

RG

061.3: 550.8:

558.495 (8)

R 318

1978

05.81.05

IAEA-AG-162/15

ANTECEDENTES DE LA PROSPECCION Y ANALISIS DE LA FAVORABILIDAD GEOLOGICO-URANIFERA DEL PERU

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

J. SOSA, G. ARROYO
 División de Materias Primas,
 Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN),
 Lima, Perú.

A.E. BELLUCO *Alberto Esteban*
 Experto del OIEA,
 Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA),
 Cruz, Mendoza, Argentina

Abstract-Resumen

INFORMATION ON PROSPECTING AND ANALYSIS OF THE GEOLOGICAL URANIFEROUS FAVOURABILITY OF PERU.

The activities carried out in Peru from 1958 until 1975 in search of uranium deposits are described. In 1976 the 'Peruvian Nuclear Plan' was approved, and the Peruvian Institute of Nuclear Energy/Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) was given the responsibility of organizing and carrying out all activities related to uranium exploration and production in the country. The programme is under implementation and comprises organization of infrastructural support, training of technical personnel, selection of favourable areas, and exploration and adoption of the most favourable national policy to permit development of the national uranium resources. The criteria applied for definition of the 'uranium favourability' of the main Peruvian geological environments are described, taking into account geological composition and concepts relating to the metallogenesis and control of uranium deposits. The results of this area selection are reported.

ANTECEDENTES DE LA PROSPECCION Y ANALISIS DE LA FAVORABILIDAD GEOLOGICO-URANIFERA DEL PERU.

Se describen las actividades de búsqueda de yacimientos de uranio desarrolladas en el Perú entre 1958 y 1975. En 1976 fue aprobado el "Plan Nuclear del Perú" y se confió al Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) la responsabilidad de organizar y realizar todas las actividades relacionadas con la exploración y producción de uranio en el país. El programa se está ejecutando y comprende la organización de servicios de infraestructura, la capacitación de personal técnico, la selección de zonas favorables, y el estudio y adopción de la política nacional más propicia para la explotación de los recursos nacionales de uranio. Se describen los criterios aplicados para la definición de la "favorabilidad uranífera" de los principales ambientes geológicos peruanos, teniendo en cuenta la composición geológica y los conceptos relativos a metalogénesis y factores que influyen en los yacimientos de uranio. Se indican los resultados de esta selección de zonas.

1. INTRODUCCIÓN

La República del Perú ha confiado al Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) la tarea de organizar y realizar todas las actividades relacionadas con la exploración y producción de uranio en el país. Para ello, este organismo está llevando a cabo el análisis preliminar de la favorabilidad geológica, capacitando a su personal técnico y estableciendo el encuadre técnico-político que permita descubrir y evaluar los posibles recursos uraníferos del Perú, con el apoyo eventual de terceros y en el marco del máximo interés y salvaguardia nacional.

2. ANTECEDENTES

La prospección de uranio en el Perú se inició en 1968 a través de la Junta de Control de Energía Atómica (JCEA, actualmente IPEN). Las condiciones operativas restringidas y los recursos económicos insuficientes con que la institución debió actuar durante un prolongado período de sus actividades, limitaron sus acciones y los objetivos de su División Materias Primas de reconocer la favorabilidad uranífera del país.

En una primera etapa (1958–63) y con el apoyo de la USAEC, estas actividades se orientaron al reconocimiento radiométrico de los principales yacimientos polimetálicos conocidos hasta esa fecha en la Cordillera de la Costa y Cordillera Occidental. Pese a que los estudios no fueron completos en cuanto al grado de cobertura de las zonas reconocidas, se ubicaron diversas anomalías de uranio, asociado éste a otros metales en poca cuantía. Algunas tareas menores de exploración definieron el carácter no comercial de esos descubrimientos, cuyos detalles de yacencia geológica se sintetizan a continuación:

- Manifestaciones uranotoríferas, asociadas a pegmatitas en rocas ácidas de edad paleozoica a precámbrica: Pampacolca, San Francisco, Quilca, etc.;
- Uranio asociado a metalización paleozoica (tardihercínica?), en relación con mineralización de níquel, cobalto, cobre, etc., de hábito filoniano: Vilcabamba (Prov. Andina Oriental);
- Manifestaciones de uranio asociadas a la metalogénia neocretácica-terciaria del Perú (Fig. 1) y relacionadas con mineralización de cobre (molibdeno), hábito filoniano: minas Eliana-Raquel, etc. (subprovincia cuprífera de la vertiente del Pacífico), así como con la mineralización de cobre, plomo, zinc, plata, mercurio, etc., hábito filoniano, mantos, tubos de brecha, etc.: Sayapullo, Colquijirca, Restauradora, etc. (subprovincia polimetálica del altiplano).

Otras manifestaciones de esta época mostraban su uranio asociado a fosfatos en sedimentos terciarios (Bayóvar), a travertinos, etc.

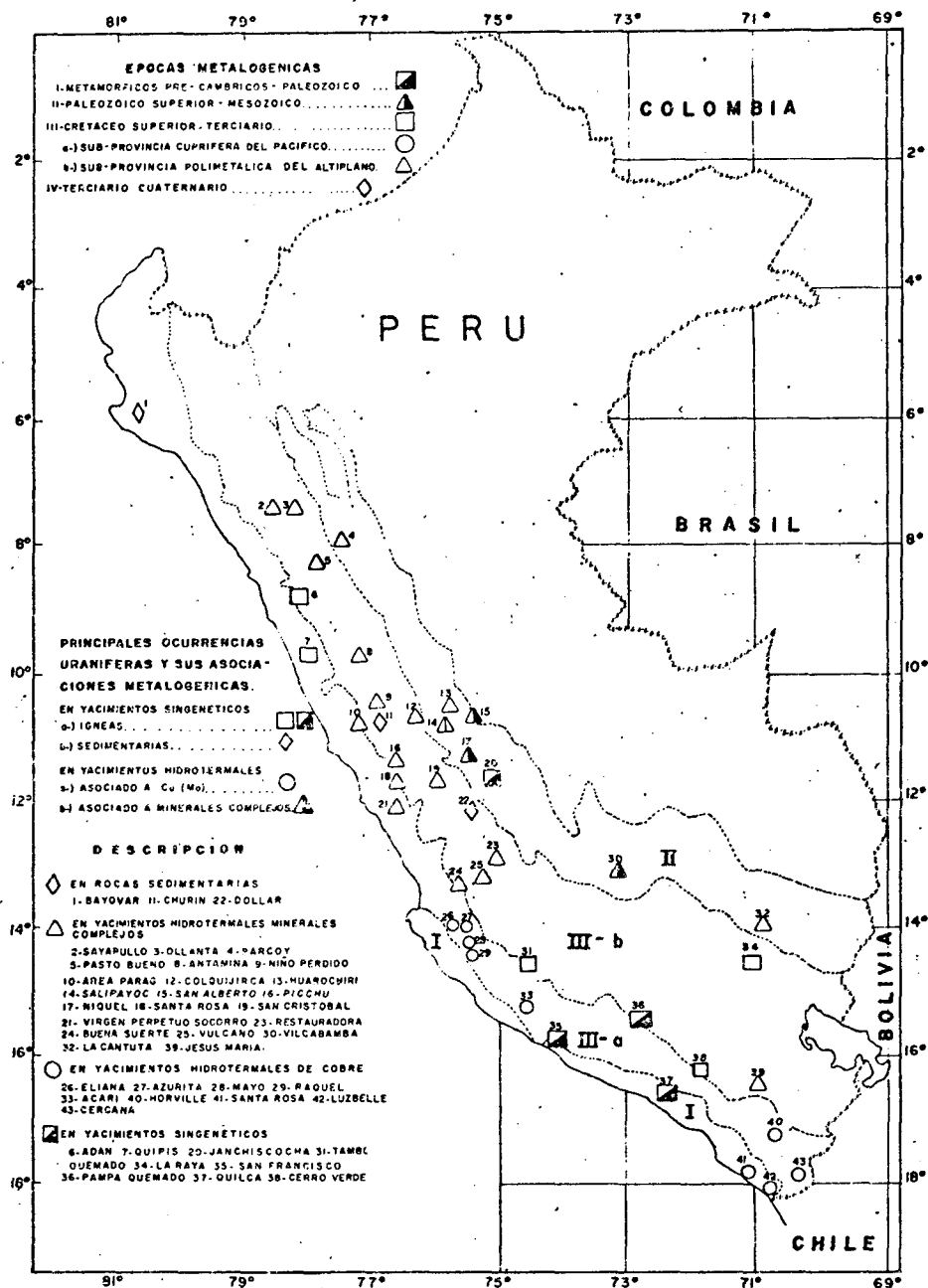


FIG.1. Manifestaciones de uranio asociadas a la metalogenia del Perú.

Como tareas complementarias en ese período se ejecutaron algunos itinerarios de reconocimiento geológico-radiométrico y revisiones locales de algunas secuencias litroestratigráficas continentales, clásticas, cretácicas y terciarias que reunían condiciones de aparente favorabilidad uranífera en el centro y sur del país.

Algunas conclusiones radiométricas areales de esa época indujeron a considerar que el gradiente de la mineralización decrecía hacia el este y, paralelamente, la favorabilidad uranífera para los yacimientos en modelos de hábito filoniano se incrementaba en esa misma dirección.

En el período 1963–70, las tareas se restringieron sensiblemente y, desde 1971 al 75, se fueron reactivando en forma paulatina, aunque siempre con recursos muy distantes de los necesarios para el logro de una resultante eficiente.

En 1976, el IPEN inició la primera etapa (1976–81) del “Plan Nuclear del Perú”, que preveía para el sector responsable del desarrollo de sus recursos uraníferos:

- Organizar una infraestructura técnica y la correspondiente capacitación de su personal en el campo de la prospección, exploración, desarrollo y tratamiento de menas de uranio
- Elaborar un cuadro preliminar de favorabilidad geológico-uranífera del país a fin de establecer el dimensionamiento técnico-financiero tentativo de su investigación.
- Aplicar el Programa Nacional de Prospección uranífera con una concepción metodológica y una dimensión de explotación acorde a los resultados del punto anterior.
- Analizar el lineamiento técnico-político más adecuado según esos antecedentes, para conformar el conocimiento y eventual explotación de los recursos de uranio del país.

El Plan Nuclear mereció por su importancia la aprobación de las autoridades nacionales y la colaboración del PNUD-OIEA a través de un Convenio de Asistencia Técnica de 3 a 5 años de duración, iniciado en 1977.

3. OBJETIVOS ALCANZADOS

Hasta la fecha se han logrado sustanciales avances en las actividades programadas y se estima factible completar los objetivos finales con el apoyo sostenido a la institución.

Los objetivos iniciales alcanzados se sintetizan en los siguientes logros:

- Integración en la División de Materias Primas del IPEN de los cuadros orgánicos necesarios para una actuación técnica adecuada e implementación de la correspondiente infraestructura de apoyo logístico-administrativo.

- Organización, equipamiento y puesta en marcha de diversos laboratorios de investigación y apoyo a las actividades de prospección (laboratorios de geoquímica, preparación de muestras para mineralogía-petrografía, gabinetes de fotogeología, topografía, cartografía-dibujo, etc).
- Capacitación y entrenamiento del personal técnico en geología del uranio, y en las metodologías de prospección radiométricas pedestre, autoportada, geoquímica y aérea.
- Primer encuadre tentativo de la favorabilidad geológico-uranífera del Perú, con delimitación, cuantificación y priorización de sus unidades de prospección.
- Dimensionamiento preliminar del Programa Nacional de Prospección y, dada su gran superficie (700 000 km²), elaboración de un proyecto del instrumento jurídico que posibilite la participación de terceros en la prospección, bajo el control prioritario de los intereses y seguridad del Estado.

4. ESTIMACION DE LA FAVORABILIDAD GEOLOGICO-URANIFERA DEL PERU

4.1. Reseña de la evolución geológica y sus posibles relaciones con fases del ciclo geoquímico del uranio

En las diversas etapas que integran los distintos "ciclos geológicos" desarrollados en el Perú desde el Precámbrico al Cuaternario, es factible considerar eventuales participaciones del uranio, acorde a las diversas fases que integran su ciclo geoquímico.

Los hem ciclos endógeno y exógeno de ese ciclo pueden haber participado:

- En las fases de los magmatismos ácidos de sus orogenias paleozoicas, mesozoicas y cenozoicas, generando zonas de aporte fértil y, eventualmente, depósitos filonianos.
- En los largos períodos de erosión, liberando el posible uranio lábil de las fuentes anteriores y, eventualmente, precipitándolo bajo los modelos de yacencia epigénica mundial en los ciclos de depósitos molásicos, neopaleozoicos, mesozoicos y terciarios.

La evolución geológica del Perú tiene su soporte en un basamento precámbrico cuyas condiciones litoestratigráficas se estima que tienen limitadas expectativas uraníferas, pues no se integra geológicamente en las características de favorabilidad de algunas series proterozoicas conocidas en el Escudo Brasileño. Sobre ese zócalo se dispone el Paleozoico Inferior en una secuencia de sedimentos marinos con una litología predominante areno-pelítica, a veces de facies flyschoides que rellenan un ámbito subsidente ubicado entre el zócalo precámbrico de la costa (macizo de Arequipa) al oeste y el Escudo Brasileño al este. Las facies litológicas de esta secuencia guardan limitadas expectativas de favorabilidad geológico-uranífera,

conociéndose pocos ejemplos de anomalías en la columna litoestratigráfica de esa edad en el edificio andino sudamericano.

En el Paleozoico Superior, la sedimentación se inicia con un carácter molásico parálisis, con depósitos marginales de edad carbónica e intercalaciones de facies marinas, detríticas y calcáreas, que culminan con sedimentos molásicos rojos, netamente continentales e intercalaciones de vulcanitas mesosilíceas y ácidas durante el Pérmico. Las diversas fases de la orogenia hercínica, además de sus efectos tectónicos dan lugar a un magmatismo granítico que, pese a su pobre desarrollo aflorante, muestra la presencia de facies intrusivas con especial participación de granitos, granodioritas calcoalcalinas, etc. La favorabilidad uranífera de este período podría estar inducida por el desarrollo de zonas de aporte fértil a nivel de los intrusivos ácidos del magmatismo hercínico y de zonas favorables por su condición de eventual recepción y precipitación del ion uranilo (facies molásicas carbónicas y pérmicas).

En el Triásico se inicia el Ciclo Andino con una secuencia de sedimentos que van hasta el Cretácico Superior constituyendo una columna litológica que se inicia en el Trias con depósitos marinos (calcáreas, areniscas y pelitas bituminosas) y ciclos intercalados de un magmatismo básico a mesosilicio; el Jurásico comienza con una serie continental clástica con más de 1000 m de areniscas rojas (Fm. Sarayaquillo) y marca una condición de sedimentación regional continental con variables locales a depósitos marinos; en el Dogger tiene lugar un evento orogénico que genera el geanticlinal del Marañón y dos cubetas a veces interconectadas, la del oeste hacia el mar abierto, con depósitos de pelitas negras e intercalaciones areniscosas, y la del oriente, que se comporta como una cubeta intracratónica con depósitos detríticos rojos.

La favorabilidad uranífera de esta secuencia quedaría circunscrita a las zonas de recepción que representan las series continentales jurásicas y parcialmente las triásicas.

En el Cretácico Inferior predominó una sedimentación de plataforma y en el Cretácico Superior se desarrolló una secuencia con variables litológicas determinadas por un ordenamiento paleogeográfico que determinó el desarrollo de una sedimentación marina en el ámbito occidental; y depósitos clásticos continentales con intercalaciones marinas locales en el este y sur del Perú.

Durante el Oligoceno, Mioceno y Plioceno se desarrollan depósitos marinos en el norte del Perú e importantes secuencias volcánico-sedimentarias continentales en el oeste y sur del país, con un aporte clástico desde el edificio andino ya estructurado en su actual porción morfoestructural.

La evolución de los ciclos se completa en el Cuaternario con depósitos marinos en la costa, depósitos lacustres y morrénicos en las cadenas de los Andes, e importantes secuencias clásticas continentales en los bordes orientales de la zona subandina.

El magmatismo cenozoico dió lugar al desarrollo de importantes depósitos piroclásticos de carácter ácido a mesosilícico, cubriendo gran parte del sur y flanco oeste de los Andes.

Nuevamente, las cupla (áreas de probable aporte con los diversos magmatismos descritos del Meso-Cenozoico) y las zonas de recepción (sedimentos clásticos continentales y marginales del Cretácico y Terciario) definen el nivel de favorabilidad de este intervalo geológico.

4.2. Definición y delimitación de "Ambientes geológico-uraníferos regionales" y "Unidades de prospección"

4.2.1. "Ambientes geológico-uraníferos regionales"

Los análisis de las condiciones geológico-fisiográficas generales del país permitieron establecer una primera delimitación de esos "Ambientes". Los fundamentos de esa limitación se basaron en la presencia predominante en cada uno de ellos, de determinadas condiciones litoestratigráficas, evolución geotectónica y yacencias estructurales y fisiográficas; lo que coincidió con las principales unidades morfoestructurales del país (Cuadro I).

4.2.1.1. Estimación generalizada de sus favorabilidades uraníferas

Para delinear el grado de sus perspectivas uraníferas se analizaron en esos ambientes los factores genéricos de favorabilidad que surgen del ciclo geoquímico del uranio y de las condiciones de yacencia de sus diversos modelos metalogénicos en el mundo, según detalle:

- a) *Condiciones litológicas.* Necesarias para considerar los parámetros teóricos de su favorabilidad para constituirse en
 - áreas fértiles de aporte de iones uranilo,
 - zonas favorables para la recepción y precipitación del ion uranilo.
- b) *Análisis cronoestratigráfico,* con el fin de correlacionar las unidades geológicas presentes en esos ambientes con los clásicos períodos metalogénicos de movilización y precipitación del uranio (Precámbrico, Neopaleozoico, Mesocenoico).
- c) *Condiciones geomorfológicas y de evolución geotectónica.* Se consideraron en forma generalizada los principales caracteres de la evolución geotectónica y paleogeográfica del país, distinguiendo: el ordenamiento evolutivo de sus diversas fases geosinclinales (con la deposición de sus correspondientes series sedimentarias) y las secuencias de sus diferentes ciclos orogénicos, a fin de relacionarlos con los procesos de movilización, circulación y precipitación del uranio.
- d) *Paragénesis del uranio con otras mineralizaciones.* Se analizó la distribución de las diversas mineralizaciones del país y sus eventuales asociaciones con las

CUADRO I. AMBIENTES GEOLOGICO-URANIFEROS REGIONALES

Ambiente	Localización	Superficie km ²
I	Cordillera de la Costa	30 050
II	Faja costanera	90 050
III	Cordillera Occidental	287 550
IV	Cordillera Oriental	167 950
V	Puno	38 950
VI	Faja subandina	208 700
VII	Llano amazónico	491 966
Total		1 286 216

anomalías de uranio conocidas a la fecha a fin de integrarlas al cuadro geológico de los ambientes de su yacencia.

Se logró así una estimación preliminar de sus perspectivas uraníferas que son tratadas en las siguientes descripciones de los Ambientes:

4.2.1.2. Descripción de los Ambientes

Ambiente I. Cordillera de la Costa (30 050 km²)

Está integrado por dos fajas costaneras ubicadas al norte y sur del país, y discontinuado en la parte central por la escotadura de la costa. Morfológicamente está integrado por serranías bajas (hasta 1000 m), y geológicamente se encuentra presente en la faja sur un basamento metamórfico precámbrico, atravesado por intrusivos ácidos, mesosilícicos y básicos, cubiertos por una secuencia de afloramientos dispersos de sedimentos continentales y marinos del Mesozoico y Cenozoico. En el sector norte, el substrato está formado por rocas del Paleozoico y sedimentos del Cretácico-Terciario. Ambas zonas están afectadas por una tectónica de plegamiento y fallamiento.

En el sector norte, las perspectivas uraníferas se limitarían a las facies de sedimentos continentales del Paleozoico Superior y a los stocks de plutones jurásicos que los intruyen. Los depósitos marinos del Cretácico y Terciario serían menos favorables, dados los limitados modelos metalogénicos conocidos en el

mundo para este tipo de sedimentos. En el sector sur, la favorabilidad se circunscribiría a los sedimentos del Neopaleozoico y a algunos stocks intrusivos y volcánicos ácidos y mesosilíceos del Jurásico, Cretácico y Terciario.

En ambos sectores el clima es hiperárido, desértico y con grandes zonas cubiertas con sedimentos modernos. Existen condiciones aceptables de infraestructura regional para dar apoyo a una operación sistemática de prospección.

Ambiente II. Faja costanera (90 050 km²)

Cubre el faldeo bajo de la Cordillera Occidental hasta la costa del Pacífico. En la región septentrional afloran sedimentos marinos terciarios y en las áreas central y norte complejos volcánicos sedimentarios del Jurásico y Cretácico, intruídos por plutones ácidos, mesosilíceos y, en menor proporción, básicos del Batolito andino. En el sector sur afloran sedimentos terciarios continentales, de la cuenca de Moquegua, cubiertos por depósitos modernos fluviales y principalmente eólicos.

Los amplios afloramientos de las rocas intrusivas ácidas y mesosilíceas del Batolito andino y las efusivas de igual naturaleza, del Cretácico-Terciario poseen condiciones genéricas de favorabilidad uranífera, pudiendo constituirse en áreas fértiles de aporte y eventual precipitación de ese elemento en sus propias estructuras. La amplia cubeta sedimentaria con sedimentos terciarios (formación Moquegua) tiene condiciones de favorabilidad por extrapolación a los modelos de "uranio en areniscas". Se excluyen como zonas de interés las amplias regiones cubiertas con depósitos modernos (eólicos y fluviales).

En los afloramientos las rocas no están alteradas, lo que revela condiciones limitadas para un quimismo que haya posibilitado la liberación de iones metálicos.

El clima es árido y no existe vegetación, salvo en los valles (verdaderos oasis) que cruzan el ambiente de E a O y son portadores de aguas permanentes desde las cumbres de la cordillera occidental. Posee buenas condiciones de infraestructura para dar apoyo a un programa normal de prospección.

Ambiente III. Cordillera Occidental (287 550 km²)

Es la unidad morfológica montañosa principal del país, con su eje paralelo a la cadena andina; sus alturas varían de 3000 a 4000 m y máximas de 6700 m.s.n.m. El flanco occidental presenta una amplia exposición de rocas volcánicas (ácidas y mesosilíceas) del Cretácico Superior-Terciario, que cubren depósitos detríticos de similar edad y series marinas del Jurásico-Cretácico. El conjunto está atravesado por intrusivos (ácidos, mesosilíceos y básicos) del Batolito andino. En el flanco oriental predominan sedimentos marinos Triásico-Jurásico y del Cretácico Medio Superior en los que se intercalan secuencias detríticas continentales del Cretácico Inferior y Terciario Inferior. El sector occidental muestra una deformación en

pliegues relativamente cerrados; el oriental está plegado más suavemente y fallado como el anterior. Se observan restos de la superficie peneplanizada de la Puna (4000 m.s.n.m.).

Las expectativas uraníferas se limitarían a los sedimentos continentales cretácicos y a los depósitos intramontanos terciarios. A ellos se subordinan las zonas con afloramientos marinos del Jurásico y Cretácico. De eventual interés como fuentes de aporte son los amplios afloramientos de intrusivos ácidos y mesosilíceos del Batolito andino y los volcánicos similares del Cretácico-Terciario. Los afloramientos de tobas y lavas ácidas del Plioceno y Pleistoceno tendrían un interés potencial, dadas sus condiciones similares a las del Altiplano boliviano, donde se ubican los modelos metalogénicos del distrito uranífero de Sevaruyo.

Existen regulares condiciones de favorabilidad de explotación para apoyo de un plan de prospección.

Ambiente IV. Cordillera Oriental (167 950 km²)

El substrato constituido por rocas metamórficas de alto grado del Precámbrico y ectinitas del Ordovícico está cubierto por una secuencia de sedimentos continentales y marinos del Permo-Carbónico, sobre los que se apoyan otras series detríticas y químicas del Mesozoico y Terciario. Alturas variables entre 2000 y 4000 m y máximas de 6000 m conforman un relieve montañoso con sectores peneplanizados de la superficie "Puna" y un relieve general de rejuvenecimiento después de que la tectónica andina lo elevó a su actual altura.

La favorabilidad geológico-uranífera se ligaría a los depósitos intermontanos, a los sedimentos clásticos continentales del Cretácico Inferior y Paleozoico Superior (grupo Ambo).

Las rocas metamórficas de bajo grado del Paleozoico Inferior (sector sur) tendrían perspectivas locales, donde las condiciones geomorfológicas diesen el cuadro clásico de favorabilidad con superficies de discordancia y enclaves en zonas fértiles de aporte de iones uranilo.

El clima es semiárido, con un período de lluvias entre noviembre y marzo que ha provocado un intemperismo (quimismo en especial) de las rocas aflorantes. Posee regulares condiciones de explotación para apoyo de una operación de prospección.

Ambiente V. Puno (38 950 km²)

Unidad morfoestructural del Altiplano peruano-boliviano; su peneplanización durante el Mioceno dió lugar a amplias superficies subhorizontales elevadas por efectos de la tectónica andina a las cotas actuales (unos 4000 m). Sobre esta superficie existen serranías suaves, conos volcánicos y algunos relieves rejuvenecidos por efecto de una neotectónica cuaternaria.

Sobre un substrato eopaleozoico poco aflorante se disponen depósitos detríticos del Paleozoico Superior e importantes secuencias de sedimentos continentales de edad cretácica y terciaria; potentes series volcano-sedimentarias del Terciario superior y del Terciario-Cuaternario completan el cuadro geológico de este ambiente, que la tectónica andina plegó suavemente y fracturó localmente.

Condiciones de favorabilidad geológico-uranífera se ubicarían en las potentes series de sedimentos continentales del Cretácico y Terciario y los depósitos detríticos del Paleozoico superior y series volcánicas (derrames y piroclásticas) del Terciario-Cuaternario.

El clima es árido, seco y frío en invierno y lluvioso de noviembre a marzo; la vegetación es escasa a nula; el intemperismo de las rocas aflorantes por alteración química es importante.

Ambiente VI. Faja Subandina (208 700 km²)

Coincide con el flanco occidental de la cuenca de sedimentación amazónica, emplazada entre el basamento cristalino del Brasil y la Cordillera Oriental del Perú. Morfológicamente se corresponde con una estructura de montañas rejuvenecidas (± 2000 m) con adosamiento tectónico a la cordillera oriental, mediante un primer alineamiento de serranías bajas o bloques tectónicos (1000–1500 m) y luego zonas llanas con leve pendiente al este (500–600 m).

Presenta un substrato paleozoico poco aflorante (Cordillera del Shira), cubierto por potentes series de sedimentos detríticos continentales del Cretácico-Terciario. Sobre el frente oeste aparecen parte de los intrusivos ácidos paleozoicos y terciarios de la Cordillera Oriental.

La favorabilidad geológico-uranífera estaría emplazada en la amplia secuencia de sedimentos continentales del Cretácico Inferior y Terciario Inferior a Superior donde se han constatado parámetros litológicos uraníferos favorables (granulometría, cemento, decoloración, presencia de materia orgánica, permeabilidad).

El clima es húmedo y cálido con elevado régimen de lluvias en verano; cubre el ambiente una selva espesa y se constata un importante intemperismo de las rocas.

Posee condiciones de infraestructura limitadas para apoyo de una operación normal de prospección.

Ambiente VII. Llanura amazónica (461 966 km²)

Está cubierto por depósitos cuaternarios y afloramientos aislados de sedimentos continentales del Terciario y Cretácico. El relieve es llano, de menos de 500 m.s.n.m., con esporádicas sierras aisladas de baja altura. Una selva espesa y amplias zonas con terrenos anegados reducen las perspectivas del ambiente. El clima es tropical húmedo y carece casi totalmente de condiciones para apoyo de un programa de prospección.

CUADRO II. UNIDADES DE PROSPECCIÓN

Ambiente geológico-uranífero	Unidad de prospección	Superficie km ²	Subtotales
I			
CORDILLERA DE LA COSTA	1. Tumbes	16 200	30 050
	2. Chala Mollendo	13 850	
II			
FAJA COSTANERA	1. Chiclayo	30 000	90 050
	2. Lima Norte	13 700	
	3. Ica	22 450	
	4. Moquegua	23 900	
III			
CORDILLERA OCCIDENTAL	1. Santa Cruz	28 700	287 550
	2. Cajamarca	14 650	
	3. Pomabamba	28 200	
	4. Recuay	25 600	
	5. Matucana	29 300	
	6. Huancavelica	23 100	
	7. Puquio	27 900	
	8. Abancay	30 800	
	9. Chiyay	34 300	
	10. Caraveli	16 600	
	11. Arequipa	28 400	
IV			
CORDILLERA ORIENTAL	1. Chachapoyas	16 850	167 950
	2. Bolívar	17 800	
	3. Monzón	18 300	
	4. Cerro de Pasco-Huancayo	17 800	
	5. Huánuco	21 000	
	6. Paucartambo	47 150	
	7. Sandia	29 050	
V			
PUNO	1. Puno	38 950	38 950
VI			
FAJA SUBANDINA	1. Moyobamba	39 800	208 700
	2. Mendoza	27 900	
	3. Juanjui	38 100	
	4. Tingo María-Oxapampa	44 950	
	5. Shira	19 250	
	6. Urubamba	27 900	
	7. Alto Madre de Dios	10 800	
VII			
LLANO AMAZONICO	1. Iquitos	302 630	416 966
	2. Orellana	18 800	
	3. Puerto Maldonado	140 516	
Superficie total			1 285 216

CUADRO III. PARAMETRO DE FAVORABILIDAD – ROCAS
SEDIMENTARIAS

PARAMETROS	VALORIZACION PARCIAL DE FAVORABILIDAD GEOLOGICO-URANIFERA		CUANTIFICACION TOTAL MAX.	
Ambiente de depositación	Continental	Fluvial	0,2	0,2
		Deltaico	0,2	
		Eólico	0,2	
		Lacustre	0,15	
	Marino	Marginal	0,15	
		Profundo	0,05	
Litología	Tipo de rocas	Rudita (conglomerado)	0,2	0,4
		Psamita (arenisca)	0,2	
		Pelitas (arcilla-lutita)	0,05	
		Bioquímicos (caliza)	0,05	
		Evaporita (yeso, sal)	0,05	
	Permeabilidad	Con cemento no friable	0,05	
	Sin matriz, friable	0,2		
Estructuras sedimentarias	Entrecruzamientos (láminas largas, cortas)		0,1	0,1
	Canalizaciones		0,1	
	Sedimentación normal		0,05	
Agentes reductores	Materia carbonosa: frondas, troncos, niveles de carbón, bitúmen, pirita, gas H ₂ S		0,1	0,2
	Acción bacterial anaeróbica			
	Alteraciones: Decoloración (recoloración)		0,1	
	Limonización (Hematización)			
Rasgos estructurales regionales	Discordancia, piso, techo		0,05	0,1
	Fallamiento, fracturamiento		0,03	
	Buzamiento, plegamiento	0-20 suave	0,05	
		20-45 moderado	0,02	
		45-90 fuerte	0,00	
MAXIMO GRADO DE FAVORABILIDAD			1,0	

CUADRO IV. PARAMETRO DE FAVORABILIDAD – ROCAS IGNEAS Y METAMORFICAS

PARAMETROS	VALORIZACION PARCIAL DE FAVORABILIDAD GEOLOGICO – URANIFERA	CUANTIFICACION TOTAL MAX.	
Ambiente	Intrusivo	0,2	
	Volcánico	0,2	0,2
	Metamórfico	0,1	
Litología	Igneo ácido (silíceo)	0,3	
	Igneo mesosilíceo	0,2	
	Igneo básico	0,05	0,3
	Metamorfismo bajo grado	0,1	
	Metamorfismo alto grado	0,05	
Rasgos estructurales	Discordancia	0,1	
	Fallamiento	0,05	
	Fracturamiento y diaclasamiento (brechas)	0,1	0,2
	Coladas, tufos y piroclásticos	0,1	
Agentes reductores	Sulfuros, piritita	0,1	
	H ₂ S, óxidos	0,1	0,2
	Anomalías conocidas de U	0,2	
Asociaciones minerales	Relaciones paragenéticas del uranio con otros metales fluorita, Ni-Co, Ag, Cu, etc.	0,1	0,1
MAXIMO GRADO DE FAVORABILIDAD		1.0	

4.2.2. "Unidades de Prospección"

La extensión de los "Ambientes geológico-uraníferos regionales", la amplia gama de sus condiciones geológicas, litoestratigráficas, geomórficas, etc. y el variado nivel de favorabilidad susceptible de asignar a las diversas entidades geológicas de un mismo ambiente, marcaron la necesidad de delimitar dentro de cada uno de ellos una serie de entidades menores a las que se denomina: "Unidades de prospección". Se utilizaron los mismos criterios y parámetros geológicos para su correspondiente delimitación y se lograron reconocer 35 Unidades (Cuadro II).

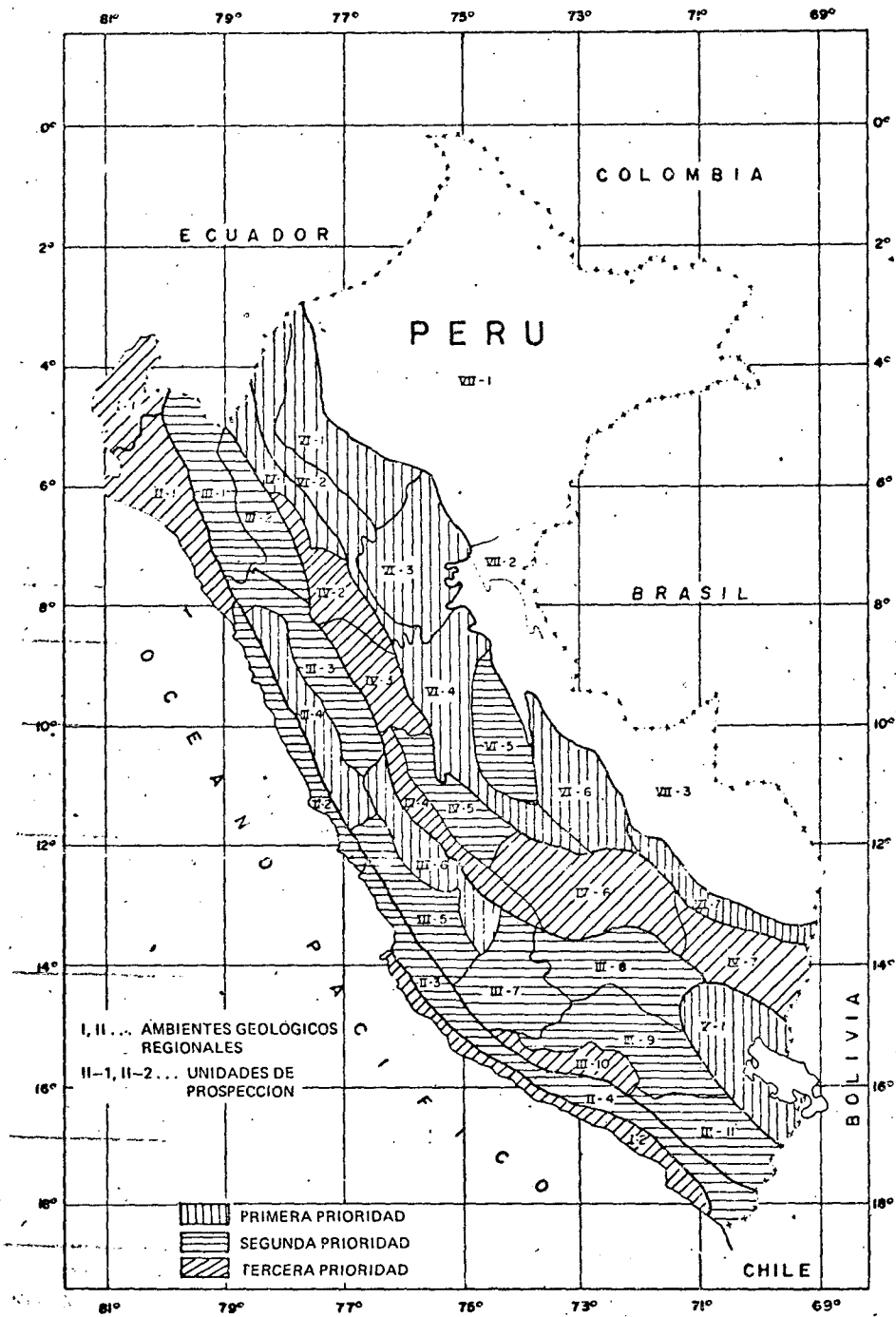


FIG.2. Evaluación por prioridades de los recursos uraníferos del Perú.

CUADRO V. ORDENAMIENTO DE LAS UNIDADES DE PROSPECCION SEGUN NIVELES DE PRIORIDAD

Nivel de prioridad	IFGU	Unidades de prospección	Superficie km ²	Promedio IFGU
1	1,0-0,6	10	271 650	0,62
2	0,6-0,4	14	327 950	0,51
3	<0,4	8	143 350	0,37

4.3. Cuantificación del "Índice de favorabilidad geológico-uranífera" (IFGU) de las Unidades de prospección

Para lograr clasificar las "Unidades de prospección" según un ordenamiento prioritario se estimó necesario valorar sus parámetros de favorabilidad geológico-uranífera, cuantificándolos de acuerdo con la importancia con que intervienen en la yacencia de los modelos metalogénicos conocidos en el mundo (cuerpos peneconcordantes, rolls, "amás"; vetiformes, etc).

Como metodología de evaluación se estimó conveniente adecuar algunos principios básicos de las técnicas de la investigación operativa en computación; en este caso se utilizó la simulación discreta de modelos, teoría de juegos, etc., cuyas bases teóricas se fundan en principios de simulación de modelos presentes en la naturaleza. El objetivo de estas técnicas es minimizar el valor de la "varianza", concepción estadística que en este caso se asimila al IFGU. Los parámetros utilizados en esta cuantificación se refirieron de forma particular y separada a los ambientes de origen de las unidades geológicas a considerar y acorde al detalle de los Cuadros III y IV:

Cada Unidad de prospección fue analizada en forma detallada a nivel de las unidades geológicas (formaciones, grupos, etc.) presentes en las mismas.

Las cifras obtenidas con esta valorización fueron integradas y promediadas a nivel de cada Unidad de prospección, hasta obtener el valor IFGU para cada una de ellas.

Se procedió luego a un ordenamiento de las Unidades de prospección sobre tres niveles de prioridades. Se excluyeron en este análisis las 3 unidades en que fue dividido el Ambiente VII, Llano amazónico, dado que forman parte de una zona llana, con cobertura moderna, espesa selva, poca infraestructura de apoyo y escasa información geológico-uranífera.

Los resultados de este ordenamiento se sintetizan en el Cuadro V (véase también la Fig. 2).