	1,0	
	Limonitización-hematitización	0,5	
	(Los valores pueden adicionarse)		
Estructuras sedimentarias	Entrecruzamientos (láminas largas, cortas, etc.)		1,0
	Canalizaciones		
Agentes reductores	Materia carbonosa vegetal Bitumen, H <sub>2</sub> S, pirita, etc.		2,0
Rasgos estructurales	Discordancias piso – techo		1,0
	Estructuras tectónicas		
	Buzamientos		
MAXIMO GRADO DE FAVORABILIDAD			10,00

resultados complementarios de registros radiométricos y de muestreos geoquímicos (agua, roca, aluvión, etc.).

De esta forma se comienzan a acumular nuevos parámetros de interés en la estimación final del IFGU, que permiten conocer diferencias de "background" formacionales, detectar eventuales indicios y delinear tentativamente los rasgos preliminares de la distribución de las áreas anómalas en el país.

CUADRO III. BASES PARA LA ESTIMACION DEL IFGU EN AMBIENTES IGNEOS Y METAMORFICOS  
(Modelos en filones-vetas, intramagmáticos, etc.)

Parámetros	Valoración parcial de favorabilidad uranífera	Cuantificación total máx.
Ambientes	– Metamórficos	1,0
	– Volcánicos	3,0
	– Intrusivos	3,0
	(Valores no adicionables)	3,0
Litología	– Rocas ígneas ácidas	3,0
	– Rocas ígneas mesosilíceas	3,0
	– Rocas ígneas básicas	1,0
	(Valores no adicionables)	3,0
Rasgos estructurales	Grado de fallamiento, diaclasamiento, discordancias, metamorfismo	1,0
Asociaciones minerales y agentes reductores	Relaciones paragenéticas del U con otros metales. Presencia de piritas, H <sub>2</sub> S, etc.	1,0
Grado de meteorización	Alteraciones meteóricas, que pueden haber liberado U lábil, facilitando la circulación de soluciones portadoras, etc.	2,0
MAXIMO GRADO DE FAVORABILIDAD		10,00

Normalmente, esas anomalías cuentan con estudios que han permitido incorporarlas al Registro Nacional de Indicios y establecer sus clasificaciones metalogénicas, posiciones geocronológicas, metalotectónicas, parámetros físicos, etc., integrando importantes antecedentes que deben ser incorporados a la estimación del IFGU de las unidades geológicas portadoras de la mineralización y de las Unidades de prospección donde yacen esas anomalías.

Estas situaciones hacen notoria la necesidad de introducir “parámetros uraníferos” en la valoración del IFGU, fundado hasta ahora en apreciaciones principalmente geológicas, clasificando para ello la participación que compete a parámetros tales como la radiometría, la geoquímica, la presencia de anomalías, etc.

En una primera aproximación se estima conveniente incorporar las siguientes modificaciones al cuadro original de cálculo del IFGU (Cuadro V).

Para los ambientes sedimentarios:

- a) Se mantienen los parámetros de “valoración geológica” del cuadro original según detalle:
- Ambiente depositación
  - Litología
  - Estructuras sedimentarias
  - Agentes reductores
  - Rasgos estructurales regionales,
- pero se le adjudica a cada parámetro un valor máximo de favorabilidad de 1,0, con lo cual el mayor grado de la cuantificación geológica alcanzaría una cifra de 5,0.
- b) Se propone incorporar los siguientes nuevos parámetros de “valoración uranífera”.
- Radiometría: Se calcularán estadísticamente la “mediana y el desvío tipo” de los registros radiométricos puntuales o continuos (autoportada) obtenidos sobre los itinerarios regionales de verificación de campo.
  - Geoquímica: Se calcularán la “mediana” y el “desvío tipo” sobre los muestreos geoquímicos de aproximación regional, que se realicen durante los itinerarios antes citados.
  - Antecedentes de anomalías e indicios: Se considerarán aquí las eventuales anomalías de uranio que se conocen en las unidades en estudio o son descubiertas con los itinerarios antes expuestos.

El análisis de los valores de las distintas “medianas”, “desvíos tipo” y presencia de anomalías permitirán evaluar el casillero general de “valoración uranífera”, pudiendo alcanzar el mismo hasta un valor máximo de 5,0.

De este modo las estimaciones “geológica” y “uranífera”, podrían alcanzar sendos valores máximos de 5,0 y su consideración conjunta llegar eventualmente al máximo grado de favorabilidad de 10,00 para la unidad geológica que se evalúa.

Para los ambientes ígneos:

- a) Se mantienen los parámetros de “valoración geológica” del cuadro original según detalle:
- Ambiente
  - Litología
  - Estructuras tectónicas,
- cuya cuantificación final se estima que puede llegar a una suma máxima de 5,0.
- b) Se aconseja incorporar los mismos parámetros de “valoración uranífera” ya expuestos para los ambientes sedimentarios.





Completada la estimación de los IFGU a nivel de las “Unidades de prospección” del país, se está en condiciones de establecer una clasificación de las mismas a fin de integrar un Cuadro de ordenamiento de prioridades para el Plan Nacional de Prospección.

La definición de los niveles de corte del IFGU, a fin de establecer la clasificación y ordenamiento antes descrito, responde a lineamientos técnicos, económicos y políticos de cada país.

### *2.2.3. Análisis y clasificación de las anomalías de uranio. Registro nacional de anomalías*

Cuando en el país existen anomalías e indicios de uranio, se procede a su estudio mediante reconocimientos en superficie y en profundidad, a fin de fijar las condiciones de yacencia geológica y los parámetros de la mineralización.

En Argentina esta etapa se llama “Prospección detallada” (Fig.1) y en ella se integra una serie completa de tareas normalizadas: relevamientos topográfico–geológicos, levantamientos radiométricos a mallas regulares, apertura de trincheras, estudios litológicos de detalle, muestreos, ejecución de algunos sondeos, etc. que permiten caracterizar el fenómeno mineralizador, los controles de su yacencia y sus parámetros generales (largo, ancho, espesor, leyes, etc.).

Los resultados de estos estudios se vuelcan en planillas normalizadas que, convenientemente clasificadas y ordenadas, pasan a integrar el Registro nacional de indicios y yacimientos de uranio en Argentina.




La información de ese Registro permite ordenar los Planes de exploración del país y establecer sus prioridades. Paralelamente sirven al mejoramiento de la evaluación de los IFGU de sus Unidades de prospección.

A su vez, con esa información es factible realizar una serie de síntesis y extrapolaciones a nivel nacional, a fin de:

- Definir las principales épocas metalogénicas de uranio en el país (edad roca portadora, edad de la mineralización).
- Identificar los modelos metalogénicos predominantes.
- Extrapolar las perspectivas de repetición de yacencia de esos modelos en el ámbito regional de la unidad geológica portadora. Ello permite mejorar la valoración de sus IFGU y posibilita la estimación de los “recursos especulativos” de uranio.

Todos los indicios del citado Registro se suelen identificar con símbolos que definen sus modelos metalogénicos, importancias, edad de la roca portadora, etc. (Cuadro VI) y permiten su graficación en planimetrías geológicas, donde se hallan delimitados los Ambientes y Unidades de prospección, a fin de ir complementando la estimación de sus IFGU y el conocimiento de la distribución y condiciones de yacencia del uranio en el país.

CUADRO VI. SIMBOLOS PARA IDENTIFICACION DE INDICIOS Y YACIMIENTOS DE URANIO SEGUN MODELOS DE YACENCIA

HABITO DE YACENCIA	SIMBOLO UTILIZADO	CARACTERISTICAS A LLENAR EN LOS CASILLEROS MEDIANTE COLORES Y SIMBOLOS COMPLEMENTARIOS
SEDIMENTARIO PENECONCORDANTE A LA ESTRATIFICACION. -	 (—)	<p>CADA UNO DE LOS CASILLEROS SEPARADOS EN EL SIMBOLO SE LLENARA SEGUN LOS SIGUIENTES DATOS.</p> <p>Casillero a :                      LITOLOGIA ROCA PORTADORA { COLOR ROJO : SEDIMENTOS CONTINENTALES CLASTICOS                      { COLOR AZUL : IDEM MARINOS PROFUNDOS</p> <p>Casillero b :                      EDAD ROCA PORTADORA { PRECAMBRICO : ROJO — Pre-Є                      { PALEOZOICO : AZUL { Cam : CAMBRICO                      { Mesozoico : VERDE { Or-Sil : ORDOVICICO-SILURICO                      { Cenozoico : AMARILLO { De : DEVONICO                      { Per : PERMICO                      { T : TRIASICO                      { J : JURASICO                      { K : CRETACICO                      { T<sub>1</sub>-T<sub>m</sub>-T<sub>s</sub> : TERCARIO INFERIOR MEDIO Y SUPERIOR                      { O : CUATERNARIO</p> <p>Casillero c :                      EDAD Y TIPO DE LA MINERALIZACION { E : EPIGENETICA                      { S : SINGENETICA                      { ETC.</p> <p>Casillero d :                      IMPORTANCIA DEL INDICIO O YAC. { SE IDENTIFICAN CUATRO NIVELES DE IMPORTANCIA CON NUMEROS DE 1 a 4</p> <p>DEBAJO DEL SIMBOLO ENTRE PARENTESIS SE IDENTIFICARA EL NIVEL DE LA EXPLORACION EJECUTADA :</p> <p>LS : LABORES SUPERFICIALES { 1 HASTA 200m.                      { 2 HASTA 500m.                      { 3 MAS DE 500m</p> <p>LP : LABORES PROFUNDAS { 1 HASTA 500m.                      { 2 HASTA 2.500m.                      { 3 MAS DE 2.500m.</p>
"FILONIANO" O "VETIFORME"		<p>SE PROCEDERA EN IGUAL FORMA QUE EN EL CASO ANTERIOR PARA EL LLENADO DE LOS DISTINTOS CASILLEROS :</p> <p>Casillero a : LITOLOGIA ROCA PORTADORA { COLOR ROJO : SEDIMENTOS                      { COLOR AZUL : IGNEAS INTRUSIVAS                      { COLOR VERDE : IGNEAS EFUSIVAS                      { COLOR AMARILLO : METAMORFITAS</p> <p>Casillero b : IDEM A RUBRO (b) MODELO ANTERIOR                      " c " " " " (c) " "                      " d " " " " " " "</p> <p>{ Ac : ACIDAS                      { Ms : MESOSILICICA                      { B : BASICAS</p>
"DISEMINADO" O INTRAMAGMATICO		<p>LOS CASILLEROS SE LLENARAN SEGUN DETALLE CASO ANTERIOR</p>

### 2.3. Resultados alcanzados con la aplicación de la metodología propuesta

En función de la aplicación integrada de todos los argumentos expuestos se ha logrado alcanzar en Argentina un adecuado nivel de conocimientos sobre la favorabilidad geológico—uranífera del país, delimitar y cuantificar el IFGU de sus “Unidades de prospección”, establecer las condiciones geológicas que controlan la yacencia de los yacimientos conocidos, lograr la evaluación de sus reservas y estimar los recursos especulativos nacionales.

Las sucesivas etapas seguidas para alcanzar ese desarrollo se sintetizan como sigue:

#### 2.3.1. Geología del Uranio I. Delimitación de unidades de trabajo

Estos estudios constituyeron la fase inicial de las etapas de trabajo para la evaluación de las materias primas nucleares de Argentina (Fig.3).

Su aplicación permitió delimitar 21 “Ambientes regionales” y 65 “Unidades de prospección”, estimar las perspectivas de sus favorabilidades geológico—uraníferas, clasificar sus importancias y ordenar sus prioridades a los efectos de su consideración en la elaboración del Plan Nacional de Prospección General.

El alcance de esos objetivos se expone a continuación:

##### 2.3.1.1. Delimitación de Ambientes geológico—uraníferos regionales

Se delimitaron 21 Ambientes de esta naturaleza con una superficie total de 961 320 km<sup>2</sup>. De los mismos, 18 (841 320 km<sup>2</sup>) se ubican en el ámbito del territorio continental, y los otros 3 (120 000 km<sup>2</sup>) cubren las regiones insulares y la Antártida argentina (Fig.4).

En general, los 18 Ambientes del territorio continental se corresponden con las principales unidades morfoestructurales del país, y para su delimitación se han evaluado sus condiciones litoestratigráficas, de evolución geotectónica, y eventual presencia de los parámetros que participan en el “ciclo geoquímico del uranio” y rigen la yacencia de los modelos metalogénicos mundiales de ese elemento.

La Fig.2 revela la clasificación y ordenamiento original de prioridades de esos “Ambientes” (año 1972), situación que aún no se ha modificado, pues los nuevos ordenamientos y su permanente adecuación a los conocimientos y evolución de la Geología del Uranio I en el país se han continuado a nivel de las “Unidades de prospección”.

En el detalle siguiente se consignan los principales caracteres geológicos y apreciaciones sobre la favorabilidad uranífera de los 15 principales Ambientes regionales del país.

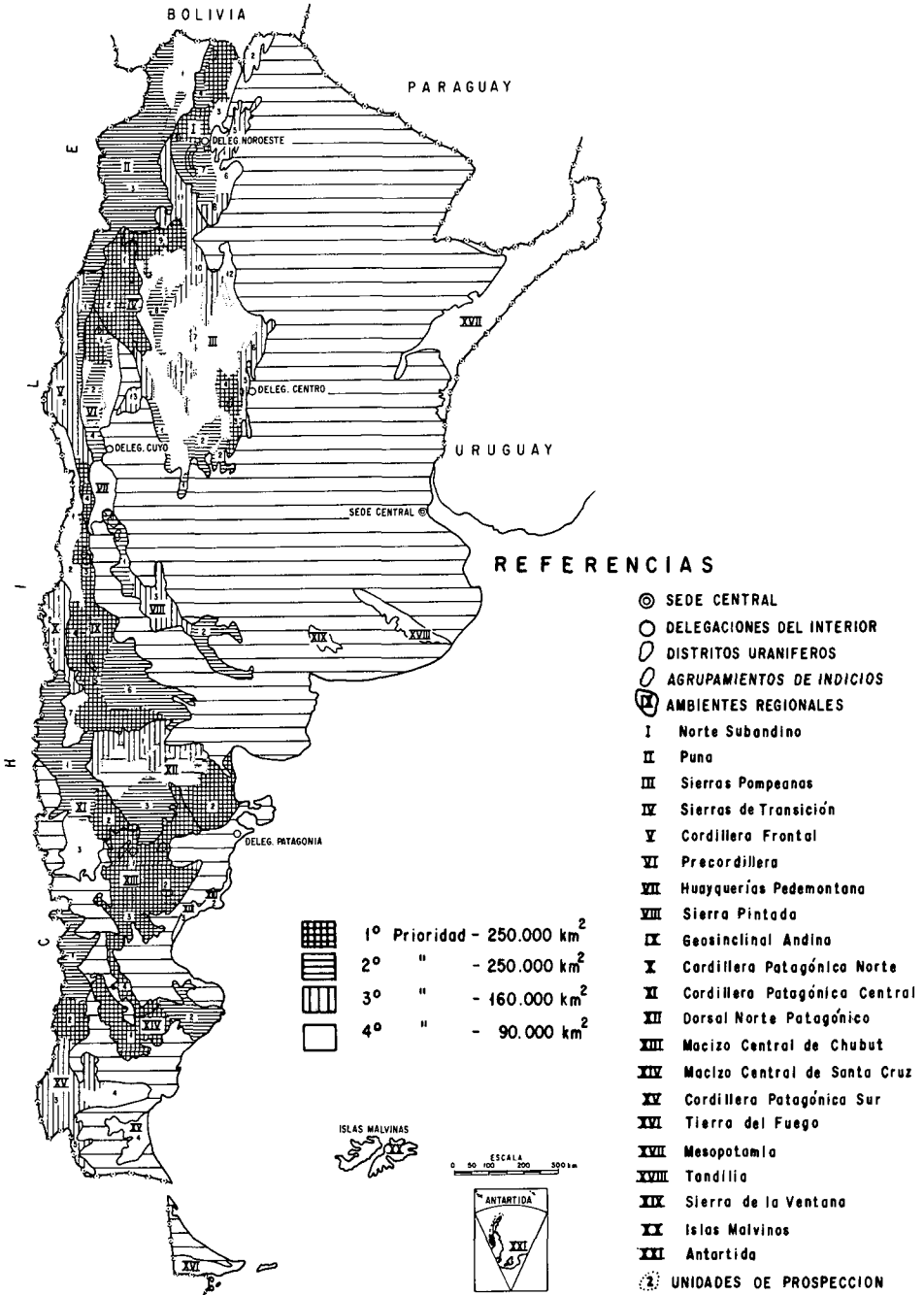


FIG.4. Ubicación de Ambientes regionales y prioridades de las Unidades de prospección.

— *Ambiente regional I. Norte subandino (70 450 km<sup>2</sup>)*

Está integrado por dos unidades morfológicas: las Sierras Subandinas y la Cordillera Oriental, que constituyen sendas prolongaciones australes de similares entidades morfoestructurales de Bolivia.

El cuadro estratigráfico del Ambiente se inicia en ambos casos con un basamento precámbrico integrado por metamorfitas de bajo grado, intruídas por una serie magmática ácida, sobre las que se apoyan en discordancia una potente secuencia eopaleozoica (Silúrico-Devónico) de sedimentitas marinas de flysch y plataforma y eventuales depósitos diamicticos del Carbónico. La favorabilidad uranífera de esta secuencia es de mediano valor estimándose factible la presencia de depósitos de “hábito filoniano” (corroboran esta apreciación la presencia de anomalías de este modelo: Yac. La Esperanza; Qirusillal, Lama Pampa, etc., Pcia. de Salta).

La secuencia expuesta continúa con sedimentos marinos marginales y de plataforma del grupo Salta (Cretácico Superior) depositados en un mar epicontinental poco profundo que ingresó desde el norte. Areniscas, pelitas y calcáreos integran este grupo, algunas de cuyas formaciones geológicas (Yacoraite, etc.) acusan la existencia de numerosas anomalías y presencia de dos distritos uraníferos con yacimientos económicos de uranio sobre hábitos peneconcordantes (distritos Tonco, Pampa Grande, etc., Pcia. Salta). Estas condiciones favorables se manifiestan en una faja anómala de casi 250 km de longitud N-W/S.E. y unos 10–15 km de ancho que ocupa todo el borde occidental de esa cubeta, marginada en ese borde por un área de aporte fértil representada por granitos paleozoicos con contenidos variables y elevados de uranio lábil.

Esos mismos granitos poseen interesantes perspectivas de presentar yacimientos de tipo intramagmático, aún no explorados.

Completa el cuadro estratigráfico un potente espesor de sedimentos terciarios de tipo molásico continental que cubre gran parte de la zona oriental de este ambiente. Por sus condiciones litológicas y parámetros de favorabilidad uranífera constituye una secuencia de limitadas perspectivas para ubicar yacimientos del tipo “uranio en areniscas”. Se conocen en estos sedimentos algunos indicios de hábito peneconcordante, en niveles clásticos fluviales con presencia de materia carbonosa vegetal (Peñas Bajas, Río Negrito, etc., Pcia. Jujuy).

Las perspectivas de explotación del Ambiente, a los fines de la prospección general, son de regular a baja favorabilidad, pues existen condiciones que dificultan esas tareas (cobertura vegetal de bosques en algunos sectores, fisiografía abrupta en otros) y, en ciertos casos, limitadas posibilidades de apoyo logístico.

— *Ambiente regional II. Puna (60 590 km<sup>2</sup>)*

Constituye la continuidad sur de una entidad morfológica mayor que se inicia en el sur del Perú con la región de Puno, continúa con el Altiplano de Bolivia y culmina en la Puna argentina. Se extiende desde los 21°45' hasta los 26°45' de latitud sur con una longitud de unos 600 km y un ancho de 250 km. Fisiográficamente se corresponde con un área sobreelevada a unos 3800 m de altura, con una superficie más o menos plana sobre la que se elevan cordones montañosos de 1000 a 2000 m con dirección general N-S y una red hidrográfica centrípeta que suele terminar en amplias cuencas cerradas donde se desarrollan importantes depósitos evaporíticos. El clima es riguroso, seco y frío aun en verano y con condiciones de notoria aridez. El apoyo logístico y de infraestructura local es escaso. Dos complejos litológicos distintos: metamorfitas de bajo a mediano grado y rocas graníticas asignadas en ambos casos al Precámbrico afloran en este Ambiente, constituyendo el substrato de una secuencia de sedimentitas marinas del Eopaleozoico ya descritas en el Ambiente I. La columna litoestratigráfica se completa con sedimentitas marinas cretácicas y depósitos continentales clásticos del Terciario a los que en este caso se deben sumar importantes series volcánicas ácidas y mesosilíceas hasta básicas del Cenozoico. La favorabilidad uranífera de este ambiente, poco prospectado por sus condiciones geográficas y de apoyo logístico, es de interés por la existencia de importantes "áreas de aporte" (granitos precam., paleozoicos y vulcanitas ácidas) y amplias regiones favorables para la recepción y precipitación del uranio movilizado. Los modelos de depósitos previsibles de ubicar corresponden a los de hábito peneconcordante en sedimentitas cretácicas, terciarias, etc. (donde ya se conocen anomalías: indicio Aguiliri, Pcia. Jujuy), o a los "filonianos" epigénicos o "amás" en las mismas rocas fértiles.

— *Ambiente regional III. Sierras Pampeanas (111 990 km<sup>2</sup>)*

Está constituido por serranías bajas (1500–2000 m) hasta cadenas montañosas de alturas superiores a los 200–2500 m, que con arrumbamiento general submeridional se levantan, como resultante de una tectónica de fallamiento y estructura de bloques basculados, desde las llanuras pampásicas. Tienen una longitud de 900 km N-S y un ancho de 150 hasta 300 km. Las serranías suelen culminar en altiplanos elevados (pampas) correspondientes a las antiguas penillanuras de erosión. Numerosas cuencas cerradas en el área central reflejan las condiciones climáticas semiáridas del ambiente, lo que no permite en general el desarrollo de una red hidrográfica definida. El substrato está constituido por metamorfitas de alto grado (migmatitas hasta series anatécicas) y sedimentitas con un nivel de metamorfismo regional, a las que se asigna una edad precámbrica a eventual eopaleozoica. El conjunto está intruído por plutones graníticos y

granodioríticos con algunos cuerpos intrusivos básicos a los que se adjudica una edad eopaleozoica, especialmente devónica. Los granitos han estado muy expuestos a la erosión y algunos batolitos muestran fertilidad uranífera.

En esos granitos se han ubicado numerosas manifestaciones uraníferas, constituyendo interesantes distritos como los de “Comechingones” (modelo de depósito epigénico con hábito filoniano) y “Los Gigantes” (modelo de depósito de “dispersión”), lo que confiere a todos sus amplios afloramientos en este ambiente una elevada favorabilidad.

A su vez, las metamorfitas de alto grado intruídas por esas rocas ígneas no se consideran muy favorables, pese a conocerse ocasionales impregnaciones de uranio en las antiguas superficies de meteorización hoy exumadas. El zócalo descrito está cubierto sobre un plano de discordancia regional por una potente sucesión de molasas continentales del tipo bancos rojos, que solo han sufrido plegamientos suaves y fracturación en bloques. Esta secuencia deposicional se inicia en el Carbónico (Paganzo I) con sedimentitas clásticas fluviales grises (areniscas y conglomerados) e intercalaciones de pelitas oscuras carbonosas de planicie de inundación o lacustres.

El ciclo continúa con sedimentos de edad pérmica (Paganzo II), areniscas, conglomerados y pelitas rojas, que indican un cambio climático con aridez y condiciones netamente oxidantes, para culminar la secuencia con depósitos similares de edad triásica (Paganzo III) dispuestos en cuencas menores dentro de la amplia cubeta regional del Paganzo. Perturbaciones tectónicas produjeron en el Mesozoico Superior cuencas locales rellenadas durante el Cretácico con sedimentitas clásticas e intercalaciones de un vulcanismo de plataforma (basáltico).

La favorabilidad uranífera de esas sedimentitas continentales está regida por el esquema paleogeográfico que define la fertilidad probable de sus áreas de aporte y el paleohidrológico que establece la transmisibilidad de las soluciones portadoras del ión uranilo.

Se han detectado manifestaciones en modelos “uranio en areniscas” en las capas basales Carbónico — Paganzo I (distrito Los Colorados, Pcia. de Córdoba) especialmente en los sectores en que éstas se asientan sobre granitos eopaleozoicos muy alterados. Las capas del Permotriásico (Paganzo II) también poseen buenas condiciones geológicas pero hasta la fecha solo se han ubicado algunas anomalías aisladas sin interés económico. Las sedimentitas cretácicas no presentan indicios, aunque debe aclararse que no han sido prospectadas sistemáticamente.

Sobre el conjunto anterior, y localizadas en depresiones erosivas o tectónicas elaboradas por fases de la orogenia andina, se ubican sedimentitas clásticas continentales terciarias (conglomerados, areniscas, pelitas, calcáreos). Esas secuencias contienen manifestaciones uraníferas lenticulares y mantiformes derivadas del aporte de los granitos paleozoicos fértiles que constituyeron los bordes de dichas depresiones e integraron las áreas que dieron el material para su rellenamiento (distrito Cosquín — yacimiento Rodolfo, etc. en la Pcia. de Córdoba).

– *Ambiente regional IV. Sierras de Transición (22 300 km<sup>2</sup>)*

Se ubica entre los ambientes de la Puna, las Sierras Pampeanas y la Precordillera y Cordillera Frontal desde los 27°20' hasta 30°20' de latitud sur. Posee una longitud de unos 350 km y un ancho variable de 80 a 120 km. Está integrado por una serie de cordones montañosos (sistema del Famatina) de dirección submeridional y alturas que superan los 5000 m, y presenta un relieve juvenil muy elaborado y sumamente escabroso, lo que dificulta la prospección.

Su denominación se debe a que en su constitución se integran unidades geológicas que tipifican a las Sierras Pampeanas por un lado y a la Precordillera por el otro, constituyendo un verdadero ambiente transicional o de engranaje geológico.

Presenta un basamento metamórfico magmatítico sobre el que se han depositado series sedimentarias marinas del Paleozoico Inferior, especialmente ordovícicas y devónicas, a veces levemente metamórficas por contacto intrusivo de granitos constituyentes de batolitos apotectónicos.

Estos granitos muestran indicios de fertilidad, y en algunos restos de colgajos de sus cúpulas los esquistos presentan mineralización uranífera epigénica en modelos de dispersión y hábitos vetiformes (yacimientos San Sebastián y satélites en la Pcia. de la Rioja).

Sobre el conjunto intruído siguen algunas secuencias efusivas y sedimentitas con las que culmina el Devónico. Las posibilidades uraníferas de las series descritas están condicionadas por sus relaciones temporoespaciales entre las masas graníticas de la Sierra que constituyen áreas de aporte fértiles, y la cubierta sedimentaria continental discordante que cubre ese zócalo. Esta cubierta está principalmente representada por sedimentitas clásticas del tipo bancos rojos, de gran difusión en las zonas centrales y occidentales del país (grupo del Paganzo) englobando depósitos carbónicos, pérmicos y en menor grado triásicos.

En los niveles basales presenta manifestaciones peneconcordantes en conglomerados y areniscas gruesas con abundante materia orgánica vegetal carbonizada (sur de la Sierra de Sañogasta) y existencia de depósitos lenticulares peneconcordantes en pelitas pérmicas (distrito Tinogasta, Pcia. Catamarca). Estas manifestaciones son consideradas como indicativas de posibilidades interesantes para el ámbito regional de este ambiente.

Por encima de los niveles paleozoicos se asientan sedimentos clásticos, continentales cenozoicos que poseen favorables condiciones para contener yacimientos de uranio. Se han ubicado algunas anomalías en esas sedimentitas terciarias con modelos comparables a los clásicos yacimientos mundiales de “uranio en areniscas” (La Agüita en la Pcia. de La Rioja).

– *Ambiente regional V. Cordillera Frontal (38 000 km<sup>2</sup>)*

Se corresponde con una larga cadena montañosa compuesta por numerosos cordones y macizos que se inician en los 28° de latitud sur y se prolongan hasta los 36° 46'. Su longitud es de unos 700 km N-S y su ancho máximo de 85 km E-O. Su límite oriental son los valles intermontanos que lo separan de la Precordillera y el occidental, la Cordillera principal de Los Andes.

Su morfología es la que tipifica las altas cordilleras en niveles de 5000 a 6000 m, con un relieve juvenil escabroso. El clima es árido y riguroso en invierno y el ambiente ha sido poco prospectado por las dificultades geográficas y logísticas que encierra.

La constitución geológica está definida por la presencia de un substrato de metamorfitas eopaleozoicas y sedimentitas marinas poco metamorfizadas del Paleozoico Medio. Sobre ellas se disponen sedimentitas marinas del Carbónico correspondientes a facies flyschoides.

Una importante secuencia ígnea con plutonitas y vulcanitas ácidas a mesocilíceas de edad permotriásica intruyen el basamento paleozoico y se consituyen en las más importantes unidades de favorabilidad uranífera del Ambiente por sus condiciones de “área de aporte fértil con uranio lábil”. En ese ámbito se han ubicado anomalías de uranio epigénico con hábitos filoneanos en grietas, fracturas, etc., de los granitos (anomalías Fernanda, Gladys, etc., en la Pcia. de San Juan).

Este conjunto constituye el eje vertebral de la constitución geológica de este ambiente, el cual se completa con sedimentitas continentales clásticas cenozoicas depositadas en cuencas intermontáneas con buena favorabilidad como áreas de recepción y precipitación del uranio (modelo metalogénico probable: uranio en “anreniscas”).

– *Ambiente regional VI. Precordillera (27 550 km<sup>2</sup>)*

Unidad estructural que se extiende a ambos lados del meridiano 69°0 con una longitud de más de 400 km desde los 29° hasta los 33° de latitud sur, donde se hunde bajo una espesa serie sedimentaria cenozoica. Su ancho máximo es del orden de 90 km. Sus alturas disminuyen de norte a sur pasando de unos 5000 m a 2500 m. El clima es árido y semidesértico. Existen aceptables condiciones de apoyo logístico. Está constituída por numerosos cordones de rumbo submeridional y limita: al O con la Cordillera Frontal, de la cual la separan valles intermontáneos, y al E con una serie de amplias depresiones que la separan de las Sierras Pampeanas.

Bajo el punto de vista de su desarrollo geotectónico se debe interpretar esta unidad como un típico ciclo de evolución geosinclinal que se inicia en el Eopaleozoico y culmina en el Triásico.

Litoestratigráficamente componen su columna geológica, sedimentos marinos paleozoicos desde el Cámbrico al Devónico (facies vacuidad y flysch) y depósitos continentales molásicos del Carbónico al Pérmico. El conjunto ha sido afectado por las distintas orogenias que culminan con los movimientos de la fase Varísica, con plegamientos y elevaciones de bloques y cuyo magmatismo conexo se traduce en importantes intrusiones y efusiones volcánicas ácidas y mesosilíceas. Sedimentitas y efusivas, triásicas ácidas completan este cuadro antes del comienzo del gran hiato Jurásico – Cretácico.

La secuencia estratigráfica se reinicia con los sedimentos terciarios continentales (moladas clásticas y piroclásticas) que ocupan preferentemente posiciones marginales de la Precordillera y rellenan algunos bolsones intermontáneos.

El diastrofismo del Terciario Superior actuó modelando el relieve viejo con un acentuado predominio de una tectónica de fracturación, especialmente de fallas inversas, que elevaron algunos bloques a más de 3000 m. El magmatismo correspondiente se manifiesta en esta unidad con un desarrollo restringido.

La buena favorabilidad geológico–uranífera de este ambiente se debe a la presencia de “áreas de aporte fértiles” (intrusivas y vulcanitas ácidas del Permotriásico) donde se ubicaron numerosas anomalías en hábitos epigénicos filonianos (Cerro Cacheuta, Puntudo, etc.) etc., y “áreas de recepción” con parámetros geológico–uraníferos de buena favorabilidad (sedimentitas clásticas continentales carbónicas, pérmicas, triásicas y terciarias) donde se han ubicado algunas anomalías e incluso yacimientos potenciales con hábitos peneconcordantes en el modelo “uranio en areniscas” (Distrito Guandacol, Médano Rico, La Moquinera, etc., en las Pcias. de la Rioja y San Juan).

– *Ambiente regional VII. Huayquerías pedemontanas (8000 km<sup>2</sup>)*

Se ubica constituyendo el área pedemontana que baja desde la Cordillera Frontal y liga geográficamente este ambiente con la parte austral de la Precordillera (Ambiente VI) y el extremo norte de la Sierra Pintada (Ambiente VIII). Morfológicamente se corresponde con un relieve de amplio abanico pedemontano con un substrato terciario afectado por una neotectónica cuartaria, la que origina, con un sistema de fracturación N-S, algunos bloques que se elevan hasta 800–1000 m de altura.

El paisaje muestra un típico relieve de “huaicos”, producto de una activa erosión de arroyamiento en clima árido sobre sedimentitas continentales clásticas terciarias que prácticamente cubren todo el ámbito de este Ambiente. Su favorabilidad geológico–uranífera se estima baja, pues, si bien tendría un área de aporte fértil en las vulcanitas e intrusivas ácidas (permotriásicas) de la Cordillera Frontal, no se han registrado en las sedimentitas terciarias los parámetros clásicos que indiquen un aceptable IFGU.

— *Ambiente regional VIII. Sierra Pintada (35 000 km<sup>2</sup>)*

Se ubica entre los paralelos 34° y 39° de latitud sur y se proyecta sobre una longitud de 700 km NO-SE y un ancho máximo de 50 km EO. Está constituido por serranías y bloques que con alturas de hasta 1500 m se elevan sobre las zonas deprimidas y llanas que lo rodean y separan, al oeste de la Cordillera Principal y al este de las Sierras Pampeanas australes. Constituye en esencia la continuidad austral desconectada de la Precordillera (Ambiente VI). Su clima es árido y semidesértico y posee buenas condiciones de apoyo logístico.

Geológicamente presenta un “basamento” con afloramientos muy locales de metamorfitas y calizas a las que se atribuyen edades precámbrica y cámbrica respectivamente. El sustrato regional aflorante está representado por metamorfitas de edad devónica sobre las que se apoyan sedimentitas de edad carbónica depositadas en dos ambientes distintos: marino (pelitas negras) y continental clástico (areniscas y pelitas grises). El ciclo continúa con sedimentos pérmicos de origen eólico y fluvial depositados en cuencas intermontanas locales con intercalaciones de vulcanitas mesosilíceas que hacia el Triásico culmina con un magmatismo volcánico ácido y mesosilíceo. La secuencia finaliza con depósitos molásicos continentales cenozoicos después de un amplio hiatus para todo el Jurásico-Cretácico.

La favorabilidad de este ambiente, donde se ubica la mayor reserva de uranio del país, vuelve a integrarse en la presencia de la cupla de optimización: áreas de aporte fértil (vulcanitas permotriásicas donde también se han ubicado anomalías de uranio de hábito filoniano y origen epigénico) y “áreas de precipitación” con parámetros favorables (sedimentos continentales pérmicos y carbónicos). En su ámbito se han ubicado decenas de anomalías y un Distrito uranífero de importancia (Sierra Pintada, Pcia. de Mendoza, con un modelo metalogénico de uranio epigénico peneconcordante en areniscas del Pérmico) donde yace la mayor reserva conocida a la fecha en el país.

— *Ambiente regional IX. Geosinclinal Andino (93 320 km<sup>2</sup>)*

Se extiende entre los 31° y 40' de latitud sur. Al oeste limita con el Valle Central de Chile y al este con la Cordillera Frontal y una larga faja de bolsones que la separan del bloque San Rafael y su prolongación austral. Integramos en este ambiente dos unidades morfológicas: la Cordillera de los Andes con cordones montañosos submeridionales que se elevan hasta los 4000–5000 m, y el “Neuquén extrandino” correspondiente a un amplio “plateau” con características mesetiformes y algunas unidades positivas bajas de no más de 1500 m de altura.

El clima general es árido desértico a semidesértico, con problemas logísticos y geográficos en la Cordillera y aceptables condiciones operativas en el Neuquén extrandino.

Sobre su zócalo eopaleozoico a triásico se asientan diferentes depósitos de geosinclinal que van desde el Jurásico Inferior al Cretácico Medio. En este lapso, sedimentos marinos de carácter batial a nerítico rellenaron cubetas generadas por hundimientos tectónicos y subsidencia, y algunos períodos locales de regresión determinaron la acumulación de sedimentitas clásticas continentales (Fm. Tordillo, etc.). Un ascenso regional afecta luego esta larga faja con depositación durante el Cretácico Medio de sedimentos transicionales y continentales (bancos rojos), a los que sigue una fase orogénica inicial (movimientos intersenonianos) y el emplazamiento del “Batolito Andino”.

Tras la depositación de sedimentitas y vulcanitas en el Senoniano, se produce el movimiento larámico de tipo compresivo, con fuertes corrimientos. Ya en el Terciario tienen lugar los movimientos andinos con fallamiento en grandes bloques y vulcanismos ácidos y mesosilícicos intensos. En este período geológico se desarrollan potentes depósitos sedimentarios intermontáneos. En el Cuartario se produce una elevación general de la Cordillera, acompañada de glaciaciones, depósitos de pie de monte y vulcanismos básicos. La favorabilidad uranífera se ubica especialmente en las secuencias sedimentarias a nivel de las molasas continentales (Jurásico: Fm. Tordillo, Lotena etc., y en especial Cretácico: Grupo Diamante) donde existen todos los parámetros para alcanzar un elevado IFGU y donde se han ubicado numerosas anomalías y distritos con yacimientos del modelo “Uranio en areniscas” (Distrito Malargue – Renquil – Co; Rahue – Co, Pcia. de Mendoza).

Las intrusivas ácidas neopaleozoicas y las vulcanitas permotriásicas y cenocóicas constituyen un aval complementario a esa elevada favorabilidad del ambiente dada su condición de áreas de aporte fértil y presunto origen del uranio precipitado en los depósitos cretácicos y jurásicos.

– *Ambiente X. Cordillera Patagónica Norte (16 500 km<sup>2</sup>)*

Comprende la faja cordillerana con cordones montañosos de hasta 3000 m de altura que se extiende desde los 36° 15' latitud sur hasta los 39° 05' y desde el límite con Chile hasta el pie occidental de la Cordillera del Viento.

Está constituido por un núcleo de rocas intrusivas mesosilícicas carbónicas cubiertas con efusivas de la serie profirítica permotriásica y en algunos sectores por vulcanitas cretácicas. Un intenso magmatismo se desarrolla durante todo el Terciario con vulcanismo ácido durante el Eógeno y algunas efusiones basálticas en el Neógeno y Cuaternario. En el sector austral existen algunos afloramientos aislados de sedimentitas jurásicas de facies marinas y en otras áreas afloran depósitos continentales clásticos terciarios correspondientes a rellenamientos intermontáneos locales. El ambiente ha sido poco prospectado y las perspectivas uraníferas se consideran medianamente favorables, fundadas en:

- Presencia de áreas de aporte fértil a nivel de las intrusivas mesosilíceas y efusivas permotriásicas y terciarias de tipo ácido;

Existencia de “áreas de precipitación favorables” en las sedimentitas continentales clásticas terciarias.

– *Ambiente XI. Cordillera Patagónica Central (63 000 km<sup>2</sup>)*

Se extiende entre los paralelos 38° 20' y 44° de latitud sur, y está constituido en su sector norte por la franja cordillerana propiamente dicha, en tanto que hacia el sur se expande incluyendo amplios sectores extrandinos. Las rocas más antiguas aflorantes son metamorfitas (Precámbrico) a menudo intruídas por granitos referidos al Eopaleozoico; sobre ellas se dispone, en las áreas extracordilleranas de Tecka – Tepuel, de sedimentitas marinas del Paleozoico Medio intruídas por graníticos neopaleozoicos. La columna litoestratigráfica continúa con depósitos marinos de edad jurásica que afloran en el sector sur del ambiente y a los que suceden vulcanitas mesojurásicas ácidas y mesosilíceas.

En los alrededores de Gastre (Pcia. Chubut) se han señalado depósitos continentales clásticos de edad cretácica correlacionables con el Grupo Chubut portador de uranio en el Ambiente XIII. En discordancia sobre esta secuencia aparecen extensos afloramientos de la serie andesítica eógena, rematados por extensas coladas basálticas terciarias y cuaternarias. Las perspectivas uraníferas del área se estiman de mediana favorabilidad con presencia de extensos plutones graníticos presuntamente fértiles y algunas regiones con sedimentitas continentales de litología favorable en las que eventualmente podrían haberse formado depósitos del modelo “uranio en areniscas”.

– *Ambiente regional XII. Dorsal Norte Patagónica (55 050 km<sup>2</sup>)*

Sus límites coinciden en grandes rasgos con el llamado Escudo Norpatagónico, formando parte de este ambiente los sectores centro-sur de la provincia de Río Negro y norte de Chubut.

Geológicamente está caracterizado por la presencia de metamorfitas eopaleozoicas y algunas referidas al Precámbrico, que alcanzan su mayor desarrollo en la Pcia. de Río Negro, intruídas por granitos a los que los autores asignan diferente edad. En el sector este del área encontramos sedimentitas marinas referidas al Silúrico – Devónico y algunas granodioritas asimiladas a un magmatismo post-silúrico.

Depósitos continentales triásicos han sido descritos en las inmediaciones de los Menucos. Vulcanitas ácidas mesosilíceas referidas a varios ciclos efusivos jurásicos cubren parcialmente los terrenos antes señalados. Se pueden reconocer afloramientos de sedimentos marinos y continentales cretácicos en el sector este del Ambiente. Productos de un intenso vulcanismo terciario (andesitas, riolitas y tobas asociadas) se registran en el norte de Chubut, y completan el

esquema geológico del Ambiente extensas coladas basálticas terciarias y cuaternarias.

Las perspectivas uraníferas se refieren especialmente a las áreas con intrusivas y vulcanitas ácidas presuntamente fértiles, donde se puede esperar ubicar depósitos de hábito “filoniano” o en “amás” y parcialmente en las zonas con sedimentitas continentales, las cuales suelen acusar parámetros favorables para eventual precipitación de uranio.

— *Ambiente regional XIII. Macizo Central del Chubut (72 420 km<sup>2</sup>)*

Sus límites norte y sur lo constituyen respectivamente el Escudo Norpatagónico y el área positiva del Deseado, en Santa Cruz; su límite oeste es la región cordillerana y hacia el este se extiende hasta la costa atlántica. Fisiográficamente el área está formada por un relieve de tipo mesetiforme de baja altura (500–1000 m s.n.m.), sobre el que se elevan serranías locales de hasta 500–1000 m de altura. El clima es árido con inviernos rigurosos típicos en la Patagonia argentina, pese a lo cual se puede trabajar todo el año.

Se trata fundamentalmente de una cuenca mesozoica rellena por depósitos continentales (vulcaníticos y clásticos) que culmina en el Cretácico Superior con una extensa ingresión atlántica (Grupo Salamanca). En el sector noroccidental del ambiente se registran algunos afloramientos de metamorfitas intruídas por granitos neopaleozoicos, a los que se sobreponen vulcanitas mesojurásicas y depósitos continentales asociados.

Trabajos de prospección aérea han puesto en evidencia gran cantidad de manifestaciones uraníferas, localizadas principalmente en las áreas marginales de la cuenca, dentro de las sedimentitas cretácicas.

Las características litológicas sumamente favorables de estos sedimentos continentales, donde participan, junto a secuencias clásticas fluviales, piroclásticas y vulcanitas ácidas (de presunta fertilidad), confieren al ambiente excelentes perspectivas desde el punto de vista uranífero.

Se ubican en este ámbito los Distritos uraníferos Los Adobes, Srra. Pichiñán, Srra. Cuadrada, etc., donde se emplazan yacimientos económicos del modelo epigénico, peneconcordante en conglomerados y areniscas cretácicas.

— *Ambiente regional XIV. Macizo Central de Santa Cruz (34 200 km<sup>2</sup>)*

Se sitúa en la porción centro-oriental de la provincia de Santa Cruz y sus límites coinciden en líneas generales con los del área positiva del Deseado. Sus características fisiográficas y climáticas y sus condiciones operativas son semejantes a las del Ambiente XIII.

Geológicamente está constituido por metamorfitas eopaleozoicas, sedimentos continentales eopérmicos y granitos neopaleozoicos que constituyen en su conjunto el “zócalo” de ese ambiente. En relación de discordancia angular siguen sedimentitas continentales triásicas y jurásicas que ocupan áreas reducidas y a las que subrayacen depósitos volcánicos de edad mesojurásica que afloran sobre grandes superficies.

La secuencia continúa con depósitos continentales correlacionables con el Grupo Chubut (Cretácico) que afloran en el borde norte del ambiente y con sedimentos continentales y marinos terciarios de poco desarrollo areal para culminar con basaltos terciarios y cuaternarios que ocupan considerables extensiones.

Las perspectivas uraníferas del Ambiente se consideran medianamente favorables, asociando parte de esa favorabilidad a la presencia de sedimentitas continentales cretácicas con presencia de algunos indicios, y a la existencia de secuencias piroclásticas ácidas con características potenciales de áreas de aporte fértiles en uranio.

— *Ambiente regional XV. Cordillera Patagónica Sur (44 950 km<sup>2</sup>)*

Se corresponde con la franja cordillerana austral y una expansión extrandina que se ubican entre los 45° y los 50° 30' de latitud sur desde Lago Fontana hast Río Turbio sobre una longitud N-S de 700 km y un ancho de 100 a 300 km.

Las condiciones operativas tienen inconvenientes por lo inhóspito de la región y sus limitadas posibilidades de apoyo logístico, pese a lo cual la zona es genéricamente definible como factible en gran parte del año. Su columna litoestratigráfica en el sector cordillerano está integrada por metamorfitas y plutonitas eopaleozoicas, constituyendo el basamento sobre el que se disponen en discordancia vulcanitas mesojurásicas, y sedimentitas marinas del Cretácico Inferior. Continúan la secuencia depósitos continentales similares a los del Grupo Chubut, sedimentitas marinas del Cretácico Superior y depósitos intermontáneos terciarios. En la zona extracordillerana encontramos principalmente sedimentitas marinas y continentales terciarias y, culminando el cuadro, efusiones basálticas terciarias y cuaternarias.

Sus perspectivas de favorabilidad uranífera se basan en la existencia de intrusiones y vulcanitas ácidas que pueden integrar áreas de aporte fértil y en la presencia de sedimentitas continentales cretácicas y terciarias en la expansión extrandina, con regulares condiciones para la precipitación del ión uranilo en el modelo “uranio en areniscas”.

El ambiente ha sido muy poco prospectado y solo se han ubicado indicios aislados en programas de reconocimiento muy locales (C° Principio: Río Pinturas, etc.).

### 2.3.1.2. Delimitación de “Unidades de prospección”

La definición original de estas entidades, según lo expuesto en 2.2.1., permitió la delimitación de 65 “Unidades de prospección” dentro de los 15 Ambientes regionales descritos anteriormente.

Sobre estas Unidades se centraliza el análisis, evaluación y evolución permanentes de los conocimientos de la Geología del Uranio 1 en Argentina, posibilitando con sus periódicas clasificaciones reordenar las prioridades en los programas nacionales de prospección.

En el Cuadro VII se detallan las Unidades definidas en cada “Ambiente regional” y se resumen los principales caracteres geológicos que han posibilitado su delimitación.

Sucesivos análisis y síntesis de ese Cuadro permiten establecer, hasta la fecha, las siguientes consideraciones:

#### **Ordenamiento de prioridades de las “Unidades de prospección”**

El análisis y evaluación de los parámetros de favorabilidad geológico—uranífera de las “Unidades” delimitadas (IFGU) según la metodología descrita permitieron lograr una clasificación de sus importancias y un ordenamiento de sus prioridades para la prospección (Fig.2), como sigue: 20 “Unidades de prospección” en 1ª prioridad con un total de 250 000 km<sup>2</sup>, 18 en 2ª prioridad y 250 000 km<sup>2</sup>, 15 en 3ª prioridad y 160 000 km<sup>2</sup>, y 12 en 4ª prioridad con un total de 190 000 km<sup>2</sup>; es decir, 65 Unidades y 750 000 km<sup>2</sup> en total.

Pese al carácter especulativo de esta clasificación, sirve ésta para reiterar la favorabilidad geológico—uranífera del país y para fundamentar la orientación y ordenamiento de los Planes nacionales de prospección.

#### **Estimación de los períodos geológicos y los probables modelos metalogénicos que participarían en las “Unidades” clasificadas**

En las “Unidades de prospección” clasificadas se ubica una amplísima gama de entidades litoestratigráficas con edades variables desde el Precámbrico al Cuaternario, abarcando algunos de los más importantes períodos metalogénicos del uranio conocidos en el mundo.

Se han delimitado tentativamente los períodos geológicos que participan en esas “Unidades” y se ha realizado una especulación sobre los probables modelos metalogénicos de uranio que se podrían ubicar en los mismos, de acuerdo con sus características litológicas y yacencias geológicas.

CUADRO VII. CUADRO DE PRIORIDADES DE LAS UNIDADES DE PROSPECCION

AMBIENTES		UNIDADES									
I	70.450 Km <sup>2</sup> NORTE SUB-ANDINO	1	Qda. del Toro-Tilcara Sta. Victoria 16.200 Km <sup>2</sup>	2	Sas. de Orán-Tartagal 8.000 Km <sup>2</sup>	3	San Pedro 6.000 Km <sup>2</sup>	4	Qda. de Humahuaca 5.500 Km <sup>2</sup>	2a.	
		5	Sa. del Gallo - Santa Barbara 6.250 Km <sup>2</sup>	6	Sa. Metán - Piquetq 8.500 Km <sup>2</sup>	7	Sa. La Viña-Guachipas Carahuasi 14.300 Km <sup>2</sup>	8	Sierra Medina Río Salí 5.700 Km <sup>2</sup>	3a.	
II	60.590 Km <sup>2</sup> PUNA	1	Santa Catalina Quichagua 9.340 Km <sup>2</sup>	2	San Antonio de los Cobres Range 3.750 Km <sup>2</sup>	3	Nevados Pastos Grandes de Antofalla 47.500 Km <sup>2</sup>				
		Sedimentitas marinas (grau- vacas, pelitas, etc.) Cambio ordovícicas. Efusivas ter- ciarias mesosilíceas a sill- ceas. Girones aislados Gru- po Salta. (Cretácico).			Predominio de sedimentitas / continentales del Terciario / Sub-andino con las series / costaneras marginales del / Grupo Salta. (Cretácico).			Predominio de sedimentitas continentales del Terciario Sub-andino con los sedimen- tos costaneros marinos del Grupo Salta. (Cretácico)			Sedimentitas del Grupo de / Salta y Terciario Sub-andi- no en facies similares a // las descriptas en unidades anteriores.

2	3	4
1	5	

REFERENCIAS :

- 1.- Número y denominación del Ambiente Regional y Superficie.
- 2.- Número de la unidad de prospección.
- 3.- Denominación de la unidad de prospección y superficie.
- 4.- Prioridad asignada según I.F.G.U. a la unidad de prospección.
- 5.- Síntesis de los principales rasgos geológicos de la unidad de prospección.

111		111.990 Km <sup>2</sup>		SIERRAS PAMPANAS			
1	Sas. Varela - Alto Penco-Las Quijadas 4.500 Km <sup>2</sup> . 2a.	2	Sas. San Luis Quiñes 10.750 Km <sup>2</sup> . 2a.	3	Comechingones El Morro 7.500 Km <sup>2</sup> . 1a.	4	Serrezuela Villa Dolores 5.500 Km <sup>2</sup> . 1a.
Metamorfitas eopaleozoicas (filitas, gneises) en girones aislados y sedimentos continentales clásticos del Permo-Carbónico y Triásico. (Paganzo I, II, III).		Micacitas, gneises, filitas del Paleozoico inferior (?) intrudidas por granitos eopaleozoicos. Girones de sedimentos continentales clásticos de edad Triásica.		Metamorfitas eopaleozoicas/ (esquistos, gneises, filitas) y batolitos graníticos que la intruyen. (Devónicos)		Complejo metamórfico y granitos de anatexis eopaleozoica (?) girones de sedimentos continentales del Permo Carbónico (Paganzo I-II) Vulcanitas Terciarias.	
5	Sa. Chica 4.460 Km <sup>2</sup> . 4a.	6	Villa María-Tulumba-Ojo de Agua 7.120 Km <sup>2</sup> . 3a.	7	Sa. de los Llanos Sa. Brava 6.900 Km <sup>2</sup> . 3a.	8	Sa. Velazco 7.000 Km <sup>2</sup> . 2a.
Complejo metamórfico (gneises, biotíticos, esquistos, etc) con mármoles y filones pegmatíticos de edad Eopaleozoica-Girones de sedimentos Cretácicos y terciarios.		Importantes batolitos graníticos del Eopaleozoico (500/550 m.a. por K-Ar) en facies normales y de tipo migmatítico. Sedimentos continentales clásticos Terciarios		Metamorfitas (precámbricas?) Paleozoico inferior (?) filitas, micacitas, etc. Cuerpos de tonalitas facies normales y migmatíticas (Eopaleozoicas) Sedimentos Permo Carbónicos		Cuarcitas y migmatitas gneisicas (precámbricas?) Granitos normales y migmatíticos en dimensiones batolíticas. Sedimentos continentales. (Permo - carbónicas y Triásicas)	
9	Copacabana Capillitas 14.500 Km <sup>2</sup> . 1a.	10	Ambato - Ancasti 11.540 Km <sup>2</sup> . 3a.	11	Aconquija - Quilmes Cafayate - Cachi 21.720 Km <sup>2</sup> . 3a.	12	Sa. Guasayán 4.500 Km <sup>2</sup> . 4a.
Metamorfitas de bajo y alto grado (precámbricas?) y cuerpos graníticos apotectónicos (Eopaleozoico-Devónico) Sedimentitas continentales Pérmicas y Terciarias.		Complejo metamórfico predominante facies migmatíticas (gneises, micacitas, etc.) de edad Precámbrica (?) a Eopaleozoica. Cuerpos granitos menores de edad eopaleozoica.		Metamorfitas (esquistos en el norte a pizarras y filitas en el sur) de edad Pre-cámbrica (?) a Eopaleozoica. Granitos de edad Eopaleozoica. Cuerpos batolíticos apotectónicos (devónicos ?).		Metamorfitas (gneises, micacitas, filitas, etc) de edad Eopaleozoica (?). Granitos de anatexis y cuerpos batolíticos apotectónicos (devónicos ?).	
13	Valle Fértil 6.000 Km <sup>2</sup> . 3a.						
Complejo metamórfico Paleozoico inferior (Precámbrico ?). Granitos sintectónicos y apotectónicos eopaleozoicos Sedimentos continentales / (Permo - Carbónicos).							

IV	- 22.300 Km <sup>2</sup> . SIERRAS DE TRANSICION	1	Famatina Narvaes 14.900 Km <sup>2</sup> . 1a.	2	Villa Unión Pastos Amarillos 7.400 Km <sup>2</sup> . 1a.				
V	- 38.000 Km <sup>2</sup> . CORDILLERA FRONTAL	1	Tocota - Colanguil 8.300 Km <sup>2</sup> . 2a.	2	Cordón Carachas - Manrique - Ansilta 23.200 Km <sup>2</sup> . - 3a.	3	Cordón del Plata El Portillo 3.320 Km <sup>2</sup> . 1a.	4	Laguna del Diamante 3.100 Km <sup>2</sup> . 2a.
VI	- 27.50 Km <sup>2</sup> . PRE-CORDILLERA	1	Punilla--Guandacol Jachal 8.800 Km <sup>2</sup> . 1a.	2	Jachal - Sa. Tontal-Zonda 13.400 Km <sup>2</sup> . - 2a.	3	Villilicun - Mogna - Morada 1.850 Km <sup>2</sup> . 2a.	4	Sierra Uspallata 3.500 Km <sup>2</sup> . 1a.
VII	- 8.000 Km <sup>2</sup> . HUAYQUERIAS PEDEMONTANAS	1	Huayquerías Pedemontanas 8.000 Km <sup>2</sup> . 4a.						

Metamorfitas (limolitas, areniscas cuarcíticas) eopaleozoicas (Ordovícico-Silúrico) Batolito granítico del Famatina-vulcanitas, sedimentos Permo. Carbónicos.

Sedimentos marinos del Devónico y Carbónico. Plutonitas y vulcanitas ácidas del Permo Triásico sedimentos continentales clásticos Terciarios

Sedimentos marinos (flysch) Carbónicos-Granito Pérmico e hipabisales Permo-Triásicos. Sedimentos continentales Triásicos idem Terciarios.

Sedimentitas continentales clásticas (areniscas, pelitas, conglomerados) de edad Terciaria.

VIII	35.000 Km <sup>2</sup> .	LA PAMPA	1	Sierra Pintada La Escondida 6.000 Km <sup>2</sup> . 1a.	2	Lihuel-Calei-Pichi-Manhuda 12.000 Km <sup>2</sup> . 2a.	3	Algarrobo del Aguila 17.000 Km <sup>2</sup> . 3a.		
			Basamento metamorfitas devólicas. Sedimentos marinos y marinos epaleozoicos. Vulcanitas neopaleozoicas y triásicas de tipo ácido y mesosilíceo. Vulcanitas ácidas Permo-Triásico. Sedimentos continentales clásticos terciarios.							
IX	87.220 Km <sup>2</sup> .	GEOSINCLINAL ANDINO	1	Cordón La Ramada-Río Diamante 6.800 Km <sup>2</sup> . 4a.	2	Río Diamante Río Barranca 10.500 Km <sup>2</sup> . 4a.	3	Diamante - Malargue Chachahuén 9.500 Km <sup>2</sup> . 1a.	4	Chost-Majal Las Lajas 10.400 Km <sup>2</sup> . 1a.
			Sedimentitas marinas y costaneras a batiales del Jurásico y Cretácico inferior. Plutonitas Cretácicas y Terciarias y en amplias superficies vulc. mesoc. Terciarias.							
X	16.500 Km <sup>2</sup> .	CORDILLERA PATAGONICA NORTE	5	El Cuy - Barranca 21.460 Km <sup>2</sup> . 1a.	6	Franja Oriental Neuquen 28.560 Km <sup>2</sup> . 2a.	7	Las Coloradas 6.100 Km <sup>2</sup> .		
			Sedimentitas marinas Jurásicas con períodos continentales clásticos. Cretácico medio superior con sedimentos continentales clásticos.							
Sedimentitas marinas marginales Jurásicas y predominio de "red-bed" del Cretácico medio superior. Plutonitas epaleozoica en asomo aislado.										
Sedimentitas marinas Jurásicas - clásticas (red-beds) del Cretácico medio y superior. Depósitos marinos Cretácico Medio. Sedimentitas continentales clásticas Terciarias.										
Piroclásticas ácidas, sedimentitas marinas y plutonitas carbónicas-secuencia piroclásticas y sedimentarias Triásicas. Andesitas y Basaltos Terciarios cuaternarios.										
Efusivas terciarias mesosilíceas. Basaltos cuaternarios.										

XI	63.000 Km <sup>2</sup> . CORDILLERA PATAGÓNICA CENTRAL	1	Lago Ñorquínico Pilcaniyeu 36.000 Km <sup>2</sup> .	2a.	2	Gastre 12.000 Km <sup>2</sup> .	1a.	3	Tecka 15.000 Km <sup>2</sup> .	4a.	
			Metamorfitas precámbricas / (?)eopaleozoicas-plutonitas ácidas (granitos, tonalitas) neopaleozoicas. Sedimentos continentales, vulcanitas- mesosilíceas y basal. Terc.		Plutonitas ácidas paleozoi- cas. Sedimentos continentales clásticos y piroclásticos- ácidos cretácicos. Vul- canitas mesosilíceas y ba- saltos neógenos.		Metamorfitas eopaleozoicas. granitos Paleozoicos y sedi- mentos clásticos continen- tales Jurásicos y Cretácicos.				
XII	55.050 Km <sup>2</sup> . DORSAL MORTE PATAGONIA	1	Jacobaci - Valcheta 23.300 Km <sup>2</sup> .	3a.	2	Sierra Grande 19.750 Km <sup>2</sup> .	1a.	3	Pire-Mahuída Sacanana 12.000 Km <sup>2</sup> .	2a.	
			Metamorfitas y plutonitas / precámbricas (?) Sedimentitas eopaleozoicas -Plutonitas / carbónico-pérmicas. Vulcani- tas Jurásicas mesosilíceas. Sedim. cont. Cret. y Terciarios.		Plutonitas metamorfitas y se- dimentos Paleozoicos. Vulca- nitas Triásico-Jurásicas, se- dimentitas continentales / / Cretácicas y marinas terciarias.		Vulcanitas ácidas terciarias Basaltos terciarios y cuater- narios. Belictos de sedimen- titas cretácicas y terciaria- s.				
XIII	72.420 Km <sup>2</sup> . MACIZO CENTRAL DEL CHUBUT	1	Paso de Indios Telsen 26.420 Km <sup>2</sup> .	1a.	2	Las Plumas Camarones N. 20.500 Km <sup>2</sup> .	1a.	3	Sarmiento Camarones S. 16.750 Km <sup>2</sup> .	2a.	4
			Vulcanitas mesosilíceas y / sedimentitas contin. Jurási- cas. Predominio de sedimen- tos clásticos y tuftíticos / ácidos del Cretácico. Sedim. marin. terc. Basaltos neógen.		Basamento volcánico-sedimen- tario continental-jurásico. / Sedimentos continentales Cre- tácicos y marinos terciarios terciarios. Vulcanitas ácidas y basaltosinos. terciarios.		Vulcanitas y sedimentitas ju- rásicas. Sedimentos continen- tales Cretácicos y marinos / terciarios. Basaltos neóge- nos y piroclásticos cretácicos. Basaltos neógenos.				
XIV	34.200 Km <sup>2</sup> . MACIZO CENTRAL DE SANTA CRUZ	1	La Manchuria 24.200 Km <sup>2</sup> .	1a.	2	Bahía Laura 10.000 Km <sup>2</sup> .	2a.				
			Porfiritas jurásicas. Giro- nes aislados de sedimenti- tas continentales Cretáci- cas. Basaltos Terciarios- Cuaternarios.		Basamento porfirico jurási- co con afloramientos disper- sos de sedimentitas conti- nentes Cretácicas y mari- nas terciarias.						

1		2		3		4	
Lago - Fontana - Lago Buenos Aires 13.250 Km <sup>2</sup> . 2a.		Río Pinturas - Lago Belgrano 11.750 Km <sup>2</sup> . 1a.		Lago Argentino - C <sup>o</sup> Principio 11.750 Km <sup>2</sup> . 3a.		Río Santa Cruz 4.700 Km <sup>2</sup> . 4a.	
Metamorfitas devónicas. Sedimentos continentales Triásicos-Piroclásticas y sedimentos jurásicas. Depósitos cont. Cretácicos. Plutonitas vulc. y sedim. cont. Terciario.		Serie volcánica sedimentaria jurásica sobre basamento pre-triásico (metamorfitas y vulcanitas) Depósitos marinos Cretácico inf. y sedim. cont. Cretác. - Terciarios.		Metamorfitas devónicas (pi-zarras, etc) y plutonitas. Sedimentos marinos Cretácico superior y superior. Depósitos Efusivos e intrusivos meso-marinos del eógeno. Basaltos/silíceas Terciarias. Sedim. cont. clásticos Terciarios.			
5		Río Turbio 3.500 Km <sup>2</sup> . 3a.					
Sedimentos continentales // clásticos terciarios (Paleoceno al Mioceno). Depósitos fluvio-glaciales cuaternarios.							

CORDILLERA PATAGÓNICA SUR

44.950 Km<sup>2</sup>.

XV

## RESUMEN

1a. PRIORIDAD		2a. PRIORIDAD		3a. PRIORIDAD		4a. PRIORIDAD		TOTALES	
Cantidad de Unidades	Km <sup>2</sup> .	Cantidad de Unidades	Km <sup>2</sup> .	Cantidad de Unidades	Km <sup>2</sup> .	Cantidad de Unidades	Km <sup>2</sup> .	Cantidad de Unidades	Km <sup>2</sup> .
20	250.000	18	250.000	15	160.000	12	90.000	65	750.000

Resulta así probable estimar para las unidades litoestratigráficas ígneas y metamórficas que cubren el intervalo entre el Precámbrico y el Paleozoico Medio, la posible presencia predominante de modelos con hábitos “filonianos” y de “dispersión”. La existencia de indicios y yacimientos con esas yacencias en el país convalidan estas especulaciones (agrupamiento Santa Victoria en Ambiente I, Sañogasta en Ambiente IV, Dto. “Los Gigantes” en Ambiente III, etc.).

En el intervalo Carbónico-Pérmico-Triásico, las características litoestratigráficas de sus secuencias acuerdan perspectivas de ubicar los modelos de “uranio en areniscas” en las sedimentitas continentales clásticas que ocupan diversas cubetas intracrótónicas en ese lapso geológico, y los modelos de hábito “filoniano” y “dispersión” en las series ígneas (especialmente volcánicas ácidas) de igual edad. Ambos modos de yacencia en unidades líticas de esta edad se han ubicado en Argentina. (Guandacol – Hachal en Ambiente VI, Sierra Pintada en Ambiente VIII para los modelos peneconcordantes y en Cacheuta y Carrizal en Ambiente VI, etc., para hábitos vetiformes).

Durante el Mesozoico Medio Superior y preferentemente en el Cretácico Medio, las perspectivas de ubicar yacimientos de uranio se circunscriben a los modelos peneconcordantes, lenticulares, etc. en sedimentos en tres grandes cubetas cretácicas:

- Cuenca andina norte – Ambiente regional I
- Cuenca del geosinclinal andino – Ambiente regional IX
- Cuenca del Chubut – Santa Cruz – Ambiente regional XIII

La Cuenca andina proporciona un modelo de uranio peneconcordante en sedimentitas marinas de plataforma, que no son muy comunes en el mundo. En las otras dos cuencas el “modelo” predominante correspondería al tipo clásico “uranio en areniscas”, del que se han ubicado numerosos indicios y yacimientos (Distrito Malargue, etc., Ambiente regional IX y Distrito Pichiñán, Ambiente XIII).

Finalmente el Terciario marca un período metalogénico que posee perspectivas de contener los modelos de “uranio en areniscas” y “supérgenos” en las sedimentitas continentales clásticas y químicas; y los modelos “filonianos” e “intramagmáticos” en las series volcánicas del magmatismo andino. Diversas anomalías y yacimientos de uranio se han ubicado en el país bajo esos modelos en unidades líticas sedimentarias e ígneas de edad terciaria (Distrito Cosquín – Ambiente III “peneconcordante” y Distrito Papagayos en Ambiente VI con “hábito filoniano”).

Cabe quizás una consideración final para algunos sedimentos de edad cuaternaria que suelen aflorar en algunos Ambientes del país y donde cabría la perspectiva de ubicar yacimientos de uranio del tipo “calcrete”. Es probable que recientes descubrimientos de uranio en “caliches” del Ambiente regional XIII pudiesen pertenecer a estos modelos.

### *2.3.2. Evolución de la prospección y exploración de recursos uraníferos argentinos*

En 1950, con la creación de la Dirección Nacional de Energía Atómica y la colaboración de la Universidad Nacional de Cuyo se inician algunos programas locales de prospección terrestre y la revisión de algunos indicios conocidos. Desde 1956, las tareas inherentes a las materias primas nucleares se concentran en la Comisión Nacional de Energía Atómica, organismo que se ocupó, hasta 1960, de integrar sus cuadros técnicos, de organizar y equipar sus laboratorios y comisiones geológicas y, en especial, de capacitar a su personal.

En 1961 se inician planes sistemáticos de prospección-exploración y se evoluciona en la aplicación de métodos y técnicas para optimizar sus alcances, logrando los primeros resultados sobre las condiciones de distribución y yacencia geológica del uranio en el territorio nacional.

El año 1969 marca un hito fundamental en esa evolución, pues se inician los primeros estudios geológico–uraníferos integrados a nivel nacional, lo que permite delimitar los Ambientes y Unidades con favorabilidad geológico–uranífera, procediendo a su clasificación, ordenamiento de prioridades y estimación de su potencial uranífero, a fin de orientar los lineamientos técnico-políticos más adecuados para su desarrollo.

Pese a contar con sólidos fundamentos técnicos surgidos de esos estudios, limitaciones presupuestarias redujeron los alcances de los correspondientes programas de prospección-exploración del país. De ahí viene que hasta la fecha solo se cuente con un conocimiento parcial y de un número reducido de las Unidades de prospección clasificadas como de elevada favorabilidad geológico–uranífera. El resto de esas Unidades todavía no han sido reconocidas o bien cuentan solo con etapas de reconocimiento muy preliminares y locales, cuyos resultados inconclusos suelen dejar abiertas, totalmente, las favorabilidades de sus expectativas uraníferas.

A pesar de esas limitaciones se logró el descubrimiento de centenares de anomalías radiométricas e indicios de uranio que, convenientemente clasificados y ordenados, permitieron iniciar la confección de un Registro Nacional de Indicios e incrementar los conocimientos sobre la distribución y condiciones de yacencia geológica del uranio en el país.

Esos ordenamientos facilitaron la selección de 306 anomalías de interés y su clasificación según diferentes niveles de importancia y prioridad con fines a su exploración.

El Cuadro VIII detalla la distribución de esos indicios según la edad de las rocas portadoras, el modelo metalogénico genérico adjudicado a sus yacencias y la ubicación en los “Ambientes regionales”.

A su vez, la consideración de esas anomalías en el cuadro geológico donde yacen permitió en algunos casos reunir las Agrupamientos o Distritos (Fig.5) que constituyen el “ámbito areal de mayor favorabilidad” a los efectos de

CUADRO VIII. DISTRIBUCION DE LOS INDICIOS URANIFEROS

Edad geológica roca portadora	Nº de depósitos con hábitos peneconcordantes lenticulares etc., en sedimentos	Idem con hábitos “filonianos”, “intramag- máticos”, etc.	Total Nº indicios	Ambientes Reg. donde se ubican
Terciario Inf/Sup	9	10	19	I, II, III, IV, VI
Cretácico	127	3	130	I, IX, XIII, XIV
Jurásico	5	2	7	IX, XI, XIV
Triásico	2	18	20	III, IV, VI, VIII
Pérmico	14	11	25	IV, VI, VIII
Carbónico	44	9	52	III, IV, VI, VIII
Paleozoico Inf/Med	---	48	48	I, III, IV, V, VI
Precámbrico?	---	4	4	III
Totales	201	105	306	

planificar en él los programas de exploración para reconocer la continuidad y eventual repetición de los cuerpos conocidos en profundidad, etc. La diferencia entre ambos estriba en el hecho de que los Distritos constituyen entidades con yacimientos económicos explotados o con programas de producción en ejecución.

Se logró así discriminar 40 “Agrupamientos de indicios” y 14 “Distritos uraníferos” que se detallan en el Cuadro IX, con discriminación de los hábitos de yacencia y edad geológica de los yacimientos e indicios dentro de sus límites.

Las limitaciones presupuestarias afectaron también los programas de exploración de esos “Agrupamientos” y “Distritos” reduciendo las posibilidades de desarrollar los recursos potenciales de uranio que se estima existen en los mismos. Un ejemplo de ello es el reducido metraje de perforaciones ejecutadas en esos programas desde 1952 a 1978: 230 000 m de sondeos totales para el país, y las “reservas” cubicadas hasta esa fecha: RRA 27 000 t de  $U_3O_8$ , lo que da una relación inmejorable de 8 m de sondeos por t de  $U_3O_8$  cubicada y abre un amplio campo de expectativas para el desarrollo de sus RAE.



FIG. 5. Ubicación de Agrupamientos y Distritos uraníferos.

CUADRO IX. INDICIOS, AGRUPAMIENTOS Y DISTRITOS URANIFEROS

REFERENCIAS: ⊕ Hábito: "uranio en areniscas" · ⊞ Hábito: "filoniano" - "dispersión"

AMBIENTE REGIONAL	AGRUPAMIENTO DE INDICIOS	DISTRITO DE URANIO con Yac. Econ.	EDAD roca portadora y modelo metalogénico genérico de su yacencia									
			Pre t	Pi-m	Ca	Pe	Ta	J	K	T		
I	Humahuaca			1 ⊞						2 ⊕		
	Santa Victoria			5 ⊞								
	C° Bayo - Don Bosco									4 ⊕		
	Cta. Obispo - Amblayo	TONCO								11 ⊕		
	Pampa Grande									4 ⊕	1 ⊞	
II	Indicios Simples No Agrupados											
		Los Gigantes		2 ⊞								
		Cosquín									2 ⊕	
		Comechingones		4 ⊞								
III	Guasayán										2 ⊕	
	Jacimampa		2 ⊞									
	Malazán				2 ⊕							
	Chepes			3 ⊞	1 ⊕							
	Ulapes			5 ⊞								
	Talpaya			5 ⊞	1 ⊕							
	San Roque	Los Colorados			1 ⊕			1 ⊞				
	Umango		2 ⊞									
		Indicios Simples No Agrupados										
			Sañoagasta		4 ⊞							2 ⊕
IV		Tinoagasta		3 ⊞								
	Angulos							3 ⊕				
	Cuesta Miranda			6 ⊞	1 ⊕							
	Indicios Simples No Agrupados											
				6 ⊞	3 ⊕							
V	Colanquíl											
	Indicios Simples No Agrupados											
				3 ⊞				2 ⊞				
VI	Guandacol - Jachal				4	2 ⊕					1 ⊞	
		Guandacol		1 ⊞	2 ⊕							
	Cacheuta						11 ⊞					
	Médano Rico	Carrizal			5							
		Papagayos							2 ⊕		3 ⊞	
	Indicios Simples											
					1 ⊕						1 ⊕	
VII	A. del Toro - El Alumbre							2				
	Cta. Los Terneros-La Mora							3 ⊕	4			
		Sa. Pintada						3 ⊕				
	Nihuil - Valle Grande				1 ⊕	1 ⊕		3				
	La Escondida							4				
	Indicios Simples No Agrupados											
							1 ⊕				1 ⊕	
IX	Pampa Amarilla									11 ⊕		
	Ranquil-Co									3 ⊕		
	Rahueco							5 ⊕				
	Los Chihuidos									19 ⊕		
	Las Cárceles									2 ⊕		
		Huemul								1 ⊕		
	Indicios Simples No Agrupados											
										4 ⊕	1 ⊞	
XI	Indicios Simples No Agrupados											
									1 ⊞			
XIII	Cuchilla Blanca										4 ⊕	
	Carhue - Niyeu										4 ⊕	
	Pichiñán Oeste	Pichiñán									11 ⊕	
	La Salteada										8 ⊕	
	Las Plumas										4 ⊕	
	Las Lagunitas										2 ⊕	
	Berwin										2 ⊕	
	Sierra Negra										6 ⊕	
	Laguna de Los Paez										3 ⊕	
	Talquino										1 ⊞ 4 ⊕	
	Cañadón Visser										3 ⊕	
	Rfo Chico											
			Los Adobes									5 ⊕
		Sa. Cuadrada									3 ⊕	
	Indicios Simples No Agrupados											
										1 ⊞ 6 ⊕	1 ⊞	
XIV	Indicios Simples No Agrupados											
									1 ⊞	1 ⊞	1 ⊞	

TOTALES ..... 4 ⊞ 48 ⊞ 9 ⊞ 11 ⊞ 18 ⊞ 2 ⊞ 3 ⊞ 10 ⊞  
 4 4 ⊕ 14 ⊕ 2 ⊕ 5 ⊕ 127 ⊕ 9 ⊕

### 3. ESTIMACION DE LOS RECURSOS URANIFEROS DE LA ARGENTINA

Para la evaluación de los recursos de uranio en Argentina se han utilizado algunas definiciones sugeridas por el OIEA y métodos y principios de explotación propios de la CNEA.

Se integran así una serie de cuadros que evalúan, por un lado, las “Reservas” de uranio sobre las que se planifican los programas nacionales de instalaciones de reactores, etc. y, por el otro, sus recursos especulativos, que establecen las perspectivas geológicas potenciales del país, a los fines de considerar los lineamientos técnico-políticos más adecuados para su desarrollo.

#### 3.1. Estimación de las “Reservas”

Para la estimación de las reservas se utilizan las técnicas convencionales de evaluación, complementadas en algunos casos con la aplicación de algunos métodos estadísticos y geoestadísticos, y se siguen los principios de clasificación según ordenamientos en niveles de certidumbre y economicidad sugeridos por el OIEA (Cuadro X).

Para la distribución de los valores del Cuadro X, según Ambientes regionales y Distritos uraníferos del país, sírvanse consultar el Cuadro XI.

Si sintetizamos las cifras en los cuadros metalogénicos y cronoestratigráficos del uranio en el país, observamos que los mismos se distribuyen según detalle:

- Por edad geológica de la roca portadora
  - 7 000 t de  $U_3O_8$  en el Terciario
  - 9 000 t de  $U_3O_8$  en el Cretácico
  - 30 000 t de  $U_3O_8$  en el Permo – Carbónico
  - 5 000 t de  $U_3O_8$  en el Paleozoico Inf-Medio
  
- Según modelo metalogénico generalizado de sus yacencias
  - 44 500 t de  $U_3O_8$  en yacimientos de hábitos sedimentarios peneconcordantes, lenticulares, etc. genéricamente definibles como “Uranio en areniscas”
  - 6500 t de  $U_3O_8$  en yacimientos de hábitos “filonianos”, “dispersión” etc.

#### 3.2. Estimación de los “Recursos especulativos”

Para esta estimación se elaboró un método evaluativo que, dentro del esquema de extrapolaciones y especulaciones teóricas que implica su aplicación, intenta alcanzar el máximo grado de objetividad en sus resultados.

CUADRO X. ESTIMACION DE LAS RESERVAS SEGUN NIVELES DE CERTIDUMBRE Y CATEGORIAS ECONOMICAS

Categorías de Certidumbre	Categorías Económicas	<30 dólares/lb de U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (t de U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )	30-50 dólares/lb de U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (t de U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )	> 50 dólares/lb de U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (t de U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )	Totales (t de U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )
RRA <sup>a</sup>		27 000	6 000	3 000	36 000
RAE <sup>b</sup>		4 500	6 000	4 500	15 000
Totales		31 500	12 000	7 500	51 000

<sup>a</sup> Recursos razonablemente asegurados.

<sup>b</sup> Recursos adicionales estimados.

CUADRO XI. DISTRIBUCION VALORES SEGUN AMBIENTES REGIONALES Y DISTRITOS URANIFEROS

AMBIENTE REGIONAL	DISTRITO	RRA <sup>a</sup> (t de U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )		RAE <sup>b</sup> (t de U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )		Totales (t de U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )
		<30 dólares lb/U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	30-50 dólares lb/U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	<30 dólares lb/U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	30-50 dólares lb/U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	
I	"Tonco Amblayo"	1 500	500	--	150	2 150
I	"Pampa Grande"	800	850	--	--	1 650
III	"Los Gigantes"	1 400	500	500	500	4 400
III	"Comechingones"	100	200	--	250	750
III	"Los Colorados"	100	100	--	--	300
III	"Cosquín"	3 300	400	1 000	1 000	6 700
IV	"Tinogasta"	100	350	--	200	650
VI	"Guandacol"	--	450	--	200	650
VIII	"Sierra Pintada"	19 000	1 500	2 000	2 500	29 000
XIII	"Sierra Pichinán"	500	200	500	500	1 700
XIII	"Sierra Cuadrada"	100	100	--	200	400
IV-VI	De varios distritos menores	100	850	500	500	2 650
	TOTALES	27 000	6 000	4 500	6 000	51 000

<sup>a</sup> Recursos razonablemente asegurados.

<sup>b</sup> Recursos adicionales estimados.



El método se fundamenta en la aplicación para cada “unidad geológica” a evaluar, de una fórmula donde se han integrado los siguientes parámetros básicos:

- *Índice de favorabilidad geológico—uranífera (IFGU)*, estimado según se describe en 2.2.2.
- *Módulo de “densidad de la mineralización” (D)*, calculado de la relación: Tonelaje  $U_3O_8\%$ . Superficie promedio de los depósitos conocidos en la unidad a evaluar. Si no existen depósitos conocidos, se utilizan 2 “módulos tipo”, uno para “ambientes sedimentarios” (sedimentitas clásticas continentales, o marginales con perspectivas de modelos de tipo “uranio en areniscas”) y otro para los “zócalos” (intrusivos, efusivos, metamorfitas, etc. con probabilidades de modelos de hábito “filoniano”, “dispersión”, etc.). Los valores de esos “módulos tipo” se calculan según parámetros promedios de espesor, leyes y superficies con que suelen presentarse esos modelos metalogénicos en nuestro país. En el primer caso, el módulo se estima para una “reserva promedio” de 100 t de  $U_3O_8$  sobre una superficie de 0,04 km<sup>2</sup> (h espesor = 1 m; x ley = 1‰  $U_3O_8$ ); en el segundo caso los valores descienden a 50 t de  $U_3O_8$  para esa misma superficie (h = 0,5, y x = 1‰  $U_3O_8$ ).
- *“Factor de corrección” (K)*. Corresponde al factor de repetición de la densidad de la mineralización”. Se estimaron 2 factores para “ambientes sedimentarios” y “zócalos” utilizando las relaciones de regiones de esas características conocidas en el mundo (Wyoming Colorado en E.E.U.U., Arlit en Níger para los “sedimentos”, y Granitos Hercínicos de Francia, etc. para los “zócalos”).
- *“Área” (A)* de la “unidad geológica” a evaluar. Esta superficie se estimará extrapolando desde los afloramientos de la unidad hasta una profundidad de eventual explotabilidad económica.  
Estos parámetros se integran en la fórmula según detalle:  
Recursos especulativos = (IFGU) · A · D · K.

Los resultados de cada unidad geológica evaluada fueron discriminados en 3 niveles de confiabilidad acorde a sus IFGU, a fin de clasificar estos recursos según las siguientes escalas:

- REAF: Recursos especulativos de alta favorabilidad con un IFGU entre 10 y 6
- REMF: Recursos especulativos de mediana favorabilidad con un IFGU entre 6 y 4
- REBF: Recursos especulativos de baja favorabilidad con un IFGU menor de 4.

Las “unidades geológicas” evaluadas se integraron a nivel de los Ambientes regionales delimitados en el país, cuyos valores preliminares se reflejan en el Cuadro XII (estimación de 1976).

Las bases especulativas de esta estimación hacen suponer que se deberán producir lógicas variables en esas cifras a medida que se avance en la prospección-exploración del país, que se incremente a nivel nacional el conocimiento de la distribución y yacencia del uranio y que se amplíen a nivel mundial los antecedentes sobre la Geología del uranio y sus modelos metalogénicos.

## DISCUSSION

P.D. TOENS: Is it not dangerous to compound speculative resources with reserves and does this not go against the recommendations of the IAEA and INFCE?

A.E. BELLUCO: It is possible that I did not express myself clearly on this point when I gave my paper. I should therefore explain that the two estimates are independent and that they both basically satisfy the relevant requirements of the IAEA.

F. RODRIGO: I would just like to add a word of explanation here. The table is perhaps not sufficiently clear but I believe the information complies strictly with the IAEA requirements. The first row (RRA) shows the reasonably assured resources. The first figure of 27 000 t  $U_3O_8$  corresponds to the estimate for costs of up to US \$80/kg U; the subsequent figures refer to the other cost categories. The second row (RAE) shows the estimated additional resources. The speculative resources correspond to the new category introduced by the Agency and we believe that we have supplied the relevant information here.

M. MARTIN: I would be interested to know the density of the reference points, expressed as the number per linear or square kilometre, so as to get a quantitative idea of the geological favourability indices for uranium in the various geological units mentioned.

A.E. BELLUCO: To estimate the geological-uraniferous favourability, we have used in each prospecting unit for Argentina all the data provided by the results of the different general prospecting techniques so far used (airborne, geochemical, etc.) plus all the speculative geological uranium parameters resulting from a knowledge of the regional geology and from the numerous trips made in the different areas. However, it is impossible to give a density for this sample of the geological uranium parameters; what we can confirm is that the values differ very much, depending on whether general prospecting has been carried out in the zones or not.

P.M. BARRETTO: What is the position of the Cretaceous and Tertiary formations with regard to uranium favourability in the direction towards Bolivia and Chile?

A.E. BELLUCO: The uranium-bearing geological formations of the Cretaceous in Argentina correspond to geological units with distinct environments and deposition conditions, and it is therefore necessary to treat them separately when considering the possibility of extrapolating this favourability into neighbouring countries. The Yacoraite Formation (Cretaceous) in northern Argentina is made up of uranium-bearing sandstones and carbonaceous pelites and constitutes part of the fill of a marine basin which stretched from Bolivia to a latitude of 27° south. On the western edge of this basin there is a belt with uranium anomalies (where deposits are already being worked in the El Tonco district) approximately 200 km long and 20–50 km wide; these anomalies were fed from a fertile area with Eopalaeozoic granites (Cachi zone). The southern and eastern boundaries of the basin are sterile and have a quite different source area. It may be possible to extrapolate the western edge of the basin into Bolivia, but studies would have to be made to see whether the same fertile source conditions are maintained.

The Upper Cretaceous of the Mesozoic basin of the Cuyo region (Mendoza and Neuquén provinces) in the west central part of Argentina is made up to the Diamante Formation (1000 m thick), which is of continental origin and marks the regression of the Jurassic Lower Cretaceous sea. This gave rise to a cycle of red-bed-type continental molasse deposits with sandstones and grey conglomerates yellowed by discoloration with epigenetic bitumen in the cement matrix and interspersed red pelite levels. These lie in relatively smooth structure with dips of up to 30°. The source area for these sediments on the eastern edge is presumably the lithological sequences of an acidic Permo-Triassic magmatism which are considered to be uranium-fertile in Argentina; this condition and the clastic nature of the material close to the sources have given rise to numerous anomalies and uraniumiferous districts (Malargue, etc.) with economic deposits in the Diamante Formation. We have observed that this lithological condition changes progressively as we go towards the west (in the direction of the Chilean border), where the sediments become finer. The clastic fractions show no discoloration because reducing conditions are absent (there are probably no bitumens), and they finally appear in a tectonic deformation stage exhibiting strong folds which reduce the geological uraniumiferous favourability.

The Cretaceous in the San Jorge Gulf basin in central Patagonia (southern Argentina) also corresponds to red-bed-type continental deposits with organic material in the form of carbonaceous logs and leaves with which are associated uranium minerals. This is a basin which contains numerous anomalies and districts with economically workable deposits. It is limited to the territory of Argentina and there seems no possibility at the moment of extrapolation to Chile. The Tertiary of the sub-Andean Sierras in northern Argentina is made up of a powerful sequence of sandstones and continental fluvial and lacustrine

pelites with the remains of carbonaceous plant material; this is associated with uranium in indices and anomalies that have not yet yielded economic deposits, although I should say that the area has been little explored. These formations extend into Bolivia in the same morphostructural unit (sub-Andean Sierra), and I believe that their lithology and favourability are similar to those in Argentina.

H.J. GOSO: There are two large evolutionary zones in the geology of South America – an Atlantic zone, a Pacific zone, if we may so describe them. Could you say something about the general favourability characteristics associated with the Atlantic zone in Argentina, especially in the central and northern parts of the country?

A.E. BELLUCO: I am afraid I cannot answer this question because the regions included in this area of Argentina have not been evaluated for geological uranium favourability.

**Printed by the IAEA in Austria**